MILANO
Gennaio 1932 - Anno X

Fascicolo I
Volume IX

L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL' UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTRICHE (FENAGRIEL)
*Direttore:* SENATORE O. M. CORBINO

Le opinioni espresse dagli autori e dai redattori non impegnano nè la Direzione, nè le Associazioni di cui la Rivista è l'organo

SCHOOL OF ENGINEERING
1 5 FEB 1965
GUINDY

ING. W. MUNGIOLI
SOCIETÀ GENERALE ITALIANA EDISON DI ELETTRICITÀ

# Influenza dell'interconnessione delle reti sull'ordinata massima del diagramma di carico complessivo

## (A proposito di una rete europea ad altissima tensione)

In tempi recenti, e particolarmente nel 1930, è stata ripetutamente lanciata l'idea della costruzione di una rete europea ad altissima tensione (1), che, tra altri vantaggi di natura economica, dovrebbe presentare anche quello di permettere una sensibile diminuzione della potenza generatrice necessaria per far fronte alla punta massima dei singoli diagrammi di carico, punta massima che si verifica in generale nei mesi invernali ed è dovuta per lo più al carico luce serale. Poichè l'istante in cui quest'ultimo presenta il valor massimo è evidentemente funzione delle coordinate geografiche del luogo, si comprende come la sovrapposizione dei singoli diagrammi di carico, che si realizzerebbe con una rete europea, debba dar luogo ad un diagramma risultante il cui massimo è minore della somma dei massimi dei singoli diagrammi componenti. Oggetto del presente studio è appunto la valutazione sia pure approssimata del risparmio di potenza generatrice che così potrebbe ottenersi.

Per rendere il problema accessibile al calcolo riterremo che alla cosidetta punta luce possa attribuirsi in via di approssimazione la forma di un triangolo isoscele. Ci limiteremo inoltre a considerare il caso che si vogliano collegare fra di loro con una linea elettrica $n$ località nelle quali il diagramma di consumo presenti la stessa identica punta, sia per quanto riguarda la durata che il valore massimo del carico. Supporremo infine ancora che lo scarto di tempo fra il verificarsi di due punte successive sia costante. Il problema si riduce allora alla determinazione dell'ordinata massima del poligono risultante dalla somma di $n$ triangoli isosceli eguali disposti con la base sopra una stessa retta ed egualmente distanziati. Se con $S$ definiamo un coefficiente (che, per analogia con quanto si fa in altre consimili applicazioni, chiameremo di *simultaneità*) eguale al rapporto fra l'ordinata massima del poligono risultante e la somma delle altezze dei triangoli componenti, si trova (Appendice I):

1) $n$ dispari

$$S_d = 1 - \frac{a}{2}\left(1 + \frac{1}{n}\right) \qquad (a < 1)$$

$$S_d = \left(1 - \frac{a'}{2}\left(1 + \frac{1}{n}\right)\right)\frac{n'}{n} \qquad (a > 1)$$

2) $n$ pari

$$S_p = 1 - \frac{a}{2}\;\frac{1}{1 - \frac{1}{n}} \qquad (a < 1)$$

$$S_p = \left(1 - \frac{a'}{2}\;\frac{1}{1 - \frac{1}{n'}}\right)\frac{n'}{n} \qquad (a > 1)$$

In queste espressioni $n$ rappresenta il numero dei triangoli, $a$, *il rapporto dello scarto di tempo esistente fra la prima ed ultima punta alla durata della punta* (base del triangolo) ed $n'$ il massimo intero che soddisfa alla disuguaglianza (quando $a > 1$)

$$n' < 1 + \frac{n - 1}{a}$$

---

(1) *a*) G. VIEL: « Étude d'un reseau à 400 000 Volt » (Conferenza tenuta a Lione il 29 maggio 1929, riassunta in *Revue Générale de l'Electricité* dell'8 novembre 1930, pag. 729, e presentata sotto forma di rapporto alla *Conférence internationale des grands réseaux électriques à haute tension*, sessione del 1931).

*b*) E. SCHÖNHOLZER: « Ein elektrowirtschaftliches Programm für Europa » (*Schweizerische technische Zeitschrift*, 5 giugno 1930, pag. 385).

*c*) O. OLIVEN: « Europas Grosskraftlinien. Vorschlag eines europäischen Grosskraftnetzes » (Discorso tenuto alla World Power Conference, sessione del 1930, Berlino).

Tutti questi progetti trovansi riassunti nel primo numero (1931) della rivista *Interconnexion*, dove ne è anche fatto un esame critico. Degli stessi, ed in particolare di quello OLIVEN, si è occupata a più riprese la stampa tecnica e politica (*Elektrotechnische Zeitschrift* del 3 luglio 1930, pag. 986, *L'Europe Nouvelle* del 28 febbraio 1931, pag. 276, *L'Energia Elettrica*, settembre 1931, pag. 749, *Elektrizitätsverwertung*, settembre 1931, pag. 188, ecc.).

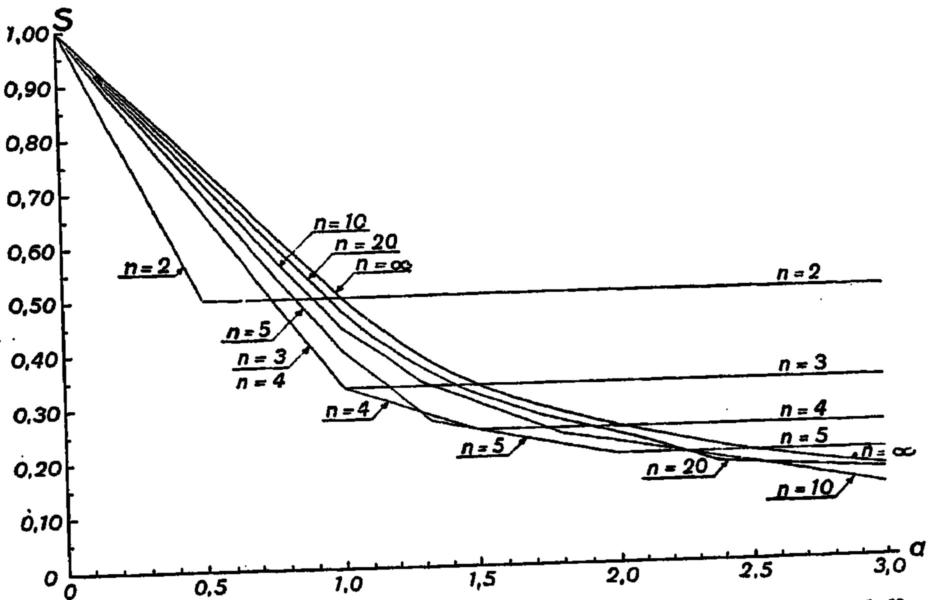



Fig. 1. - Fattore $S$ di simultaneità in funzione del rapporto $a$ della distanza fra le punte estreme alla durata della punta, per vari valori di $n$ (numero delle punte).

$a'$ infine si ricava dalla

$$a' = \frac{n' - 1}{n - 1}\, a$$

Nella fig. 1 $S$ è rappresentato graficamente in funzione di $a$ per una serie di valori di $n$. Per $n$ finito si ottengono delle spezzate, che degenerano, a partire da $a = 1$, in una iperbole equilatera quando $n$ tende all'infinito. Per ogni valore di $n$, $S$ raggiunge al crescere di $a$ rapidamente un valor minimo: una volta raggiunto questo valore, $S$ non diminuisce più per quanto $a$ aumenti, ossia vi è un limite al di là del quale il collegamento degli impianti non porta più alcun vantaggio.

Per poter utilizzare il diagramma allo scopo che ci interessa occorre tentare la determinazione del valore di $a$ nel caso di una rete che copra tutto il continente europeo. Poichè $a$ risulta dal rapporto del valore massimo dello scarto di tempo fra le punte considerate alla durata della punta bisogna procedere separatamente al calcolo di queste due grandezze.

### I) Scarto di tempo fra le punte in funzione delle coordinate geografiche.

Dall'esame dei diagrammi di carico riprodotti più innanzi risulta che, se si fa astrazione dai carichi di carattere continuo (fra i quali va compresa una parte delle perdite), il diagramma giornaliero può considerarsi grosso modo come la somma di due diagrammi distinti: il primo costituito da due rettangoli che si estendono rispettivamente circa dalle 7 alle 12 e dalle 14 alle 17 e che rappresenta il carico forza delle industrie ad orario discontinuo, il secondo da uno o, in certe stagioni, due triangoli (uno al mattino e l'altro alla sera). La posizione e l'altezza di questi due triangoli dipendono da fenomeni di carattere astronomico e meteorologico. Tutto ciò risulta molto bene dai quattro diagrammi di carico di Milano (Soc. Edison) riportati in fig. 2. Si sono precisamente scelti i quattro giorni dell'anno corrispondenti agli equinozi e solstizi (od i giorni feriali più prossimi, sabato escluso, quando questi cadono in un giorno festivo) perchè marcano quattro date caratteristiche. Il carico forza si mantiene durante la giornata sui 70-75 000 kW entro gli intervalli di tempo specificati più sopra (1). Il carico luce segna un massimo nell'ora della fine del crepuscolo civile. Per rendersi conto di ciò riportiamo nella tabella seguente le ore del tramonto *apparente* del sole (per il lembo superiore del disco solare) e della fine del crepuscolo per Milano quali si ricavano rispettivamente dalle effemeridi dell'Ufficio Presagi (Ministero dell'Aeronautica) e dell'Osservatorio di Brera.

| | 21 marzo | 21 giugno | 23 settem. | 22 dicem. |
|---|---|---|---|---|
| Ora del tramonto del sole .. | $18^h\ 35^m$ | $20^h\ 14^m$ | $18^h\ 21^m$ | $16^h\ 43^m$ |
| Ora della fine d. crepuscolo... | $19^h\ 05^m$ | $20^h\ 54^m$ | $18^h\ 51^m$ | $17^h\ 18^m$ |

I diagrammi presentano tutti nettamente una punta, assoluta o relativa a seconda che essa si sovrappone o non coll'orario normale di lavoro delle industrie, in corrispondenza dell'ora della fine del crepuscolo. Soltanto nel diagramma relativo al 23 dicembre la punta anticipa un po' e ciò si spiega col fatto che il giorno considerato era piovoso. Le conclusioni predette sono confermate anche dai diagrammi (tutti invernali) delle principali città italiane riprodotti in fig. 3. Il crepuscolo cessa in tali città alle ore sottosegnate (al 22 dicembre):

| *Torino* | *Genova* | *Roma* | *Napoli* |
|---|---|---|---|
| $17^h\ 26^m$ | $17^h\ 22^m$ | $17^h\ 15^m$ | $17^h\ 11^m$ |

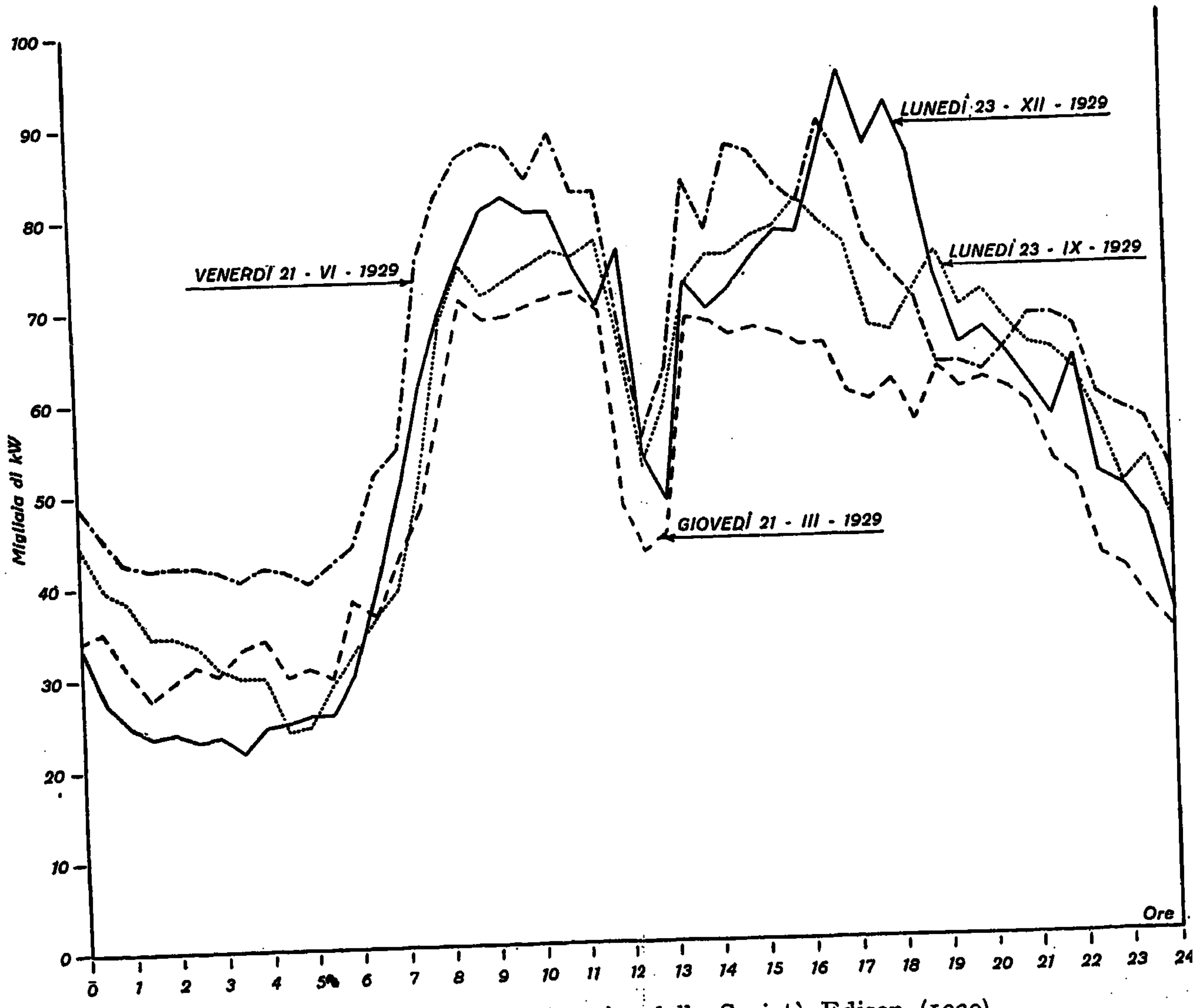



Fig. 2. - Diagrammi di carico della Società Edison (1929).

(1) Fa soltanto eccezione il mese di giugno, con 85-90 000 kW probabilmente per qualche lavorazione di carattere stagionale

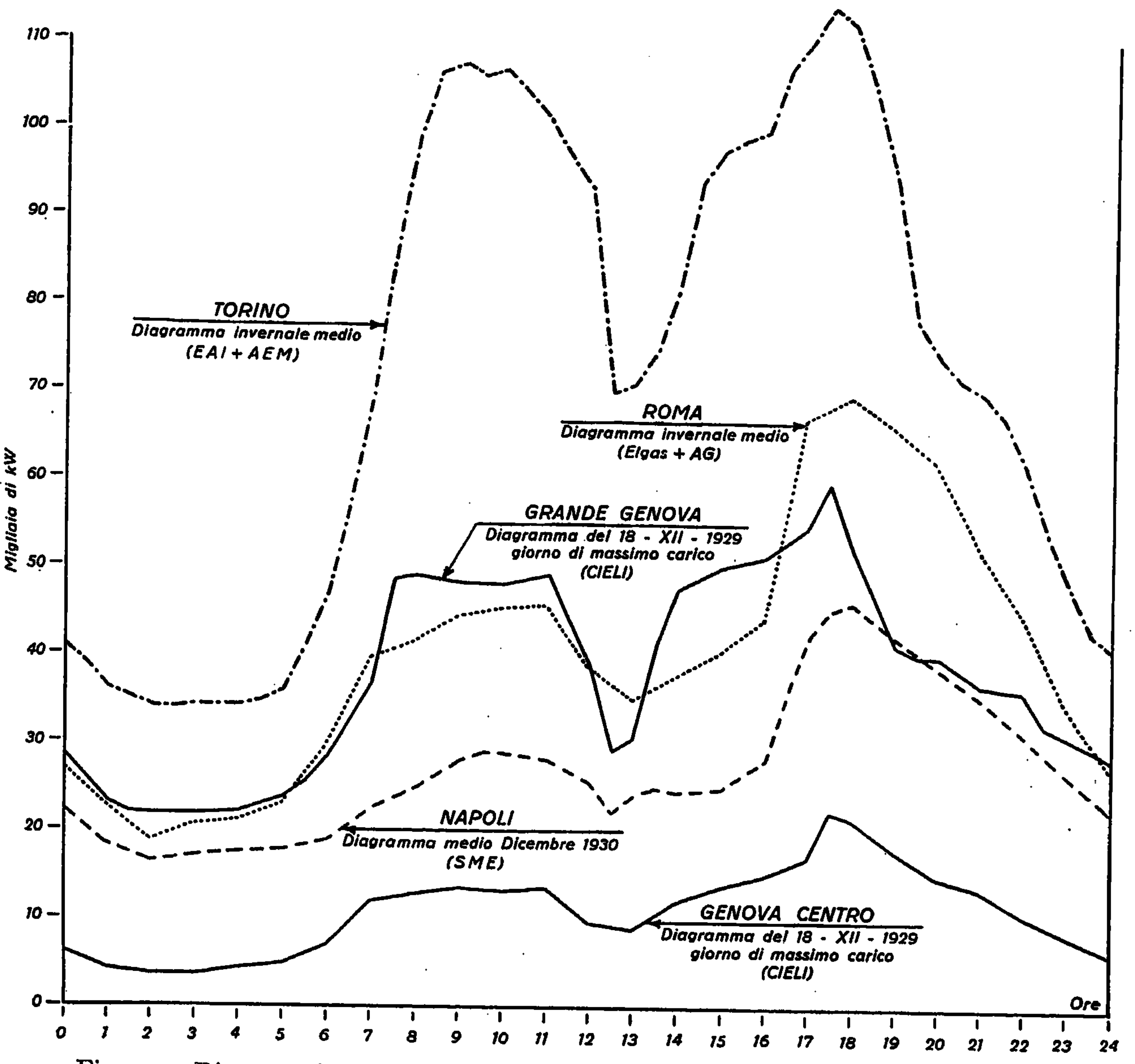



Fig. 3. - Diagrammi di carico invernali di alcune grandi città italiane (1929-1930).

I diagrammi relativi ad alcune grandi città dell'estero (fig. 4), in cui il crepuscolo cessa (22 dicembre) rispettivamente alle ore

| *Parigi* | *Berlino* | *Detroit* | *Chicago* |
|---|---|---|---|
| $16^h\ 36^m$ | $16^h\ 38^m$ | $16^h\ 38^m$ | $16^h\ 57^m$ |

confermano anch'essi quanto asserito.

In tutti i diagrammi di carico le ore sono date in tempo legale e cioè per le città italiane e per Berlino in tempo dell'Europa centrale, per Parigi in tempo dell'Europa occidentale e per Detroit e Chicago in tempo centrale degli Stati Uniti (meridiano 90° ovest da Greenwich).

Il fatto che la punta luce si verifichi in. corrispondenza della fine del crepuscolo civile si spiega facilmente quando si rifletta che per definizione il crepuscolo civile finisce appunto quando *bisogna* accendere la luce perchè non ci si vede più (1). Naturalmente molti l'avranno già accesa prima, ma il numero di quelli che vanno accendendola nell'unità di tempo andrà aumentando fin verso la fine del crepuscolo. A cominciare da questo punto quasi tutti i diagrammi segnano una brusca diminuzione. Ciò probabilmente non si deve ad una diminuzione del numero delle lampade accese ma piuttosto al fatto che le lampadine a filamento metallico assorbono nel momento dell'accensione una corrente molto superiore alla normale. Si raggiungerà quindi un certo momento a partire dal quale la corrente assorbita dalle nuove lampade accese è inferiore alla diminuzione nell'assorbimento delle lampade dovuta alla circostanza accennata: a partire da questo momento, che dovrebbe precedere di poco la fine del crepuscolo, la corrente complessiva comincerà a diminuire sempre più rapidamente sino a che si è raggiunto il carico di regime per *tutte* le lampade accese. Questa spiegazione sembrerebbe confermata dalla circostanza che nei diagrammi di carico relativi ai primi anni del secolo la punta luce si presenta meno aguzza che non nei diagrammi attuali.

In base a quanto precede siamo quindi autorizzati a ritenere ai fini del presente studio ed in modo affatto generale che la punta luce si verifichi alla fine del crepuscolo. In pratica le condizioni topografiche del luogo (presenza di montagne all'orizzonte), le condizioni meteorologiche del momento (tempo piovoso, nebbia, foschia o nuvole all'orizzonte), l'ubicazione dei locali (cortili, vie strette, ecc.) possono fare anticipare anche in misura notevole l'ora in cui si è obbligati a far ricorso alla luce artificiale.

Poichè l'istante in cui ha termine il crepuscolo è una funzione sia della latitudine che della longitudine del luogo, è evidente che se collegassimo fra di loro le singole reti che oggi alimen-

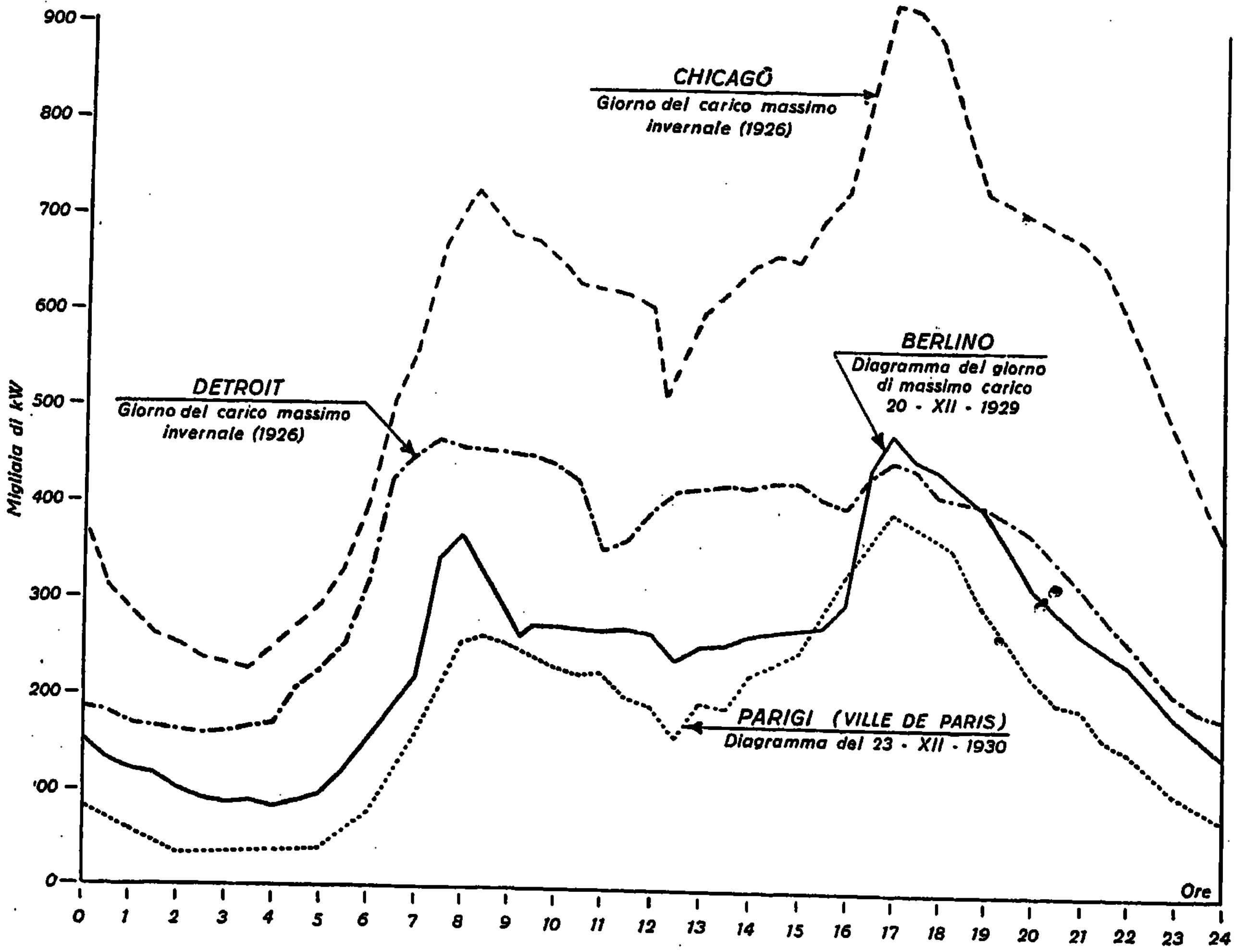



Fig. 4. - Diagrammi di carico invernali di alcune grandi città dell'estero.

(1) Si ammette che la fine del crepuscolo civile corrisponda al momento in cui diventano visibili alla sera le stelle di 1ª grandezza situate nella parte dell'orizzonte opposto al sole. Secondo le osservazioni degli astronomi ciò succede quando il sole trovasi a 6° sotto l'orizzonte.

Alla latitudine di Milano il crepuscolo dura da un minimo di 31 minuti primi (agli equinozi) ad un massimo di 40 (ai solstizi).

tano le varie zone dell'Europa con una superrete ad altissima tensione alimentata, nel caso estremo più favorevole, da una unica centrale, la potenza di questa potrebbe essere notevolmente inferiore alla somma delle potenze oggi installate.

Lo scarto di tempo che intercede tra gli istanti della fine del crepuscolo in due località aventi la stessa longitudine, ma site a latitudini diverse (purchè comprese fra 35° e 65° di latitudine boreale) si ricava per le varie stagioni dell'anno dalla fig. 11 che dà contemporaneamente anche la distanza misurata sul meridiano tra le località stesse. Per avere l'ora legale della fine del crepuscolo in una località qualsiasi di cui si conoscano le coordinate geografiche si aggiungerà (o toglierà) all'ora, che alla data considerata risulta dalla fig. 10 per la latitudine 50°, lo scarto corrispondente alla latitudine del luogo considerato quale si legge nella fig. 11. Si ottiene così l'ora in tempo medio locale: per passare all'ora legale si aggiungerà o toglierà la differenza di longitudine (in tempo) rispetto al meridiano medio del fuso orario a cui la località appartiene (si aggiungerà se questa trovasi ad occidente di detto meridiano, si toglierà nel caso opposto).

Per quanto riguarda lo scarto di tempo in longitudine fra due località site sullo stesso parallelo esso risulta di un'ora per ogni 15° di differenza nella longitudine. La fig. 12 dà le distanze misurate sul parallelo corrispondenti allo scarto di tempo di un'ora, in funzione della latitudine.

Per maggiori dettagli sull'argomento rimandiamo all'Appendice II.

Abbiamo così preparato tutti gli elementi per calcolare rapidamente lo scarto di tempo che intercede fra il presentarsi delle punte in due località qualsiasi e per determinare la lunghezza di linea elettrica di collegamento corrispondente ad uno scarto determinato.

II) Durata delle punte.

Dai diagrammi della fig. 2 risulta che la punta massima cittadina si verifica quando l'ora della fine del crepuscolo cade prima dell'ora di chiusura degli stabilimenti perchè in tal caso il carico luce delle abitazioni e dei negozi si sovrappone a quello della forza motrice, ma all'illuminazione normale si sovrappone anche quella degli stabilimenti. Potremo definire come *durata della punta* l'intervallo che intercede fra l'istante in cui si fa sentire il carico luce (quando il carico sale oltre il massimo del mattino) e l'istante in cui il carico si è ridotto di nuovo al valore massimo suddetto. Notisi che non si deve prendere in generale la punta massima mattutina dovuta al carico luce sovrapposto al carico forza, nelle giornate in cui il sole sorge più tardi (fine dicembre) oppure che son molto buie per ragioni meteorologiche (1). Il carico base che si dovrà prendere in considerazione agli effetti del presente studio sarà quello compreso fra le 10 e le 11 circa del mattino.

Definita così la *durata della punta* si rileva subito dai diagrammi invernali (che son quelli che ci interessano perchè ad essi corrisponde quasi sempre il massimo carico dell'anno) riportati nelle figg. 2, 3 e 4 una profonda differenza fra le città con forte carico industriale e quelle in cui il carico industriale è relativamente modesto. Le durate che risultano sono le seguenti:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Milano | $2^h\ 30^m$ | Genova centro | $6^h$ |
| Torino | $2^h$ | Roma | $6^h$ |
| Grande Genova | $3^h\ 10^m$ | Napoli | $6^h$ |
| Chicago | $3^h$ | Parigi (Ville de Paris) | $6^h$ |
| Detroit | $0^h$ | Berlino | $6^h$ |

Nelle città industriali troviamo cioè una punta di durata molto inferiore, pari alla metà od a meno della metà di quella dei centri a carattere burocratico o commerciale o delle città industriali quali Berlino, ove la grande industria si produce prevalentemente l'energia per proprio conto. Nei centri tipicamente industriali quali Detroit la punta luce scompare del tutto malgrado la sovrapposizione parziale del carico luce e del carico forza. Il motivo di ciò sta probabilmente in due ordini di fatti:

1) la diffusione dell'orario continuo (senza interruzione meridiana) cosicchè effettivamente per molti stabilimenti industriali non ha luogo che in misura minima la sovrapposizione suddetta;

2) il rallentarsi del ritmo del lavoro con la luce artificiale, cosicchè il maggior consumo luce risulta compensato dal minor consumo per forza motrice.

È probabilmente a questa seconda ragione che devesi la circostanza che nei centri i quali, pur non essendo tipicamente industriali come Detroit, hanno tuttavia un forte carico industriale, la durata della punta è molto più breve che negli altri centri.

III) Calcolo della compensazione oraria dei diagrammi di carico.

Designeremo con l'espressione «compensazione oraria» il fenomeno consistente nel fatto che la sovrapposizione di diagrammi di carico relativi a località aventi coordinate geografiche diverse dà luogo ad un diagramma la cui ordinata massima è minore della somma delle ordinate massime dei diagrammi componenti.

È allora innanzi tutto evidente che praticamente, almeno allo stato attuale della tecnica, e colla distribuzione geografica attuale dell'industria, nessuna compensazione oraria sensibile può verificarsi in Europa per il carico forza motrice che ha forma rettangolare e durata minima superiore alle 4 ore. Infatti l'Europa continentale industriale può considerarsi al massimo si estenda in longitudine dal meridiano 0° a 30° est di Greenwich ossia per due fusi orari; non è quindi possibile una compensazione in longitudine. La fig. 11 ci dice che anche in latitudine è esclusa una compensazione oraria del carico forza.

Compensazione oraria invece può aversi, ed effettivamente si ha già in una certa misura nei sistemi interconnessi, per la punta luce che come si è detto ha grossolanamente forma triangolare.

Con gli elementi che abbiamo preparato possiamo senz'altro calcolare tale compensazione nell'ipotesi che il carico luce sia uniformemente distribuito su tutta la zona considerata ($n=\infty$). La fig. 1 ci dice che soltanto per valori molto piccoli di $a$ e di $n$ si ha un vantaggio sensibile nel supporre che i carichi siano concentrati in punti isolati e quindi, quanto all'ordine di grandezza che qui soltanto ci interessa, l'ipotesi $n=\infty$ è senz'altro accettabile. Supporremo inoltre che lo sfasamento fra le punte successive dipenda esclusivamente da fenomeni celesti e che quindi le punte siano tutte egualmente spaziate in longitudine ed in latitudine. Ora in realtà questa è un'ipotesi contraria a verità e tutta in favore di una rete europea, perchè, a prescindere dalle condizioni meteorologiche che evidentemente non possono mai essere uniformi sopra una zona molto ampia, già di per sè la posizione topografica, che è quella che è, influisce in modo sensibilissimo sull'ora della punta. Ed è evidente che queste circostanze tendono a diminuire l'effetto della compensazione oraria ($S$ cresce al diminuire di $a$).

Abbiamo visto nel capitolo precedente che la durata della punta a seconda del tipo di carico può variare nelle grandi città da 6 a 0 ore; per tutta l'Europa, piccole città e campagne incluse, sarà certamente anche compresa entro tale intervallo e non saremo molto lontani dal vero ritenendola in media di 3-4 ore circa. Nelle città piccole e più ancora nelle zone di campagna, essa cesserà prima che nelle grandi città, mentre si inizierà pressapoco alla stessa ora.

(1) Tale punta è di regola molto inferiore alla punta serale.

La parte di Europa che qui si deve considerare è naturalmente molto più vasta dell'Europa industriale. In via di abbondanza consideriamo la zona che va da 10° longitudine ovest a 40° longitudine est da Greenwich, zona che comprende poco più di tre fusi orari: lo sfasamento orario in longitudine tra la prima ed ultima punta risulta così di 3,33 ore circa.

Assumendo anche solo 3 ore e mezza come durata della punta si ricava

$$a = \frac{3,33}{3,5} = 0,952 \text{ e dalla fig. 1 per } n = \infty$$

$$S_{long} = 0,524$$

Questo per la compensazione in longitudine. Per quella in latitudine consideriamo la zona, comprendente tutta l'Europa che va dal parallelo 35° di latitudine boreale, a quello 65°. Dalla fig. 11 risulta che lo scarto massimo di tempo per la fine del crepuscolo al solstizio di inverno è di $2^h\ 7^m$ (al solstizio di estate tale scarto è superiore a $4^h$ ma non ha importanza pratica perchè in tale epoca non esiste punta luce, almeno ove vi sono industrie); ne segue $a = 0,62$ e quindi dalla fig. 1

$$S_{lat} = 0,69$$

Supponiamo che l'Europa sia attraversata da una linea longitudinale ad altissima tensione in corrispondenza del parallelo 50°, che divide all'incirca a metà l'Europa industriale, e che da tale linea parta una serie di trasversali in direzione dei meridiani fino a raggiungere i bordi della zona considerata. Se tutti i consumatori di energia elettrica prelevassero il loro fabbisogno da questa rete la *potenza di punta* verrebbe ridotta a

$$0,524 \cdot 0,69 = \sim 0,36$$

di quanto sarebbe richiesto se la produzione di energia fosse distribuita in modo uniforme su tutta la superficie dell'Europa. Praticamente questo non è il caso poichè quasi tutta l'Europa è già coperta da una rete a tensione superiore a 100.000 Volt. Non saremo molto lontani dal vero supponendo che i sistemi esistenti servano in media una zona di 100 × 100 km, praticamente anzi le zone saranno notevolmente più estese a causa delle interconnessioni esistenti tra sistemi diversi. Lo scarto orario per una zona siffatta, supposta disposta con i suoi lati in direzione dei meridiani e dei paralleli è (V. fig. 11 e 12) di $0^h,093$ in longitudine al parallelo 50° e $0^h,065$ in latitudine solstizio d'inverno (1). Ne risultano per $a$ i valori 0,0266 e 0,0186. Dalla fig. 1 si ricavano i valori corrispondenti di $S$ in 0,987 e 0,991 cosicchè il fattore di simultaneità (orario) risultante per la zona considerata sarà

$$0,987 \times 0,991 = 0,978$$

Per la rete europea il vantaggio rispetto ai sistemi esistenti diventa allora, sotto questo punto di vista

$$\frac{0,36}{0,978} = \sim 0,37$$

ossia tale rete permetterebbe di risparmiare circa il 63 % della potenza di punta. Si noti però che qui non si è tenuto conto delle perdite che certamente non sarebbe eccessivo ritenere eguali al 7 % (2), ciò che da solo ridurrebbe già al 60 % l'economia nella potenza di punta.

Per poter effettuare un confronto economico bisogna tentare di valutare a quanto ammonta tale potenza complessivamente per l'Europa, cosa non facile a farsi con una certa esattezza. Un'idea approssimativa dell'ordine di grandezza può forse ottenersi nel modo seguente:

La produzione complessiva di energia elettrica nell'Europa continentale è stata nel 1930 di 110 miliardi di kWh fra imprese a servizio pubblico ed industrie (1): di questa circa il 10 % ossia 11 miliardi rappresenteranno il consumo luce.

Per valutare quale frazione del consumo luce è rappresentato dal consumo giornaliero massimo di punta invernale si è proceduto nel modo seguente. Nella tabella sottostante sono dati i consumi annui di energia per luce in alcune delle principali città italiane quali si possono dedurre da varie fonti statistiche (maggiorati del 20 % per tener conto delle perdite ed arrivare così alle produzioni corrispondenti) ed i consumi giornalieri di punta invernale risultanti dai diagrammi di carico riprodotti più in alto:

| | MILANO (Edison) | TORINO (A.E.M.) | ROMA (Elgas + A. G.) | NAPOLI (S.M.E.) |
|---|---|---|---|---|
| 1) Produzione annua per luce $10^6$ kWh | 61 | 25 | 71 | 31 |
| 2) Consumo diurno punta .. $10^3$ kWh | 31 | 10 | 93 | 60 |
| Rapporto tra 2) e 1) ...... ‰ | 0,5 | 0,4 | 1,3 | 1,9 |

La media del rapporto per queste quattro città risulta in cifra tonda 1 ‰. Assumendo tale media come media europea si ricaverebbe che la somma di tutta l'energia di punta erogata nel giorno di massimo carico è all'incirca di 11 milioni di kWh. La somma delle punte, se l'energia è prodotta localmente e la base è in media di 3,5 ore, risulta così di 6,3 milioni di kW in cifra tonda. Di questi la rete europea permetterebbe di risparmiare 3,8 milioni, che al costo d'impianto (centrali termiche) di L. 800 per kW, corrispondono ad una economia d'impianto di 3 miliardi di lire. Di fronte a tale economia sta la spesa di costruzione della linea, la quale, per la sola longitudinale che avrebbe una lunghezza di oltre 3000 km, valutandola ad un costo di 500 000 L/km (2), comprese stazioni di trasformazione, officine di rifasamento ecc., ammonterebbe ad 1,5 miliardi. A questa spesa va poi aggiunta quella delle trasversali, che dovrebbero essere circa in numero di 5 in direzione nord-sud (supposto che la distribuzione avvenga attraverso la rete esistente a tensione superiore a 100 000 V ed ammettendo che questa tensione abbia un raggio d'azione di 300 km, cosicchè la distanza tra due trasversali consecutive risulta di 600 km). Anche se alle trasversali diamo una lunghezza media di soli 1000 km, risulta una spesa ulteriore di 2,5 miliardi di lire che con gli 1,5 miliardi della longitudinale danno un totale di 4 miliardi. A questi vanno aggiunte le perdite che in ragione del 7 % sulla sola energia per luce sarebbero di 0,8 miliardi circa di kWh. Valutandole a 10 cent/kWh e capitalizzandole al tasso del 6 % esse danno altri 1,3 miliardi. In cifra tonda avremmo quindi una spesa per la rete di 5,5 miliardi contro 3 di risparmio per investimenti nelle centrali.

Queste cifre non hanno naturalmente la pretesa di essere precise: esse possono tuttavia servire di orientamento quanto all'ordine di grandezza.

Si noti inoltre che qui si è considerato un caso puramente ideale. In realtà nella più gran parte dell'Europa le centrali esistono già e quindi nessun risparmio negli investimenti di queste è più realizzabile. Il costo della rete europea e delle nuove centrali eventualmente necessarie per alimentarla avrebbe la sua contropartita pressochè unicamente nella *economia* di combustibile che essa permetterebbe di realizzare in virtù delle nuove forze idrauliche utilizzate e del maggior rendimento delle co-

(1) Si è qui tacitamente supposto, ciò che non è esatto, che le differenze orarie in latitudine siano uniformemente distribuite lungo i meridiani.

(2) Il Dott. Oliven nel discorso citato le ritiene del 20 %.

(1) V. *Electrician* del 18 dicembre 1931, pag. 836.

(2) Il Dott. Oliven nel discorso citato alla W.P.C. calcola un milione circa.

struende supercentrali termiche e nel risparmio futuro di potenza per far fronte a presunti aumenti della punta luce.

Uno sguardo alla fig. 5 che contiene i diagrammi dei 4 fusi orari degli Stati Uniti ed il diagramma somma di questi dimostra come la compensazione oraria si riduca in pratica a poca cosa. La somma delle ordinate massime dei diagrammi parziali è di 17,35 milioni di kW, l'ordinata massima del diagramma totale 16,25 milioni di kW: il risparmio della potenza installata sarebbe quindi di poco superiore al 6 %. Il risparmio dovuto all'appiattimento della punta per la compensazione oraria è però in realtà molto minore. La somma delle punte parziali, intese nel significato definito più sopra, è difatti di 1,917 milioni di kW, la punta del diagramma totale di 1,75 milioni di kW, con una differenza di 0,167 milioni di kW pari all'8,5 % circa: il fattore di simultaneità che si ottiene è 0,91. Qui non è applicabile il diagramma della fig. 1 che suppone una ripartizione uniforme del carico e che darebbe un coefficiente di simultaneità molto minore ($a = 3/2 = 1,5$, $n = 4$ e quindi $S = 0,25$): la potenza massima del diagramma del fuso orientale rappresenta già da sola oltre il 57 % della somma delle potenze massime per i quattro fusi. Possiamo da qui concludere che, come del resto è intuitivo, il vantaggio della rete europea, sotto il punto di vista della compensazione oraria, sarebbe oggi ancora diminuito dalla grandissima disuniformità della distribuzione del carico in Europa (1).

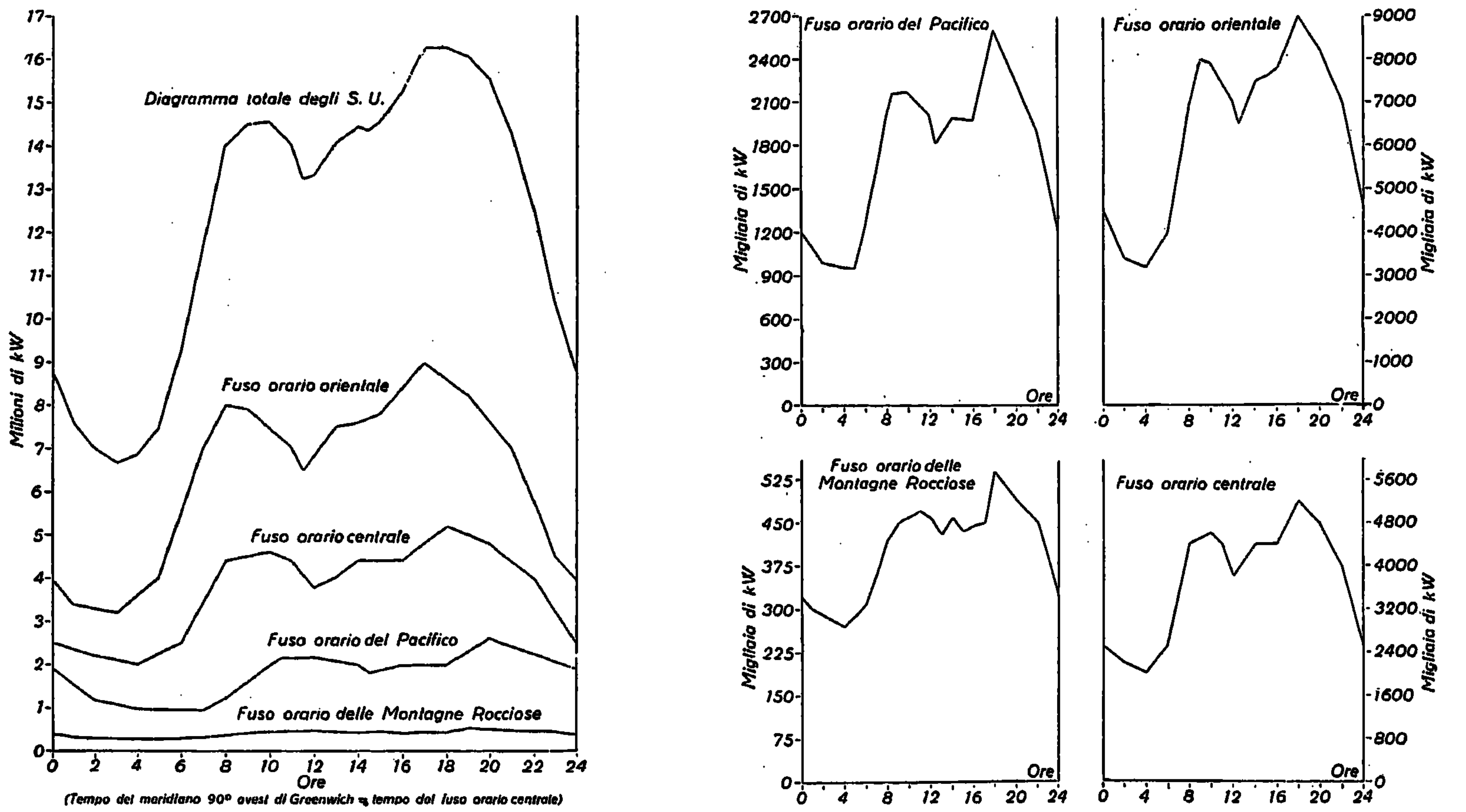



Fig. 5 - Diagrammi di carico parziali delle imprese elettriche a servizio pubblico degli Stati Uniti per i singoli fusi orari e diagramma totale risultante, al 23 dicembre 1930 (da NELA Statistical Bulletin N. 7, giugno 1931).

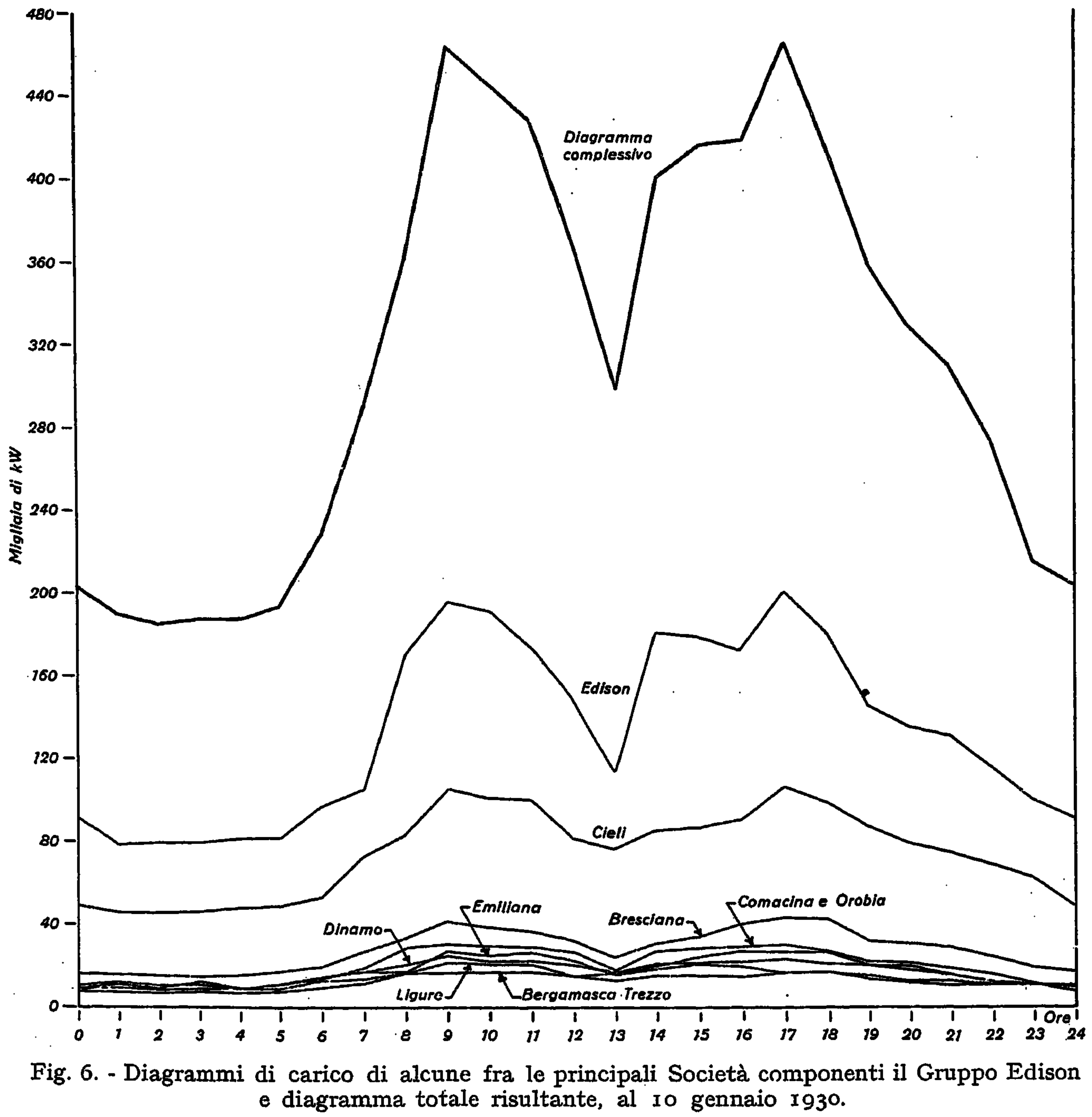



Fig. 6. - Diagrammi di carico di alcune fra le principali Società componenti il Gruppo Edison e diagramma totale risultante, al 10 gennaio 1930.

(1) Interessante a questo riguardo è uno studio comparso recentemente (15 ottobre 1931, pag. 1294) sulla *Elektrotechnische Zeitschrift* (FR. SCHRAEDER: « Die Problematik des Spitzenausgleichs bei der Grosswirtschaft in Deutschland ») e riassunto nel numero di dicembre 1931, pag. 1119, di questa Rivista. In base all'esame degli effettivi diagrammi di carico di numerosissime imprese elettriche della Germania, opportunamente scelte tra i vari stati tedeschi, l'A. giunge alla

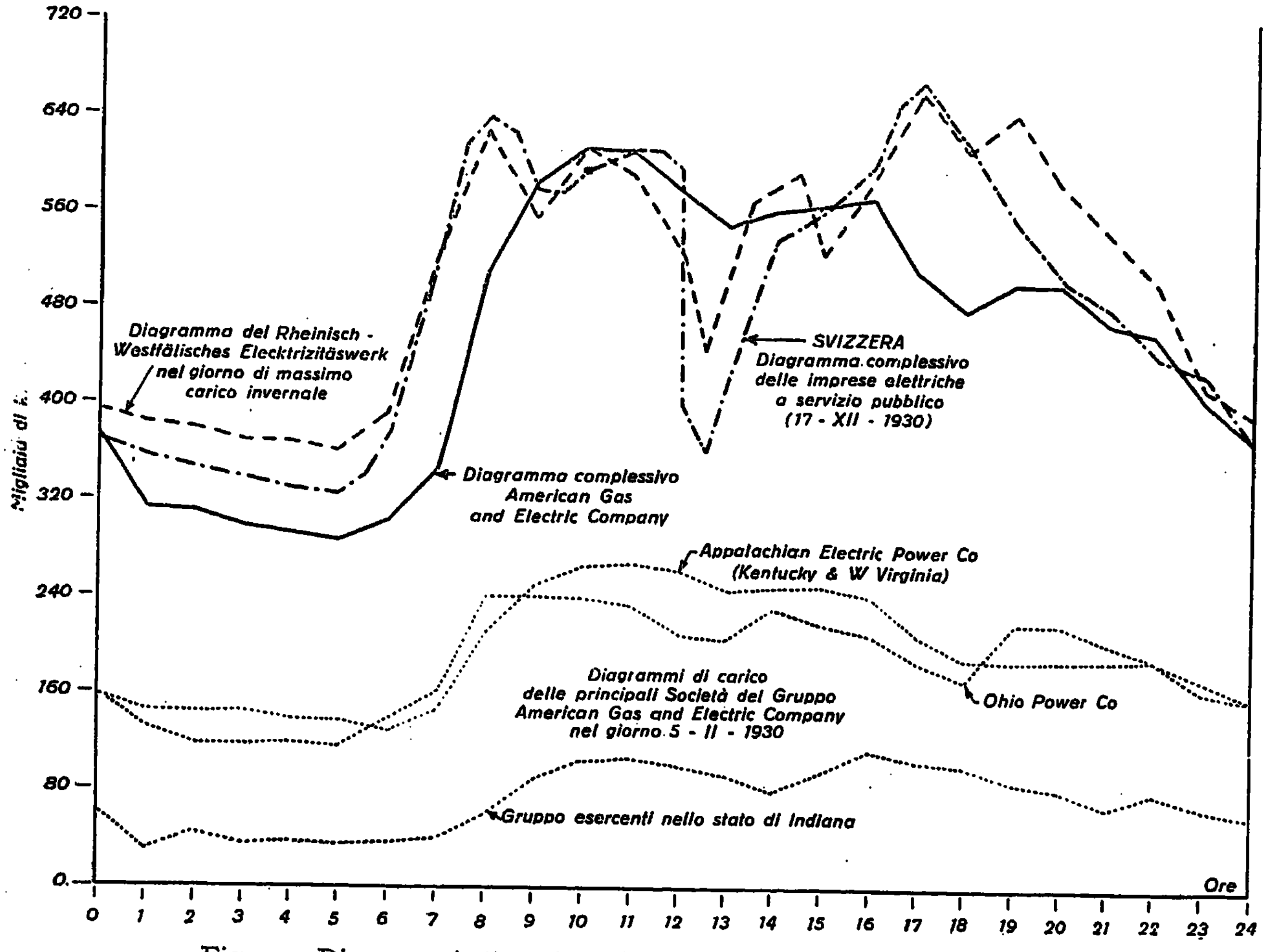



Fig. 7. - Diagrammi di carico di alcune zone industriali dell'estero.

N.B. - La scala delle ordinate per il diagramma dell' R W E è stata stimata in base alle indicazioni contenute in una pubblicazione di detta società (A. Koepchen - Das R W E in der deutschen Elektrizitätswirtschaft). Del diagramma non è precisata la data.

Che ad una buona forma del diagramma si arrivi anche quando, per l'estensione relativamente ristretta della zona servita, non vi ha luogo a compensazione oraria sensibile, è dimostrato dai diagrammi delle figg. 6 e 7, relativi rispettivamente alle principali società del Gruppo Edison, a tutta la Svizzera, al Gruppo dell'RWE in Germania ed al sistema della Gaselectric americana. La zona servita, a cui si riferiscono i primi tre diagrammi ha una superficie di 40 000 km² circa per ognuno (Edison, Svizzera, RWE). La punta luce rispetto al carico medio nel corso della giornata è divenuta trascurabile. Si tratta in tutti questi casi di zone intensamente industriali. Particolarmente per l'RWE l'industria pesante ad orario continuo fa sentire la sua influenza benefica sullo spianamento del diagramma. Lo stesso vale anche, sia per i singoli diagrammi componenti che, ancora in grado un poco maggiore, per il diagramma complessivo della Gaselectric: la punta luce è in essi praticamente scomparsa. La zona servita comprende buona parte degli Stati di Ohio, West Virginia, Kentucky e Indiana, con diramazioni nella Virginia e North Carolina. Diamo qui superficie e popolazione dei primi quattro Stati suddetti:

| | *Ohio* | *West Virginia* | *Kentucky* | *Indiana* |
|---|---|---|---|---|
| Superficie (migliaia km²) | 106 | 63 | 105 | 94 |
| Abitanti, milioni ...... | 6,6 | 1,7 | 2,6 | 3,2 |

Sono tutti stati intensamente industriali e minerari (carbone).

Ma questi ultimi diagrammi relativi agli Stati Uniti sono anche istruttivi per un altro verso. Già da un esame superficiale appare che, dal punto di vista che qui ci interessa, ben piccolo è il vantaggio risultante dall'interconnessione delle tre zone cui si riferiscono i diagrammi componenti.

---

conclusione che il collegamento di tutte le reti della Germania permetterebbe una riduzione non superiore al 5 % dell'ordinata massima del diagramma complessivo rispetto alla somma delle ordinate massime dei singoli diagrammi componenti. L'A. osserva che tale diminuzione potrebbe tutt'al più compensare le perdite inerenti al collegamento, mentre gli altri oneri ad esso relativi non troverebbero la loro contropartita in alcun altro vantaggio reale.

---

## APPENDICE I

# Ordinata massima del poligono somma di *n* triangoli isosceli eguali disposti con la base sopra la stessa retta ed egualmente distanziati

Dalle fig. 8 e 9 risulta

$$tg\,\alpha = \frac{2\,H}{B}$$

Definiamo inoltre con la relazione

$$(n - 1)\ \Delta t = a\,B$$

il coefficiente *a*, che viene ad essere così il rapporto della distanza tra le mezzarie del primo ed ultimo triangolo alla base di uno dei triangoli.

Combinando le due precedenti si ricava:

$$(n - 1)\ \ tg\,\alpha\,\Delta t = 2\,a\,H$$

Indicando con $H'$ il segmento intercettato da uno qualunque dei triangoli sull'ordinata generica del poligono, il coefficiente di simultaneità $S$ resterà definito dall'eguaglianza

$$S = \frac{\Sigma_{\max}\ H'}{n\,H}$$

Per calcolare la sommatoria suddetta considereremo dapprima il caso che sia

$$a < 1$$

separatamente per $n$ dispari ed $n$ pari.

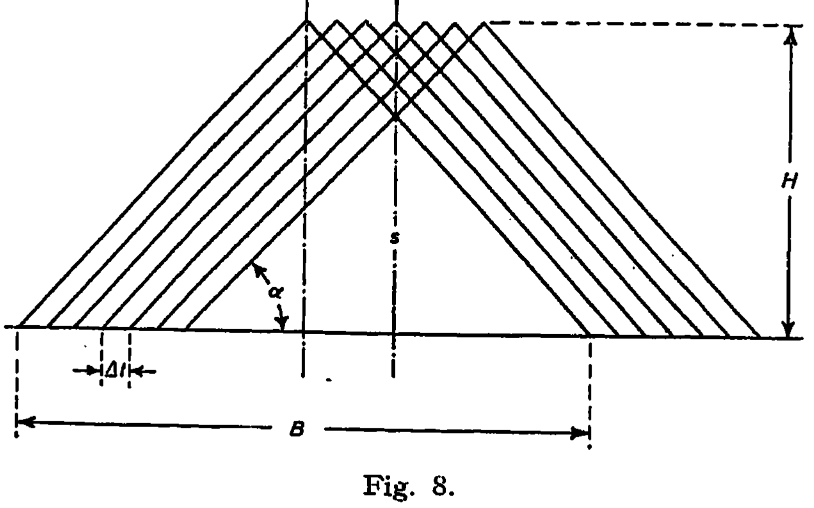



Fig. 8.

1) $n$ dispari (fig. 8).

L'ordinata massima del poligono si ha evidentemente in corrispondenza dell'asse di simmetria $s$ del fascio di triangoli. Tale ordinata è data dall'espressione

$$\Sigma_{max} H' = 2\, tg\,\alpha \left\{ \left[\frac{B}{2} + \frac{n-1}{2}\Delta t - (n-1)\,\Delta t\right] + \left[\frac{B}{2} + \frac{n-1}{2}\Delta t - (n-2)\,\Delta t\right] + \ldots + \left[\frac{B}{2} + \frac{n-1}{2}\Delta t - \left(n - \frac{n-1}{2}\right)\Delta t\right] \right\} + H =$$

$$= \frac{n-1}{2} B\, tg\,\alpha - 2\left(\frac{n-1}{2} + \frac{n-3}{2} + \ldots + 2 + 1\right) tg\,\alpha\,\Delta t + H =$$

$$= (n-1)\,H - 2\,\frac{\frac{n-1}{2}\left(\frac{n-1}{2} + 1\right)}{2}\, tg\,\alpha\,\Delta t + H =$$

$$= n\,H - \frac{(n-1)\;(n+1)}{4}\, tg\,\alpha\,\Delta t =$$

$$= n\,H - \frac{n+1}{2}\, a\, H =$$

$$= n\,H \left[1 - \frac{a}{2}\left(1 + \frac{1}{n}\right)\right] \qquad (1)$$

2) $n$ pari (fig. 9).

Anche in questo caso l'ordinata massima si ha in corrispondenza dell'asse di simmetria $s$ del fascio di triangoli. Il poligono

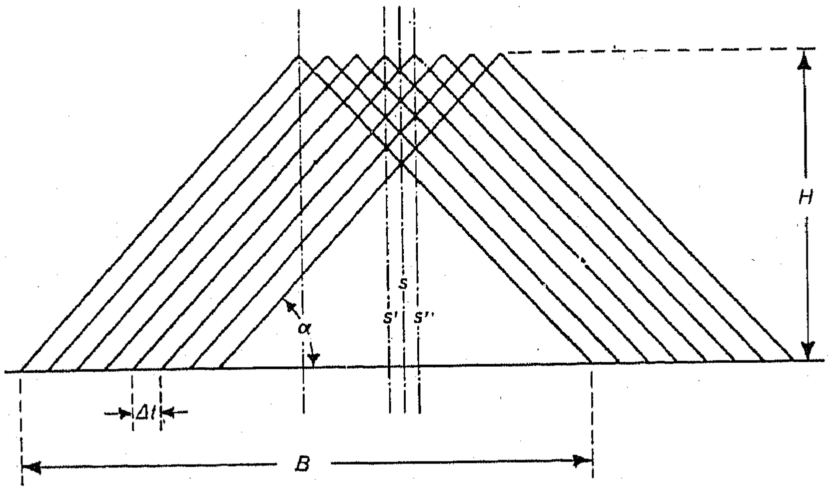



Fig. 9.

somma non presenterà però una cuspide su $s$ ma avrà ordinata costante tra $s'$ e $s''$.

Si ha

$$\Sigma_{max} H' = 2\, tg\,\alpha \left\{ \left[\frac{B}{2} + \frac{n-1}{2}\Delta t - (n-1)\,\Delta t\right] + \left[\frac{B}{2} + \frac{n-1}{2}\Delta t - (n-2)\,\Delta t\right] + \ldots + \left[\frac{B}{2} + \frac{n-1}{2}\Delta t - \left(n - \frac{n}{2}\right)\Delta t\right] \right\} =$$

$$= \frac{n}{2} B\, tg\,\alpha - 2\left(\frac{n-1}{2} + \frac{n-3}{2} + \ldots + \frac{1}{2}\right) tg\,\alpha\,\Delta t =$$

$$= n\,H - \left[(n-1) + (n-3) + \ldots + 3 + 1\right] \frac{2\,a}{n-1}\, H$$

Ora

$$1 + 3 + \ldots + (n-3) + (n-1) = 2 + 4 + \ldots + (n-2) + n - \frac{n}{2} = 2\left[1 + 2 + \ldots + \left(\frac{n}{2} - 1\right) + \frac{n}{2}\right] - \frac{n}{2} = \frac{n}{2}\left(\frac{n}{2} + 1\right) - \frac{n}{2} = \frac{n^2}{4}$$

quindi

$$\Sigma_{max} H' = n\,H - \frac{n^2}{2\,(n-1)}\, a\, H = n\,H\left(1 - \frac{a}{2}\,\frac{1}{1 - \frac{1}{n}}\right) \qquad (2)$$

Le formule trovate (1) e (2) sono valide per tutti i valori di $a$ compresi fra 0 ed 1 (il limite superiore escluso) e per qualunque valore di $n$, fatta eccezione per la (2) quando $n = 2$ e $a > 0{,}5$.

Ciò risulta del resto in modo generale osservando che dev'essere

$$\Sigma_{max} H' \geqq H$$

e quindi

$$S = \frac{\Sigma_{max} H'}{n\,H} \geqq \frac{1}{n}$$

D'altra parte $S$ si ricava per $n$ pari dalla (2)

$$S = 1 - \frac{a}{2}\,\frac{1}{1 - \frac{1}{n}}$$

e la condizione suddetta diventa

$$1 - \frac{a}{2}\,\frac{1}{1 - \frac{1}{n}} \geqq \frac{1}{n}$$

la quale permette di determinare per ogni valore di $n$ il valore massimo di $a$ per cui è valida la (2)

$$a \leqq 2\left(1 - \frac{1}{n}\right)^2$$

Per $n = 2$ si trova appunto

$$a \leqq \frac{1}{2}$$

In modo analogo si trova che la (1) è valida per ogni valore di $a$ minore di 1 (salvo per $n = 1$, nel qual caso però la formula è egualmente applicabile perchè a fortiori allora $a = 0$).

La (2) non differisce dalla (1) che per il fattore che moltiplica $\frac{a}{2}$ nell'espressione in parentesi. Ma

$$1 + \frac{1}{n} - \frac{1}{1 - \frac{1}{n}} = \frac{-\frac{1}{n^2}}{1 - \frac{1}{n}} = \frac{-1}{n^2 - n}$$

e quindi già per $n = 10$ la differenza tra i due fattori suddetti è dell'ordine di 1%. Per valori di $n$ sufficientemente grandi si potrà allora ricorrere alla (1) che è più semplice per calcolare il fattore di simultaneità sia per $n$ pari che per $n$ dispari. In base alla definizione del fattore stesso si avrà allora in generale:

$$S = 1 - \frac{a}{2}\left(1 + \frac{1}{n}\right) \qquad (3)$$

Per piccoli valori però di $n$ ed $n$ pari dovrà invece applicarsi l'altra

$$S = 1 - \frac{a}{2} \frac{1}{1 - \frac{1}{n}} \qquad (3)'$$

Le formule trovate permettono di calcolare il valore limite di $S$ quando $a$ tende rispettivamente ad 1 $\left(0 \text{ ad } \frac{1}{2} \text{ per } n = 2\right)$:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $n$ = | (2) | 3 | 4 | 5 | 10 | 20 | $\infty$ |
| $S$ = | (0,5) | 0,3333 | 0,3333 | 0,4 | 0,4444 | 0,4737 | 0,5 |

Passiamo adesso a considerare il caso che sia $a > 1$. È evidente che alla formazione della punta concorre solo un numero limitato di triangoli e precisamente, se prendiamo in esame un determinato triangolo, contribuiranno a formare la punta, oltre al triangolo considerato, tutti e soltanto quegli altri i cui lati tagliano uno dei lati dello stesso. Per fissare le idee e riferendoci alle figg. 8 e 9 stabiliamo un senso positivo sulla retta su cui giacciono le basi dei triangoli e chiamiamo origine dei singoli triangoli il primo vertice che si incontra muovendosi nel verso positivo. Potremo allora dire che, fissato un certo triangolo, concorreranno con questo a formare la punta tutti e soli i triangoli le cui origini cadono entro la base del primo.

Indichiamo ora con $n' < n$ il numero di triangoli che contribuiscono alla formazione della punta. Poniamo

$$(n' - 1)\ \Delta t = a'\ B \qquad (4)$$

nella quale sarà $a' < 1$. La punta sarà allora data dall'espressione (per $n'$ dispari)

$$\Sigma_{\max} H' = n' H \left[ 1 - \frac{a'}{2} \left(1 + \frac{1}{n'}\right) \right]$$

ed il fattore di simultaneità $S$ da

$$S = \frac{\Sigma_{\max} H'}{n\ H} = \left[ 1 - \frac{a'}{2} \left(1 + \frac{1}{n'}\right) \right] \frac{n'}{n} \qquad (5)$$

Per $n'$ pari si sarebbe trovato analogamente

$$S = \left( 1 - \frac{a'}{2} \frac{1}{1 - \frac{1}{n}} \right) \frac{n'}{n} \qquad (5)'$$

Per la determinazione di $n'$ si osservi che, a quanto si è detto, $n'$ dev'essere il massimo intero che soddisfa alla disuguaglianza

$$(n' - 1)\ \Delta t < B$$

oppure

$$n' < 1 + \frac{B}{\Delta t}$$

Ma, per la definizione di $a$, è sempre

$$(n - 1)\ \Delta t = a\ B \qquad (6)$$

da cui

$$\frac{B}{\Delta t} = \frac{n - 1}{a}$$

con la quale la disuguaglianza che determina $n'$ diventa, espressa coi dati del problema

$$n' < 1 + \frac{n - 1}{a} \qquad (7)$$

Trovato $n'$, si ricava $a'$ dividendo membro a membro la (4) per la (6)

$$a' = \frac{n' - 1}{n - 1}\ a \qquad (8)$$

Queste relazioni valgono nel caso di $n$ finito; per $n$ infinito con $a$ finito (unico caso che abbia praticamente significato) anche $n'$ diventa infinito e le (5) (5)' perderebbero di significato. Per trovare anche in questo caso il valore di $S$ quando $a > 1$ si osservi che dal confronto della relazione

$$(n' - 1)\ \Delta t < B$$

con la (4) risulta che col tendere di $n'$ all'infinito (e quindi di $\Delta t$ a zero), tenuto presente il significato di $n'$ (massimo intero che soddisfa alla disuguaglianza predetta), $a'$ tende all'unità. Dalla (8), che è sempre valida, si ricava allora

$$\lim_{n=\infty} \frac{n' - 1}{n - 1} = \lim_{n=\infty} \frac{n'}{n} = \lim_{n=\infty} \frac{a'}{a} = \frac{1}{a}$$

Passando allora al limite nelle (5) (5') si trova il valore del fattore di simultaneità

$$S = \lim_{n=\infty} \left[ 1 - \frac{a'}{2} \left(1 + \frac{1}{n'}\right) \right] \frac{n'}{n} = \frac{1}{2\ a} \qquad (9)$$

Qui si è applicata la (5); alla stessa identica espressione si arriva naturalmente applicando la (5)'.

Per $n = \infty$ ed $a$ maggiore di 1, il fattore di simultaneità decresce quindi con legge iperbolica per tendere a zero quando $a$ cresce oltre ogni limite. Quando $n$ è finito il fattore di simultaneità non può mai diventare zero qualunque sia $a$. Raggiunto il suo valore minimo che è $\frac{1}{n}$ il fattore di simultaneità non varia più per quanto $a$ cresca.

Si può determinare facilmente il valore di $a$ in corrispondenza del quale si raggiunge tale valor minimo. Dalla (5) infatti risulta che si avrà $S = \frac{1}{n}$ per il valore di $a$ che soddisfa alla relazione ($n'$ dispari)

$$\left[ 1 - \frac{a'}{2} \left(1 + \frac{1}{n'}\right) \right] n' = 1$$

Supponiamo dapprima $a' = 1$. Allora la (8) diventa

$$n' - 1 = \frac{n - 1}{a}$$

e, sostituendo il valore di $n'$ che si ricava da questa, la precedente diventa dopo alcune facili trasformazioni

$$a_{\min} = \frac{n - 1}{2}$$

Allo stesso risultato si sarebbe giunti con la (5'). Resta da dimostrare che, con $n$ costante, $S$ diminuisce quando $a'$ tende verso uno. Ciò risulta dal fatto che $n'$, dovendo essere un intero, non varia con continuità e quindi si mantiene costante entro l'intervallo di una unità, mentre $a'$ va aumentando. Dalla (5) risulta allora senz'altro che $S$ diminuisce al crescere di $a'$.

## APPENDICE II

# Calcolo dell'ora della fine del crepuscolo e delle distanze chilometriche corrispondenti a determinati scarti di tempo

In quel che segue le indicazioni di tempo s'intendono in tempo medio locale. Dove quindi è indicata l'ora di un fenomeno celeste si passa all'ora in tempo legale aggiungendo o togliendo lo scarto di tempo dipendente dalla differenza di longitudine rispetto al meridiano centrale del fuso orario a cui appartiene la località considerata; lo scarto andrà aggiunto o tolto a seconda che la località stessa trovasi ad occidente o ad oriente del meridiano suddetto. Per avere l'ora civile sul meridiano di Milano bisogna quindi aggiungere $23^m\ 14^s$ alle indicazioni orarie fatte più innanzi. S'intende che nessuna correzione va fatta ove trattasi di *differenze* di tempo.

Nel calcolare i tempi si son fatte tutte le correzioni necessarie, salvo quella dipendente dalla piccola variazione nella declinazione del sole nel corso della giornata, correzione quest'ultima oltremodo laboriosa. L'errore comunque che ne segue non supera qualche decimo di minuto alle nostre latitudini.

L'indagine è estesa alla zona compresa fra le longitudini 10° ovest e 40° est da Greenwich e le latitudini boreali 35° e 65°; questa zona comprende prossimamente tutta l'Europa, escludendo soltanto una parte della Russia europea.

Ove necessario si sono assunte come coordinate di riferimento il meridiano dell'Europa Centrale (15° longitudine est da Greenwich) ed il parallelo 50° latitudine boreale.

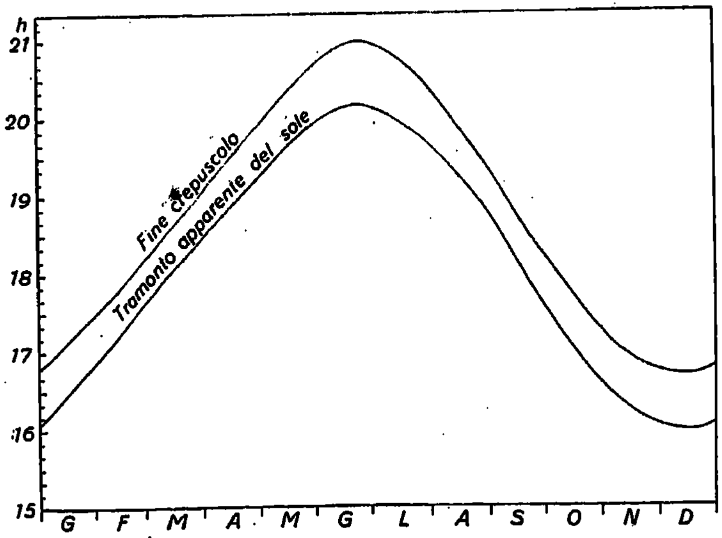



Fig. 10. - Ora del tramonto apparente del sole e della fine del crepuscolo alla latitudine boreale 50° nei vari mesi dell'anno (in tempo medio locale).

dine 50°. Nella terza riga è indicata anche la durata del crepuscolo, che risulta per differenza.

Con questi dati si è tracciata la fig. 10.

L'ora del tramonto si calcola con la formula

$$\cos t_0 = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta$$

nella quale $t_0$ è l'arco semidiurno, $\varphi$ la latitudine, $\delta$ la declinazione del sole a mezzodì vero (ricavata dalle effemeridi per il

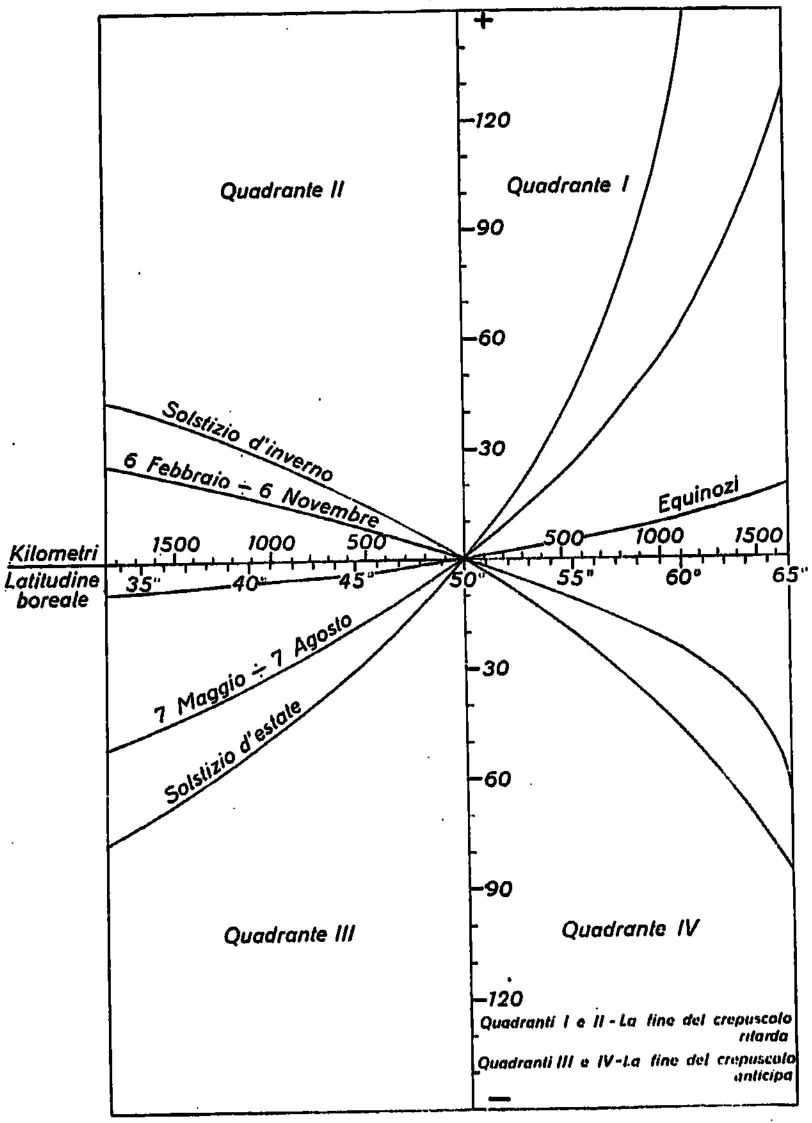



Fig. 11. - Differenze in minuti tra le ore della fine del crepuscolo alle varie latitudini e l'ora della fine del crepuscolo alla latitudine 50° nelle varie stagioni (emisfero boreale).

TABELLA I.

*Ora della fine del crepuscolo e del tramonto del sole e durata del crepuscolo alla latitudine boreale 50°.*

| | 22 dicem. (solstizio d'inverno) | 6 Febbraio | 21 Marzo (equinozio di primavera) | 7 Maggio | 22 Giugno (solstizio d'estate) | 7 Agosto | 23 Settem. (equinozio d'autunno) | 6 Novembre |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fine del crepuscolo | $16^h\ 41^m$ | $17^h\ 37^m$ | $18^h\ 45^m$ | $20^h\ 04^m$ | $20^h\ 59^m$ | $20^h\ 13^m$ | $18^h\ 31^m$ | $17^h\ 06^m$ |
| Tramonto apparente | $15^h\ 38^m$ | $16^h\ 59^m$ | $18^h\ 10^m$ | $19^h\ 23^m$ | $20^h\ 10^m$ | $19^h\ 32^m$ | $17^h\ 55^m$ | $16^h\ 27^m$ |
| Durata del crepuscolo | $43^m$ | $38^m$ | $35^m$ | $41^m$ | $49^m$ | $41^m$ | $36^m$ | $37^m$ |

*Latitudine.* - Nella Tabella I è indicata per alcune date caratteristiche l'ora della fine del crepuscolo e del tramonto apparente (1) del lembo superiore del disco solare alla latitu-

1931); quella della fine del crepuscolo con l'altra

$$\operatorname{sen} \frac{1}{2} t = \sqrt{\frac{\operatorname{sen} \frac{1}{2}(\psi + 6^\circ) \cos \frac{1}{2}(\psi - 6^\circ)}{\cos \varphi \cos \delta}}$$

(1) Tenuto conto cioè della rifrazione.

TABELLA II.

*Differenza di tempo in minuti tra le ore della fine del crepuscolo a varie latitudini ed alla latitudine 50° (emisfero boreale).*

| Latitudine | 35° | 40° | 45° | 50° | 55° | 60° | 65° | *Scarto di tempo fra 35° e 65°* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Solstizio d'inverno (22 dicembre) | +41 | +30 | +16 | 0 | —20 | — 47 | — 86 | $2^h$ $7^m$ |
| 6 febbraio | +24 | +16 | + 9 | 0 | —11 | — 25 | — 64 | $1^h$ $28^m$ |
| Equinozio di primavera (21 marzo) | — 8 | — 6 | — 4 | 0 | + 5 | + 11 | + 20 | $28^m$ |
| 7 maggio | —47 | —34 | —19 | 0 | +26 | + 63 | +129 | $2^h$ $56^m$ |
| Solstizio d'estate (22 giugno) | —71 | —52 | —30 | 0 | +44 | +137 | +184(1) | $4^h$ $15^m$ (1) |
| 7 agosto | —47 | —34 | —19 | 0 | +26 | + 63 | +129 | $2^h$ $56^m$ |
| Equinozio d'autunno (23 settembre) | — 8 | — 6 | — 4 | 0 | + 5 | + 11 | + 20 | $28^m$ |
| 6 novembre | +24 | +16 | + 9 | 0 | —11 | — 25 | — 64 | $1^h$ $28^m$ |
| Distanza dal parallelo 50° (misurata lungo il meridiano) km | 1666,3 | 1111,3 | 555,9 | 0 | 556,4 | 1113,3 | 1670,6 | 3336,9 |

(1) Questi dati si riferiscono alla latitudine 60° 33'; alle latitudini superiori il crepuscolo al solstizio d'estate dura tutta notte.

nella quale $t$ è l'angolo orario del sole alla fine del crepuscolo e $\psi$ è dato dalla

$$\psi = 90° - \varphi + \delta$$

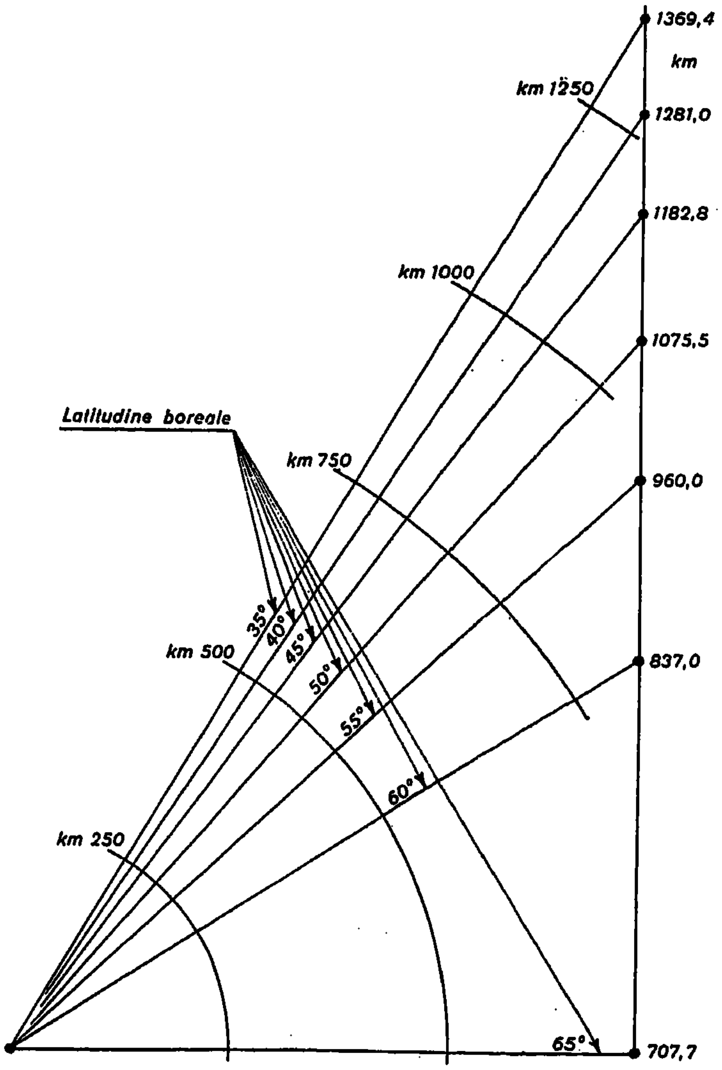



Fig. 12. - Lunghezza in km degli archi di parallelo intercetti da un fuso orario alle varie latitudini.

Non ci indugiamo nè sulle varie correzioni da fare nè sul modo di passare dall'angolo orario del sole all'ora legale del luogo.

In modo analogo si è calcolata la Tabella II che indica di quanto tempo (in minuti) la fine del crepuscolo ritardi (segno +) od anticipi (segno —) alle varie latitudini (boreali) rispetto alla latitudine boreale 50° in diverse epoche dell'anno. Nell'ultima riga è indicata la distanza in km misurata lungo un meridiano tra il parallelo considerato ed il parallelo 50°.

Con i dati della tabella si sono costruite le curve della fig. 11.

*Longitudine.* – Nella tabella seguente è indicata per le varie latitudini la distanza in km fra due punti di uno stesso parallelo fra i quali il medesimo fenomeno celeste si verifica con uno scarto di tempo di un'ora (distanza corrispondente a 15° di parallelo):

| Latitudine boreale | 35° | 40° | 45° | 50° | 55° | 60° | 65° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Distanza in km .. | 1369,4 | 1281,0 | 1182,8 | 1075,5 | 960,0 | 837,0 | 707,7 |

Con questi elementi si è costruita la fig. 12.

La distanza in km del meridiano dell'Europa centrale dai due meridiani estremi della zona considerata (longitudine rispettivamente 10° ovest e 40° est da Greenwich) è data dalla tabella seguente:

| Latit. boreale . | 35° | 40° | 45° | 50 | 55° | 60° | 65° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Distanza in km | 2282,3 | 2135,0 | 1971,3 | 1792,5 | 1599.9 | 1395,1 | 1179,5 |

A tale distanza corrisponde uno scarto di tempo di $1^h$ $40^m$.

La distanza fra i due meridiani estremi varia quindi a seconda della latitudine da 2359 a 4565 km; fra di essi vi è uno scarto di tempo di $3^h$ $20^m$.

ING. W. MUNGIOLI.

Prof. Ing. Francesco Marzolo

# Un'osservazione elementare nel calcolo dei canali

## Sezioni di minimo scavo

La determinazione delle sezioni dette di *minima resistenza* o di *massima portata* è così generalizzata, nelle esposizioni teorico-pratiche del regime uniforme nei canali, da non richiedere particolari spiegazioni.

Per sezioni di forma trapezia o rettangola rispondenti alla condizione sopra accennata, ponendo (fig. 1):

$$(1)\quad \begin{cases} S = \sigma h^2 & \text{(area della sezione liquida)} \\ l = \lambda h & \text{(larghezza al fondo)} \\ C = \chi h & \text{(lunghezza del contorno bagnato)} \end{cases}$$

si ricava cioè:

$$(2)\quad \begin{cases} \sigma = 2\sqrt{1+n^2} - n \\ \lambda = 2\left(\sqrt{1+n^2} - n\right) \\ \chi = 2\left(2\sqrt{1+n^2} - n\right) \end{cases}$$

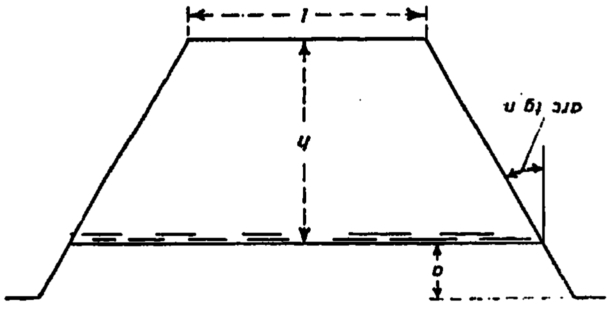


Fig. 1.

e in particolare per $n = \frac{1}{\sqrt{3}}$ (sezione semiesagonale, v. fig. 1):

$$(3)\quad \begin{cases} \sigma = \sqrt{3} = 1{,}732 \\ \lambda = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1{,}155 \end{cases}$$

e per $n = 0$ (sezione rettangolare a profilo libero):

$$(4)\quad \begin{cases} \sigma = 2 \\ \lambda = 2 \end{cases}$$

Però queste sezioni di *minima resistenza*, ossia di massimo raggio medio (per un dato valore di $S$) o di *minima sezione liquida* (a parità di portata, pendenza ecc.) vengono nella pratica adottate piuttosto di rado, poichè esse non risultano le più economiche.

Ciò si comprende facilmente quando si osservi che la condizione testè accennata, avuto riguardo al costo di un canale completamente in escavo, non corrisponde esattamente a quella di *minima spesa*. Alla sezione liquida si aggiunge infatti la sezione supplementare di scavo compresa fra il profilo del terreno ed il massimo livello nel canale, oltre a quella eventualmente necessaria per rivestimenti o muri di sostegno ecc.

È perciò sembrato opportuno porre in evidenza tale diversità di concetto, che ho già accennata in un precedente scritto (1); non solo per evitare la facile ed inesatta impressione che le sezioni di minima resistenza abbiano a riuscire le più economiche, ma altresì per suggerimento offerto in proposito da alcune recenti applicazioni concrete, ove si è potuta individuare così una rilevante economia.

Adottando per una sezione trapezia (fig. 1) in luogo della condizione di minima sezione liquida (per l'adduzione di una data portata) quella economicamente più significativa di *minimo scavo*, l'espressione da rendere minima sarà:

$$(5)\quad (h + a)\,[l + n\,(h + a)] = \text{min.}$$

venendo associata la condizione di portata:

$$(6)\quad Q = V \,.\, S = c\,R^{\alpha}\,I^{\beta}\,S = c\,I^{\beta}\,\frac{S^{1+\alpha}}{C^{\alpha}}$$

ossia, supponendo $\alpha = \sim \frac{1}{2}$ ed elevando al quadrato:

$$(7)\quad \frac{S^3}{C} = \frac{[(l + nh)\,h]^3}{l + 2h\sqrt{1+n^2}} = \left[\frac{Q}{c\,I^{\beta}}\right]^2 = \text{Cost.}$$

Dovremo quindi considerare il sistema:

$$(8)\quad \begin{cases} F\,(h\,,l) = [l + n\,(h + a)]\,(h + a) = \text{min.} \\ f\,(h\,,l) = \dfrac{[(l + nh)\,h]^3}{l + 2h\sqrt{1+n^2}} - \text{Cost.} = 0 \end{cases}$$

ponendo cioè:

$$(9)\quad \begin{cases} \dfrac{\delta F}{\delta h} + \mu\,\dfrac{\delta f}{\delta h} = 0 \\ \dfrac{\delta F}{\delta l} + \mu\,\dfrac{\delta f}{\delta l} = 0 \end{cases}$$

essendo $\mu$ un fattore ausiliario, la cui eliminazione fra le (9) porge evidentemente:

$$(10)\quad \frac{\delta F}{\delta h} : \frac{\delta F}{\delta l} = \frac{\delta f}{\delta h} : \frac{\delta f}{\delta l}$$

Dalle (8) si ha:

$$(11)\quad \begin{cases} \dfrac{\delta F}{\delta h} = l + 2\,n\,(h + a) \qquad \dfrac{\delta F}{\delta l} = h + a \\ \dfrac{\delta f}{\delta h} = \dfrac{3\,l^2 + \left(6n + 4\sqrt{1+n^2}\right) lh + 10\,n\sqrt{1+n^2}\,.\,h^2}{\left[l + 2h\sqrt{1+n^2}\right]^2}\,[(l + nh)\,h]^2 \\ \dfrac{\delta f}{\delta l} = \dfrac{2\,lh + \left(6\sqrt{1+n^2} - n\right) h^2}{\left[l + 2h\sqrt{1+n^2}\right]^2}\,[(l + nh)\,h]^2 \end{cases}$$

(1) « Idrotecnica generale », p. 250 - Padova, C. E. D. A. M. 1928.

e perciò dalla (10):

$$\frac{l}{h+a}+2n=\frac{3\,l^2+(6n+4\sqrt{1+n^2})\,lh+10\,n\sqrt{1+n^2}\,.\,h^2}{2\,lh+(6\sqrt{1+n^2}-n)\,h^2}$$

$$(12)\qquad \frac{l}{h+a}=\frac{3\,l^2+(4\sqrt{1+n^2}+2\,n)\,l\,h-2\,n\,(\sqrt{1+n^2}-n)\,h^2}{2\,lh+(6\sqrt{1+n^2}-n)\,h^2}$$

Espressione che associata alla

$$(8'')\qquad f\,(h,\,l)=0$$

fornisce i valori $h$, $l$ richiesti.

Ponendo:

$$(13)\qquad \frac{l}{h}=\lambda\,,\quad \frac{h}{h+a}=\varphi\,,\quad \frac{l}{h+a}=\lambda\,\varphi$$

avremo:

$$(14)\qquad \varphi=\frac{3\,\lambda^2+(4\sqrt{1+n^2}+2n)\lambda-2n\,(\sqrt{1+n^2}-n)}{2\,\lambda^2+(6\sqrt{1+n^2}-n)\,\lambda}$$

ove per il valore dell'argomento $\lambda$ indicato dalla (2), risulta ovviamente $\varphi=1$, cioè $a=0$.

A partire da tale valore massimo, facendo decrescere $\lambda$, si ottengono per $\varphi$ valori variabili, come indicati nel grafico della fig. 2.

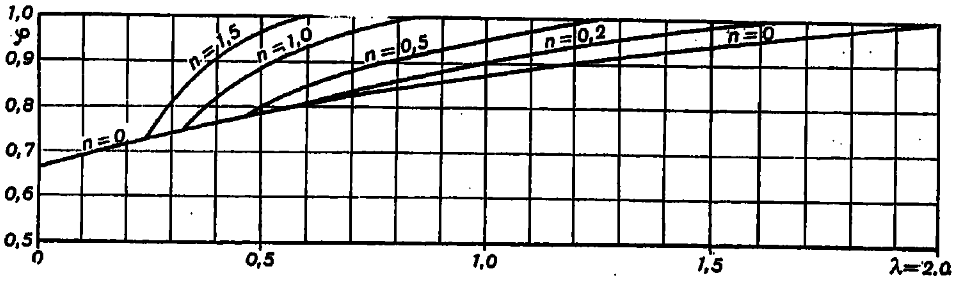



Fig. 2.

La (8'') può essere trascritta nel modo seguente:

$$(15)\qquad \frac{(\lambda+n)^3}{\lambda+2\sqrt{1+n^2}}=\frac{\text{Cost}}{h^5}$$

ciò che per un dato $n$, dopo aver determinata con la (7) od analoghe la Cost, rende agevoli le calcolazioni, nell'ordine:

| | |
|---|---|
| $h$ | |
| $\lambda$ | (15) |
| $\varphi$ | (14) |
| $l=\lambda\,h$ | (13') |
| $a=\left(\frac{1}{\varphi}-1\right)h$ | (13'') |

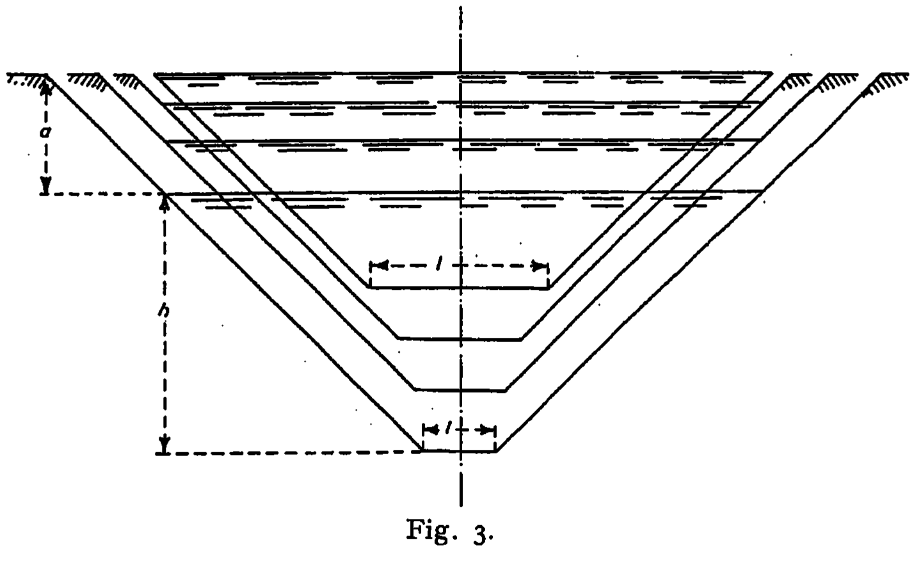



Fig. 3.

Così la fig. 3 rappresenta, per $n=1$, diverse sezioni capaci tutte (con una stessa pendenza) di una medesima portata, e rispondenti sempre — in correlazione ai diversi valori dell'addentramento $a$ del profilo libero sotto il terreno — alla condizione di minimo scavo.

Con l'aumentare di $a$, manifestamente conviene sotto questo riguardo restringere sempre più la sezione, scostandola da quella teorica di minima resistenza ed invece approfondendola. Ciò beninteso fino a limiti pratici, tenuto conto della profondità dello scavo e della larghezza in base opportuna per agevolare l'esecuzione del lavoro; limitazione che va riferita alle grandezze assolute in gioco.

In particolare per $n=0$ (sezioni rettangolari) si ha:

$$(14')\qquad \varphi=\frac{3\,\lambda+4}{2\,\lambda+6}$$

ovvero:

$$(14'')\qquad \lambda=2\,\frac{3\,\varphi-2}{3-2\,\varphi}$$

relazione semplicissima, da cui per $a=0$, $\varphi=1$, si ritrova evidentemente $\lambda=2$ (4'').

Per $\varphi=7/8$ cioè $a=0{,}14\,h$, si ha $\lambda=1$; ossia con questo valore relativo del *franco* $a$, la sezione liquida più conveniente è di forma quadrata.

Risulta invece quadrata la sezione complessiva di scavo, per $\frac{l}{h+a}=\lambda\,\varphi=1$, ossia:

$$\varphi=\frac{3+4\,\varphi}{2+6\,\varphi}=\frac{1+\sqrt{19}}{6}=0{,}893$$

$$\lambda=1{,}12\qquad\qquad a=0{,}12\,h$$

Anche in questo caso ($n=0$) ed anzi specialmente in questo caso, riesce adunque manifesta l'opportunità di derogare dalle proporzioni dette di minima resistenza, anche quando ricorra la sola considerazione dello scavo.

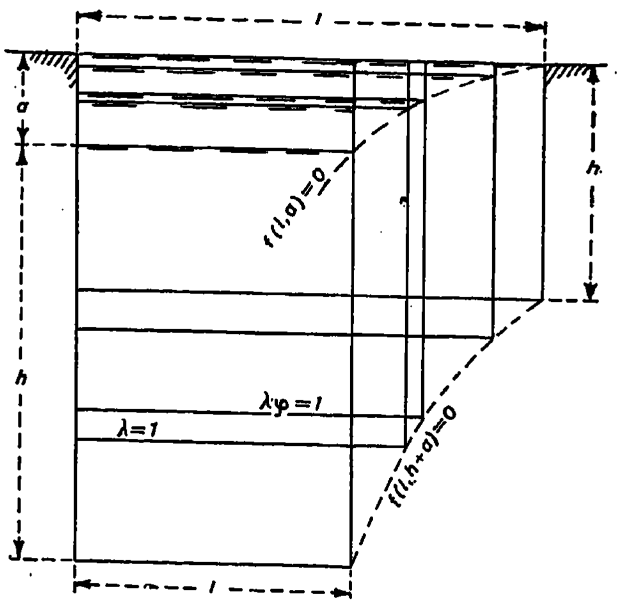



Fig. 4.

Altri motivi di convenienza possono infatti variamente intervenire nella scelta di sezioni-tipo con muri di sponda, rivestimenti od altro; come pure influiscono spesso ed essenzialmente criteri pratici.

Così per canali che debbano essere ricoperti, o che debbano costeggiare versanti fortemente inclinati, anche per ciò conviene particolarmente restringerne la sede ed aumentarne piuttosto la profondità.

In canali navigabili, le dimensioni dei natanti pongono altre determinate esigenze di sezione, oltre alle limitazioni di velocità e di tracciato. In canali di bonifica, un maggiore sviluppo in larghezza piuttosto che in profondità può consentire, ove siano circoscritte le escursioni di livello, una miglior utilizzazione d'invaso.

Specialmente traducendosi nei riflessi costruttivi, la scelta dei tipi di sezione per un canale forma un argomento delicato e complesso, le cui ripercussioni economiche nell'insieme dell'opera possono essere molto importanti. Esso merita perciò la più attenta considerazione, la quale può evidentemente avvantaggiarsi di qualche elemento di carattere generale, come nei riguardi indicati è sembrato non inutile esporre.

FRANCESCO MARZOLO.

*Padova, R. Scuola d'Ingegneria, dicembre* 1931-X.

ING. GIULIO DE TOMASI
DEL LABORATORIO SPERIMENTALE IDRAULICO DE PRETTO-ESCHER WYSS

# Sulla teoria delle ruote assiali ad alta velocità specifica

SOMMARIO

Si dimostra una proficua applicazione delle teorie areodinamiche nel calcolo delle turbine idrauliche specificamente veloci, a cui mal s'adatta l'antica teoria fondamentale di Eulero, per le mutate condizioni di flusso. Nel caso specifico della turbina con apparato distributore fisso, il calcolo si manifesta particolarmente semplice. I risultati teorici concordano in modo soddisfacente con quelli pratici.

## PARTE PRIMA

Lo scorso anno si contavano ca. 1 000 000 di HP in attività nelle varie parti del mondo, sviluppati da turbine idrauliche del tipo ad elica a pale mobili o fisse. Lo straordinario sviluppo di questo tipo, che s'adatta specialmente all'utilizzazione delle basse cadute (1) fu causato dalla necessità di aumentare le velocità periferiche delle ruote e ridurre conseguentemente le dimensioni ed il prezzo relativo di tutta la turbina, per le grandi potenze unitarie. Procedendo per via sperimentale, in base a metodiche ricerche su piccoli modelli, il Prof. Kaplan di Brunn ebbe il vanto, quindici anni or sono, di raggiungere lo scopo prefisso. Qualitativamente almeno, poichè ben presto fu palese che l'antica teoria euleriana basata sul filetto unidimensionale guidato in canali ben delineati, più non poteva essere applicata. I canali si erano allargati talmente e le pale si erano così accorciate, da sembrare, le ultime, ostacoli introdotti nella corrente, più che guidatrici della corrente stessa. La rilassatezza della guida portava poi all'indesiderato sviluppo di alcuni fenomeni fisici, quali la cavitazione ed, in casi estremi, il distaccamento della vena liquida dalle pareti.

Erano necessarie quindi nuove basi di calcolo che abbracciassero con maggiore fedeltà i nuovi fenomeni idrodinamici. Esse dovevano essere dettate dal moderno sviluppo del calcolo aerodinamico. Mentre molti sono i nomi congiunti col tentativo di adattare la teoria che si basa sulle osservazioni scientifiche di Prandlt e Lanchester, tra cui possiamo annoverare il Betz (1), il Bauersfeld (2), il Schilhansl (3), il Körner (4), tra i lavori che più direttamente raggiungono lo scopo e nello stesso tempo convalidano il risultato teorico con la dimostrazione empirica, è quello dell'Ing. Ed. Amstutz (1) di Zurigo, svolto nel laboratorio per le ricerche idrauliche delle fabbriche De Pretto-Escher-Wyss.

Secondo l'Amstutz assumendo una ruota con mozzo relativamente grande munito di numerose pale, dove basta considerare una sezione cilindrica media e dove le componenti radiali della velocità assoluta possono essere trascurate, se si sviluppa questa sezione, si riconosce la grande similitudine tra la così formata successione di pale e la persiana di superfici portanti in aerotecnica. Il flusso attraverso la ruota assiale può essere così ricondotto ad un flusso in una persiana di superfici aerodinamiche portanti (fig. 1).

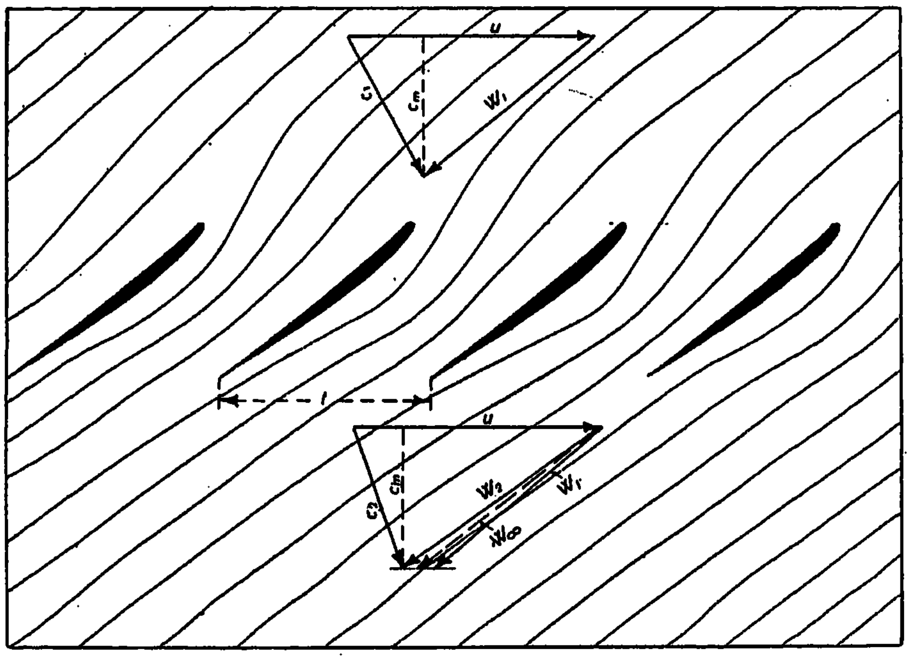



Fig. 1. - Sezione cilindrica di una ruota specificamente veloce, sviluppata nel piano.

Ricordando brevemente le forze che agiscono su un elemento di superficie portante supposta normale al piano del disegno (fig. 2) e di infinita larghezza, supponendo perciò

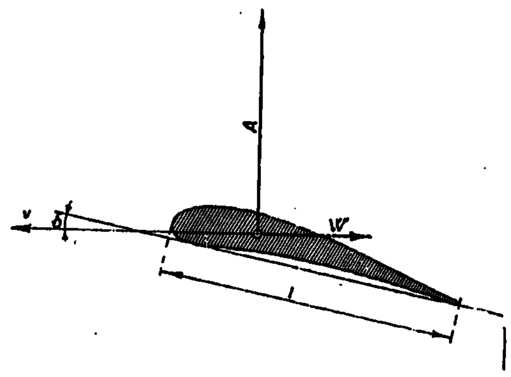


Fig. 2. - Forze agenti sulla superficie portante.

(1) Il Prof. Ackeret ha mostrato in una conferenza tenuta ultimamente alla Società degl'Ingegneri ed Architetti Svizzeri a Zurigo, la possibilità di utilizzare lo stesso tipo di turbina anche per forti cadute purchè si curi una sufficiente contropressione per evitare il deleterio influsso della cavitazione.

(1) A. BETZ: *Handbuch der Physik*. Bd. VII. Berlin. Springer, 1927.
(2) BAUERSFELD: *V.D.I.* 1922, pag. 461.
(3) SCHILHANSL: *Die Wasserwirtschaft*. Vienna e Monaco 1929, N. 7. Aprile.
(4) K. KÖRNER: *Die Wasserwirtschaft*. Vienna e Monaco, 1928. S. 159.

(1) A. STODOLA: *Festschrift*. 1928. S. 8. Orell-Fussli. Zurich.

un problema bidimensionale, possiamo scrivere per la spinta idraulica, normale per definizione alla direzione della velocità $v$:

$$A_a = c_a \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot F = c_a \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot b \cdot l$$

in cui: $c_a$ = una costante adimensionale che dipende dalla forma e dall'angolo d'incidenza dell'ala rispetto alle velocità $v$,
$b$ = la larghezza delimitata dell'ala,
$l$ = la profondità della stessa,
$\rho$ = la densità del mezzo $\frac{\gamma}{g}$

Se la corrente non è priva d'attrito si presenterà oltre ad $A$ una componente nella direzione di $v$:

$$W = c_w \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot b \cdot l$$

chiamata la resistenza del profilo. Queste forze valgono per uno ed un solo profilo immerso nella corrente. Per cui si può ammettere che molto prima e molto dopo il profilo stesso la velocità del medio resta invariata. Per la persiana di superfici portanti, invece, la corrente subisce una deviazione generale e le velocità prima e dopo la griglia sono differenti in direzione ed in grandezza assoluta (fig. 1). Per un flusso privo d'attrito si può dimostrare che su di un tale profilo agisce una spinta idraulica

$$A = c_a \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2_\infty \cdot b \cdot l \qquad (1)$$

normale alla direzione di $w_\infty$, in cui:

$w_\infty$ = la semisomma vettoriale delle velocità,
$w_1$ e $w_2$ = le velocità relative molto prima e molto dopo la persiana.

Se analogamente l'attrito è presente nella corrente, assisteremo allo svilupparsi della corrispondente resistenza

$$W = c_w \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2_\infty \cdot b \cdot l \qquad (2)$$

La disposizione a persiana delle pale impedisce naturalmente dapprima il trasporto del rapporto ottenuto sperimentalmente per un profilo unico tra i coefficienti $c_a$ e $c_w$ e la loro dipendenza dall'angolo di incidenza (con altre parole: la polare del profilo) al caso di un profilo appartenente ad una persiana. Soltanto nel caso di pale, corte rispetto alla reciproca distanza (passo), la semplice dimezzatura geometrica della velocità $w_\infty$, può essere considerata l'unica influenza della persiana. Praticamente inoltre ci favorisce il fatto che negli usuali angoli d'incidenza, $c_w$ dipende soltanto dall'attrito di superficie e non dalla cosidetta resistenza indotta e nemmeno in grande misura dalla disposizione a persiana. La variazione del coefficiente $c_a$ secondo l'angolo d'incidenza non è neppure molto influenzata dallo stesso fatto. In modo che i valori ottenuti dalle prove d'un profilo unico s'adattano sufficentemente bene anche al profilo in persiana. D'altronde esistono in questo senso esperimenti completi che permettono di eliminare anche questa approssimazione non sempre lecita (1). Ciò premesso, il calcolo segue la seguente via. Supponendo conosciuto il progetto completo della ruota, costruita per i voluti dati idraulici di calcolo, (caduta, quantità d'acqua, giri al minuto), si eseguisce il controllo della curva dei rendimenti che una tale ruota, per il fissato numero e forma di pale, sarà in grado di offrire. Infatti la caduta $H$ in metri deve fornire per ogni unità di quantità d'acqua, secondo l'equazione fondamentale della teoria delle turbine:

$$H = \frac{\Delta p}{\gamma} + (1 - \eta_{sm}) \frac{c^2_m}{2g} + \frac{c^2_{u1}}{2g} - \eta_{su} \frac{c^2_{u2}}{2g} \qquad (3)$$

cioè la caduta di pressione nella ruota e la velocità d'entrata, mentre viene ricuperata una parte della velocità d'uscita. Il significato di queste grandezze sarà più evidente nel seguente diagramma delle velocità (fig. 3).

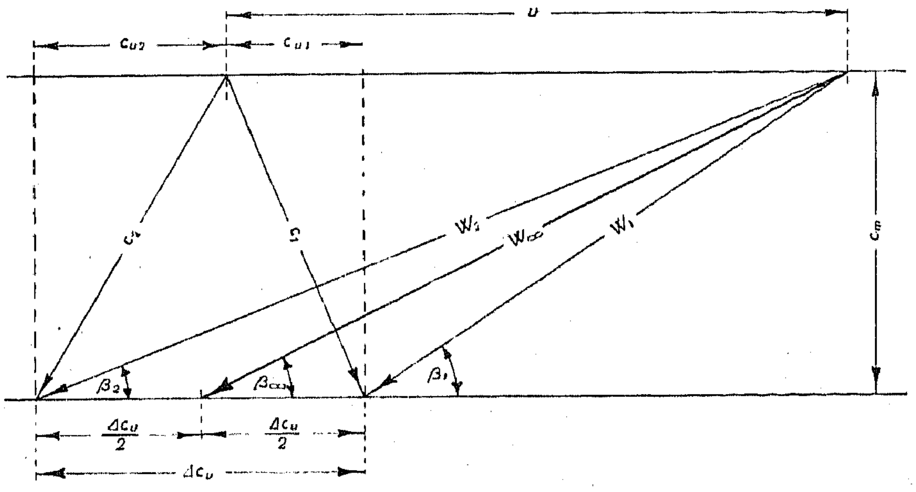



Fig. 3. - Diagramma delle velocità.

$\eta_{sm}$, $\eta_{su}$ sono i coefficienti di rendimento relativi alle componenti meridiane e periferiche della velocità d'uscita $c_2$.

Le perdite all'uscita del tubo d'aspirazione sono quindi, in metri d'acqua:

$$V_u = (1 - \eta_{sm}) \frac{c^2_m}{2g} + (1 - \eta_{su}) \frac{c^2_{u2}}{2g}$$

Secondo l'uso inveterato nel campo delle turbine idrauliche, possiamo esprimere l'equazione (3) per mezzo di coefficienti adimensionali:

$$1 = \frac{\Delta p}{\gamma \cdot H} + (1 - \eta_{sm}) k^2_{cm} + k^2_{cu1} - \eta_{su} k^2_{cu2} \qquad (3\ a)$$

dove: $k_{cm} = \frac{c_m}{\sqrt{2g H}}$, $k_{cu1} = \frac{c_{u1}}{\sqrt{2g H}}$ e così via.

Nell'equazione fondamentale (3) si sostituiscono ora i corrispondenti valori aerodinamici. A questo scopo si scompongono le due forze, spinta idraulica $A$ e resistenza $W$ di ciascuna pala, in componenti tangenziali e normali alla velocità periferica della sezione cilindrica considerata (fig. 4).

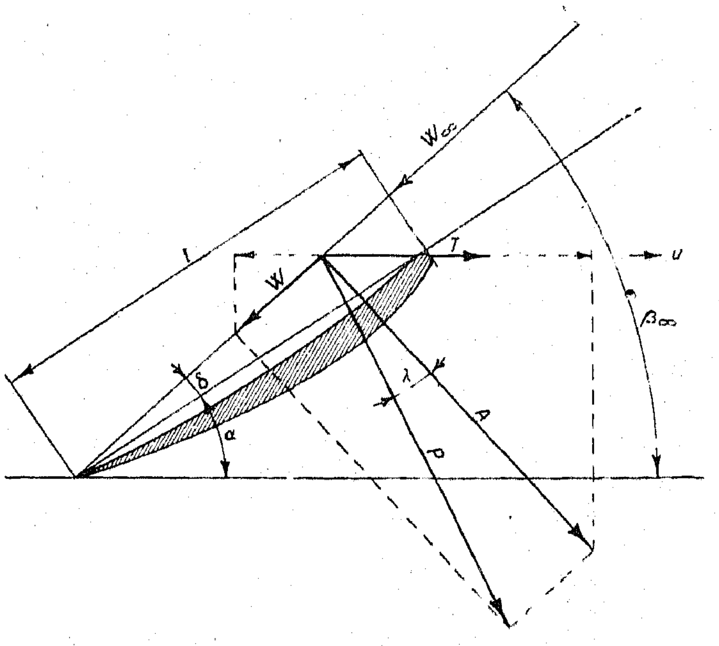



Fig. 4. - Forze agenti su una pala.

(1) Mitteilungen aus der Aerod. Inst. Göttingen. 3. Lieferung.

Si ottiene come forza tangenziale $T$

$$T = A \sin \beta_\infty - W \cos \beta_\infty \qquad (4)$$

e come forza normale $N$

$$N = A \cos \beta_\infty + W \sin \beta_\infty \qquad (5)$$

Quest'ultima non è altro che la spinta assiale della pala, e da essa si ricava la caduta di pressione $\Delta p$ nella ruota:

$$\Delta p = \frac{N}{t \cdot b} \qquad t = \text{passo}$$

e ricordando le equazioni 1) e 2)

$$\Delta p = \frac{\rho}{2} w^2_\infty \frac{l}{t} (c_a \cos \beta_\infty + c_w \sin \beta_\infty) \qquad (6)$$

e poichè $\rho = \frac{\gamma}{g}$, dividendo analogamente ambo i termini per $H$ si ottiene:

$$\frac{\Delta p}{\gamma \cdot H} = k^2_w \cdot \frac{l}{t} (c_a \cos \beta_\infty + c_w \cdot \sin \beta_\infty) \qquad (6\,a)$$

D'altro canto la tangenziale $T$ può essere ricavata dal teorema delle quantità di movimento:

$$T = \rho \cdot b \cdot t \cdot c_m \cdot \Delta c_u \qquad (7)$$

in cui:

$c_m$ = la componente meridiana della velocità assoluta $= c_{m1} = c_{m2}$ per le turbine assiali.

$\Delta c_u$ = la deviazione della velocità assoluta in seguito al passaggio della ruota,

da cui:

$$\Delta c_u = \frac{T}{\rho \cdot b \cdot t \cdot c_m}$$

e dopo alcune semplificazioni, con $c_m = w_\infty \sin \beta_\infty$

$$\Delta c_u = \frac{w_\infty}{2} \cdot \frac{l}{t} \left(c_a - \frac{c_w}{\operatorname{tg} \beta_\infty}\right) \qquad (8)$$

Dalla fig. 3 si ricava:

$$k_{cm} = k_w \cdot \sin \beta_\infty$$

$$k_{cu1} = k_u + \frac{k \Delta c_u}{2} - k_{w\infty} \cdot \cos \beta_\infty$$

$$k_c = k_{w\infty} \cdot \cos \beta_\infty + \frac{k \Delta c_u}{2} - k_u$$

e, con l'aiuto dell'equazione (8)

$$k_{cu1} = k_u + \left(\frac{l}{4t} \left(c_a - \frac{c_w}{\operatorname{tg} \beta_\infty}\right) - \cos \beta_\infty\right) k_{w\infty}$$

$$k_{cu2} = -k_u + \left(\frac{l}{4t} \left(c_a - \frac{c_w}{\operatorname{tg} \beta_\infty}\right) + \cos \beta_\infty\right) k_{w\infty}$$

Sostituendo nell'equazione fondamentale (3*a*) i rispettivi valori aerodinamici sovraesposti, e con le seguenti abbreviazioni:

$$a = \frac{l}{t} (c_a \cos \beta_\infty + c_u \sin \beta_\infty)$$

$$b = (1 - \eta_{sm}) \sin^2 \beta_\infty$$

$$c = \frac{l}{4t} \left(c_a - \frac{c_w}{\operatorname{tg} \beta_\infty}\right) - \cos \beta_\infty$$

$$d = \frac{l}{4t} \left(c_a - \frac{c_w}{\operatorname{tg} \beta_\infty}\right) + \cos \beta_\infty$$

si ottiene

$$1 = (a + b + c^2 - \eta_{su} d^2) k^2_{w\infty} + 2 (c + \eta_{su} d) \cdot k_u \cdot k_{w\infty} + (1 - \eta_{su}) k^2_u \qquad (9)$$

Indicando con:

$$A = a + b + c^2 - \eta_{su} d^2$$

$$B = (c + \eta_{su} d) \cdot k_u$$

$$C = 1 - (1 - \eta_{su}) k^2_u$$

l'equazione (9) sarà ridotta alla forma normale:

$$A \cdot k^2_{w\infty} + 2 \cdot B \cdot k^2_{w\infty} - C = 0 \qquad (10)$$

con le radici

$$k_{w\infty} = -\frac{B}{A} \pm \sqrt{\frac{C}{A} + \left(\frac{B}{A}\right)^2}$$

Il coefficiente, $k_{w\infty}$ può essere dunque calcolato in base all'equazione (10), poichè per una data costruzione e per un prefissato $k_u$, non rimane altro che la scelta dell'angolo $\beta_\infty$, per determinare tutti i membri dell'equazione stessa.

Infatti dal disegno della ruota si ricava il rapporto $\frac{l}{t}$ e l'angolo $\alpha$ formato dalla corda del profilo della pala con $u$. Sciegliendo una serie di valori per l'angolo $\beta_\infty$ si ricavano i rispettivi angoli d'incidenza $\delta = (\beta_\infty - \alpha)$, cui corrispondono nella polare della persiana di profili, determinata empiricamente, altrettante coppie dei coefficienti $c_a$ e $c_w$. Con sufficiente approssimazione si possono anche usare i risultati empirici ottenuti con un profilo unico. I rendimenti $\eta_{sm}$ e $\eta_{su}$ possono essere assunti da prove di tubi d'aspirazione. Il coefficiente di rendimento della ruota sarà finalmente dato dalla formula

$$\eta = \frac{T \cdot u}{\gamma \cdot Q \cdot H} \qquad (11)$$

ossia, secondo l'equazione (4) e scritto sottoforma di coefficenti

$$\eta = k_u \cdot k_w \cdot \frac{l}{t} \left(c_a - \frac{c_w}{\operatorname{tg} \beta_\infty}\right) \qquad (12)$$

Il calcolo viene ripetuto per alcuni valori di $\beta_\infty$ per ogni prefissato angolo $\alpha$ e, secondo l'uso, si traccia la curva dei rendimenti in funzione della potenza $\eta = f(N_1)$, oppure, siccome la potenza è proporzionale alle quantità d'acqua

$$N_1 = \frac{N}{H \cdot \sqrt{H}} = \gamma \cdot \frac{Q}{75 \sqrt{H}} \cdot \eta = \frac{\gamma \cdot F}{75} \cdot k_{cm} \cdot \eta$$

dove $F$ è la superficie normale all'asse della ruota.

Si può anche scrivere

$$\eta = f(\eta \cdot k_{cm}) \qquad (13)$$

Il precedente calcolo vale, come già detto, per turbine con mozzo molto grosso rispetto al diametro esterno della ruota, tuttavia gli uniti diagrammi, raccolti dalle prove di turbine con mozzo circa 40% del diametro dimostrano una sorpren-

dente somiglianza col calcolo (fig. 5). Per i coefficenti $c_a$ e $c_w$ furon usati valori approssimati e per il rendimento dei tubi d'aspirazione rispettivamente $\eta_{sm} = 0{,}75$ e $\eta_{su} = 0$. Le figure 6, 7 e 8 mettono in evidenza l'influenza della variazione del rendimento del tubo di aspirazione e dell'attrito delle pale.

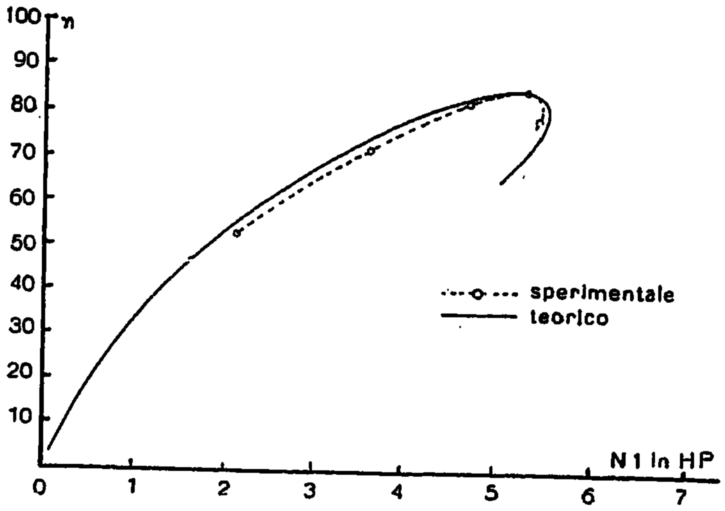



Fig. 5. - Caratteristiche di una girante tipo elica (5 pale, mozzo 40% del diametro della ruota). Curva sperimentale e curva calcolata.

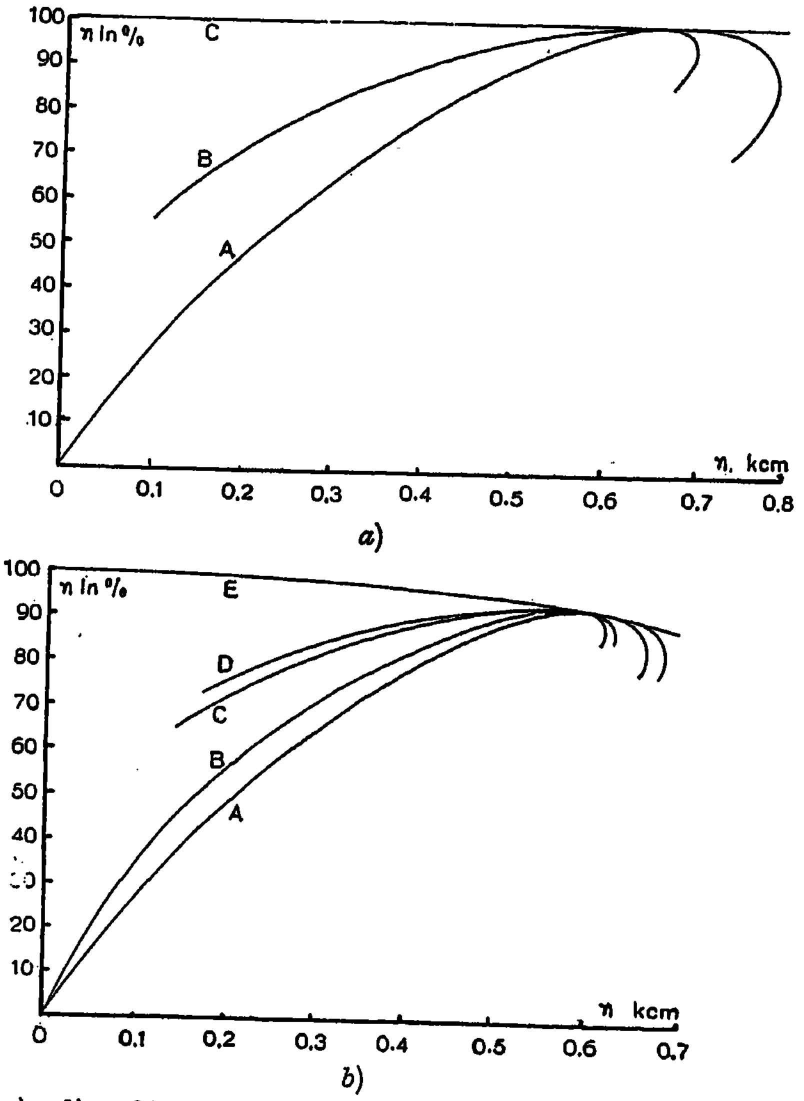



Fig. 6 *a*) e *b*). - Girante elica. Curve $\eta = f\ (N)$ senza perdite d'attrito; influenza del tubo d'aspirazione.

*a*) $\eta_{sm} = 1{,}0$ $A$: $\eta_{su} = 0$ $B$: $\eta_{su} = 0{,}8$ $C$: $\eta_{su} = 1{,}0$.

*b*) $\eta_{sm} = 0{,}8$ $A$: $\eta_{su} = 0$ $B$: $\eta_{su} = 0{,}5$ $C$: $\eta_{su} = 0{,}8$ $D$: $\eta_{su} = 0{,}85$ $E$: $\eta_{su} = 1{,}0$.

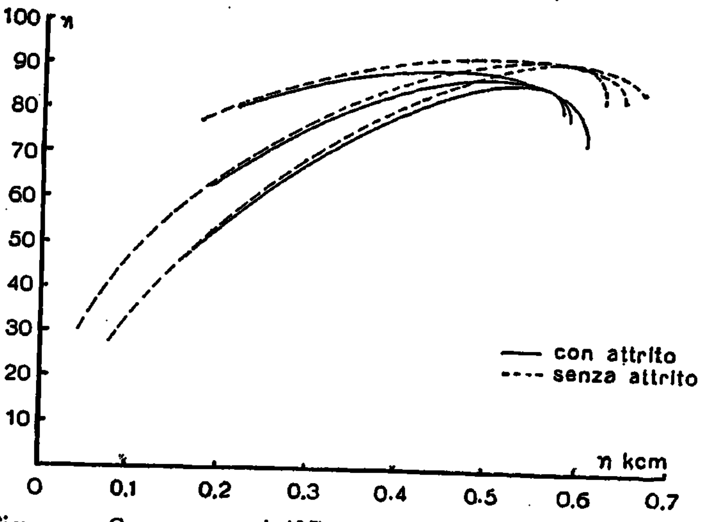



Fig. 7. - Curve $\eta = f\ (N)$ con e senza perdite d'attrito.

$k_u = 1{,}5$ $\eta_{sm} = 0{,}8$ $\eta_{su} = 0;\ 0{,}5;\ 0{,}8$.

Le caratteristiche delle ruote Kaplan a pale variabili sono

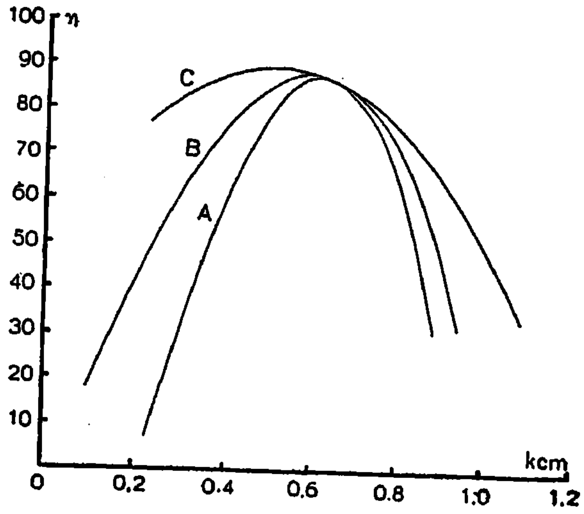



Fig. 8. - Rendimento in funzione della portata con perdite d'attrito. Ruota tipo elica.

$k_u = 1{,}5$ $\eta_{sm} = 0{,}8$ $\eta_{su} = 0;\ 0{,}5;\ 0{,}8$.

le inviluppanti delle caratteristiche di tutte le possibili posizioni delle pale, determinate ogni volta dall'angolo $\alpha$. La fig. 9 è un diagramma ottenuto teoricamente, in base al metodo sovraesposto, mentre la fig. 10 è il risultato di una prova al freno di un modello di ruota Kaplan.

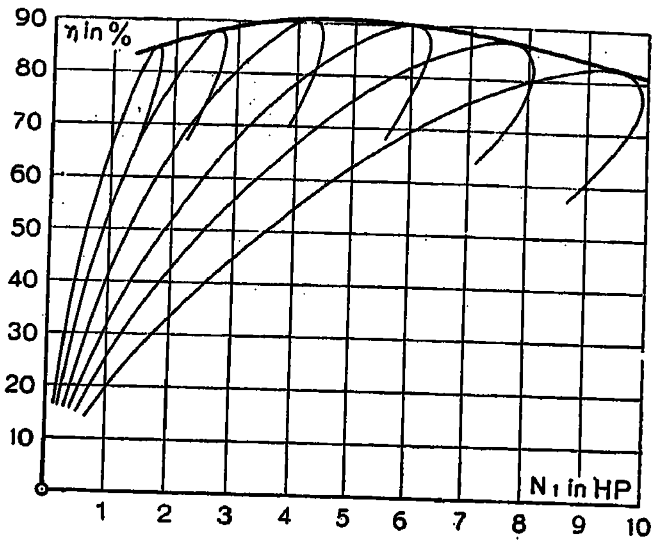



Fig. 9. - Girante tipo Kaplan. Curva calcolata con riguardo alle perdite d'attrito $\eta = f\ (N_1)$.

Come in fig. 5, anche nei due ultimi diagrammi è evidente il giuoco delle perdite causate dal movimento rotatorio rimanente all'uscita dalla ruota a carico parziale o a sovraccarico,

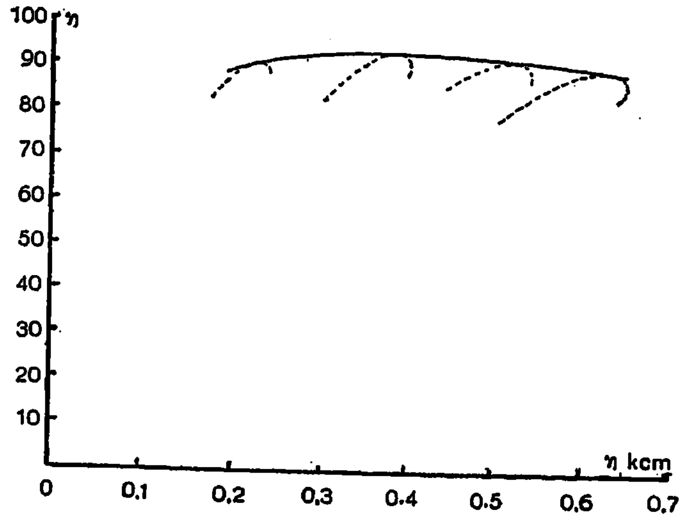



Fig. 10. - Esempio d'una caratteristica Kaplan ottenuta sperimentalmente.

quando essa funzioni come elica a pale fisse, e non come Kaplan. La ruota Kaplan usufruisce infatti della possibilità di impennare le pale in modo tale, che le perdite totali siano un minimo

## PARTE SECONDA (1)

### La ruota assiale con apparato distributore a palette fisse (fig. 11).

Questo tipo di turbina di concetto modernissimo, offre il vantaggio di una riduzione considerevole del costo della macchina e per di più di una maggiore compattezza della costruzione, a cui si accoppia, in molti casi, una diminuzione della superficie occupata, cioè dell'edificio della centrale. La fig. 12 dà un'idea del sovraesposto, mentre sull'economia generale del soggetto, l'ing. Gerber ha svolto attualmente uno studio esauriente (2).

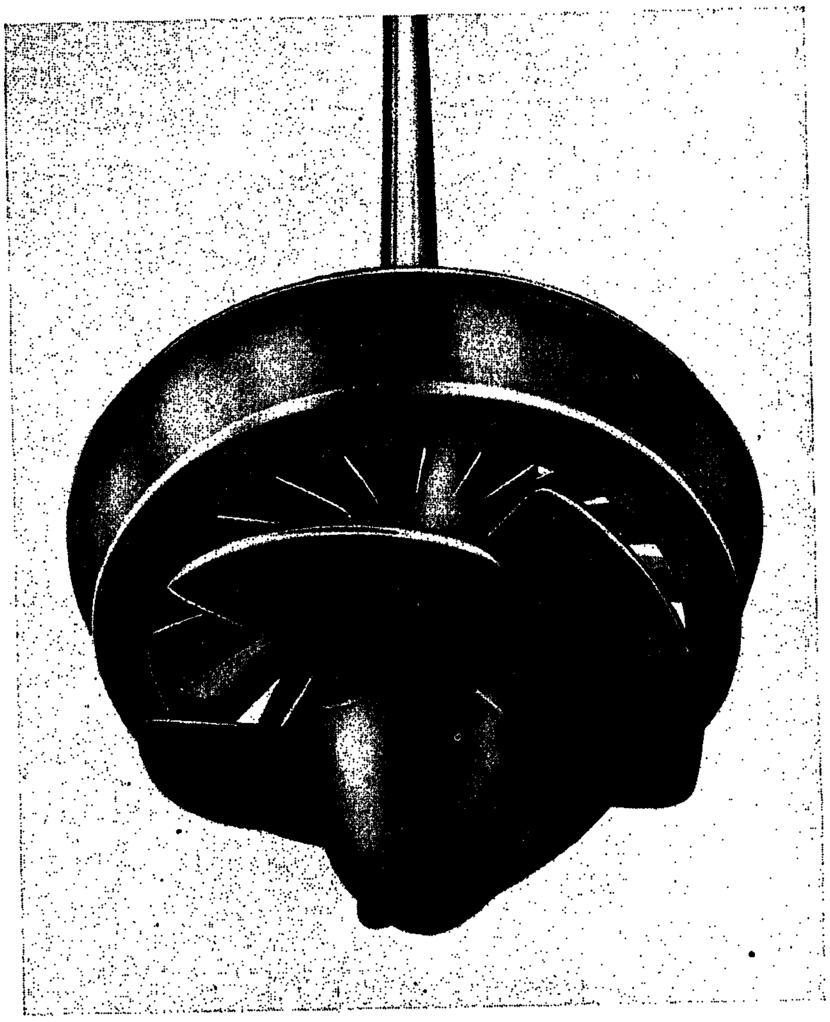


Fig. 11. - Ruota Kaplan con apparato distributore fisso.

Naturalmente l'apprezzabile semplificazione della turbina fa sorgere dei dubbi circa il suo comportamento idraulico, e precisamente circa il rendimento. Ora il metodo svolto nella parte prima fa sperare in una proficua applicazione anche nel presente caso, spettando quindi alla teoria l'importante compito di provvedere un risultato pratico. Per fortunata combinazione, si dimostra che il calcolo per le ruote assiali specificamente veloci con apparato distributore fisso, si sviluppa in modo essenzialmente più semplice che nel caso delle comuni ruote ad elica.

Riprendendo l'equazione fondamentale (3)

$$H = \frac{\Delta p}{\gamma} + \frac{c_{u1}^2}{2g} - \eta_{su} \frac{c^2_{u2}}{2g} + (1 - \eta_{su}) \frac{c^2_m}{2g}$$

possiamo introdurre al posto della caduta di pressione $\frac{\Delta}{\gamma}$, le rispettive velocità relative all'entrata e all'uscita della ruota:

$$H = \frac{w_2^2 - w_1^2}{2g} + \frac{c^2_{u1}}{2g} - \eta_{su} \frac{c^2_{u2}}{2g} + (1 - \eta_{su}) \frac{c^2_m}{2g} \quad (14)$$

in cui appaiono, come grandezze sconosciute $w_2$ e $c_{u2}$, mentre tutte le altre possono esser facilmente stabilite in base ai dati di costruzione. Dal diagramma delle velocità (fig. 3) si ricava:

$$w_2^2 - w_1^2 = (u - c_{u1} + \Delta c_u)^2 - (u - c_{u1})^2 \quad c_u^2 = (\Delta c_u - c_{u1})^2$$

L'equazione fondamentale (3$a$) si trova così ridotta coll'unica variabile sconosciuta $\Delta c_u$, per cui, dopo alcune semplificazioni e scrivendo in forma di coefficienti si ottiene:

$$1 = (1 - \eta_{su}) k^2_{\Delta cu} + 2 \left[k_u - (1 - \eta_{su}) k_{cu1}\right] k_{\Delta cu} +$$

$$+ \left[(1 - \eta_{ms}) k^2_{cm} + (1 - \eta_{su}) k^2_{cu1}\right] \quad (15)$$

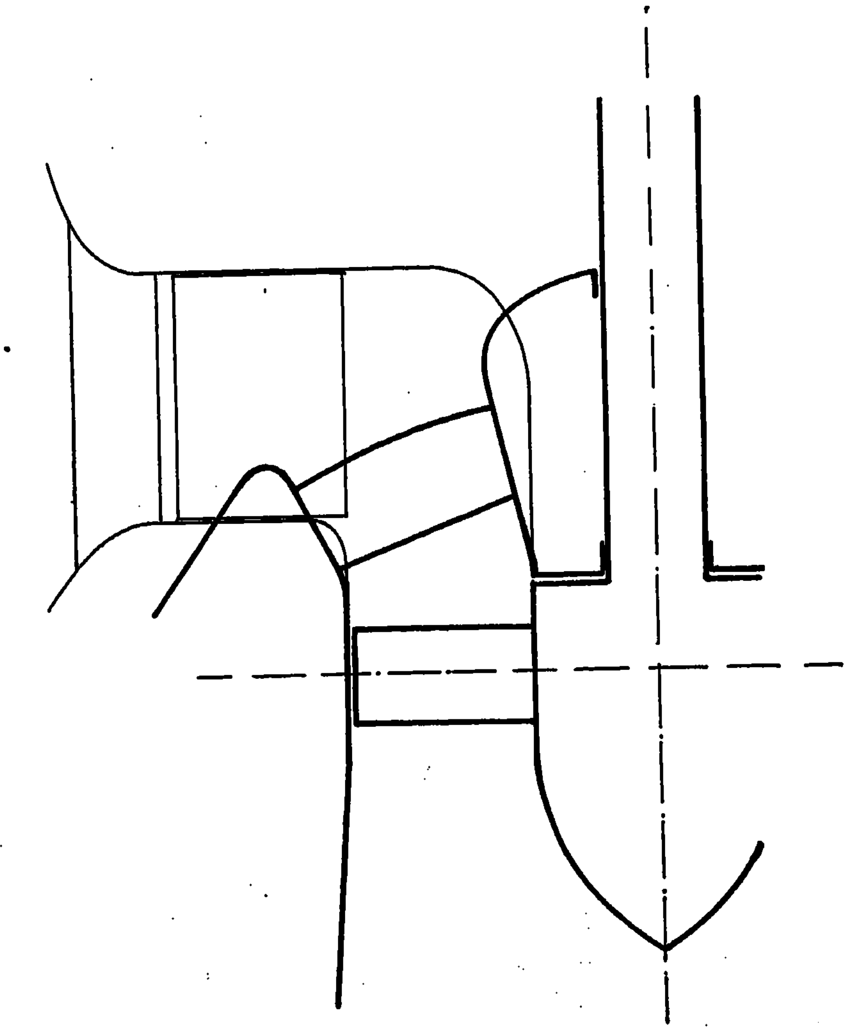


Fig. 12. - Confronto dell'apparato distributore fisso con quello normale a palette mobili

Se si immagina l'equazione (15) divisa per $k_{cm}$, il quoziente $\frac{k_{cu1}}{k_{cm1}}$ = costante, rappresenta la condizione dell' apparato distributore fisso. Questo infatti imprime alla corrente un moto a direzione assoluta costante. L'equazione ricavata è soddisfatta da due radici, di cui il calcolo ne ammette una sola, essendo l'altra praticamente inverosimile ed inattuabile. Così il problema senza tener conto dell'attrito delle pale è già risolto, poichè, conosciuti i dati di calcolo ed assumendo dei coefficienti di rendimento del tubo d'aspirazione $\eta_{cu}$ ed $\eta_{sm}$ praticamente possibili, il moto assoluto dell'acqua subisce, passando la ruota, quella deviazione $\Delta c_u$, che l'equazione (15) determina esattamente. D'altro canto, affinchè la deviazione $\Delta c_u$ possa esser prodotta, è necessaria una determinata inclinazione delle pale dell'elica, la quale può esser determinata in senso inverso, secondo quanto fu esposto a pagina 16 (2ª colonna).

$$\Delta c_u = \frac{w_\infty}{2} \frac{l}{t} \left(c_a - \frac{c_w}{tg\, \beta_\infty}\right) \quad (8)$$

Supponendo conosciuta la polare del profilo, a ciascuna coppia di valori $c_a$ e $c_w$ corrisponde un determinato angolo d'incidenza $\delta$. L'equazione (8) permette di determinare il coefficiente $c_a$, mentre il coefficiente $c_w$ per ogni profilo può esser facilmente valutato in precedenza, secondo quanto fu esposto

(1) De Tomasi: *Escher Wyss Mitteilungen.* 1931. N. 2-3, pag. 92.
(2) Gerber: *Escher Wyss Mitteilungen.* 1931. N. 2-3, pag. 86.

a pagina 15 (1ª colonna). Calcolato così $c_a$, la polare fornirà dunque l'angolo d'incidenza $\delta$, da cui l'inclinazione $\alpha$ della pala, per mezzo della relazione

$$\beta_\infty - \delta = \alpha .$$

Il rendimento della turbina finalmente può esser determinato in base alle perdite derivanti dall'incompleta trasformazione dell'energia nella corrente meridionale e tangenziale del tubo d'aspirazione e dall'attrito delle pale.

Possiamo scrivere:

$$1 - \eta_{tot} = (1 - \eta_{sm})\, k^2_{cm} + (1 - \eta_{su})\, k^2_{cu_2} + \left(1 - \frac{1}{1 - \dfrac{\operatorname{tg}\lambda}{\sin(\beta_\infty - \lambda)} \cdot \dfrac{w_\infty}{u}}\right) \qquad (16)$$

in cui $\operatorname{tg}\lambda = \dfrac{c_w}{c_a}$ è il quoziente dei coefficienti del profilo.

Il calcolo va eseguito per diverse quantità d'acqua, cui corrispondono determinati valori $k_{cm}$, stabiliti dalle dimensioni della ruota. L'equazione (15) fornisce un valore $k_{\Delta cu}$, che permette la costruzione dei diagrammi, da cui si ricavano le velocità $w_\infty$ e i corrispondenti angoli $\beta_\infty$. L'equazione (8) permette di calcolare i rispettivi coefficienti $c_a$ e l'equazione (16) i relativi rendimenti $\eta_{tot}$. Il risultato di una tale operazione è rappresentato nel diagramma della fig. 13. Il calcolo fu eseguito per una sezione cilindrica fatta con un raggio medio di 0,9 del raggio estremo della ruota, per tener calcolo della diversità delle perdite nelle varie sezioni cilindriche (1) ammettendo $\eta_{sm} = 0{,}75$ ed $\eta_{su} = 0$, cifre dedotte da precedenti esperienze. La fig. 13 mostra una concordanza tra calcolo ed esperienza degna di nota.

Il campo d'applicazione dei metodi descritti non sta tanto nel determinare il valore assoluto del rendimento della ruota, quanto nel ricavarne uno sguardo generale sulla vicendevole influenza delle diverse grandezze determinanti, quali la forma delle pale, l'angolo d'incidenza, l'attrito e il rendimento del tubo d'aspirazione, sulla potenza, sulla quantità d'acqua assorbita e sul rendimento totale.

Un vantaggio dei metodi descritti consiste nella possibilità di studiare più dettagliatamente l'importante problema della rivalutazione dei risultati di un modello ridotto a quelli di

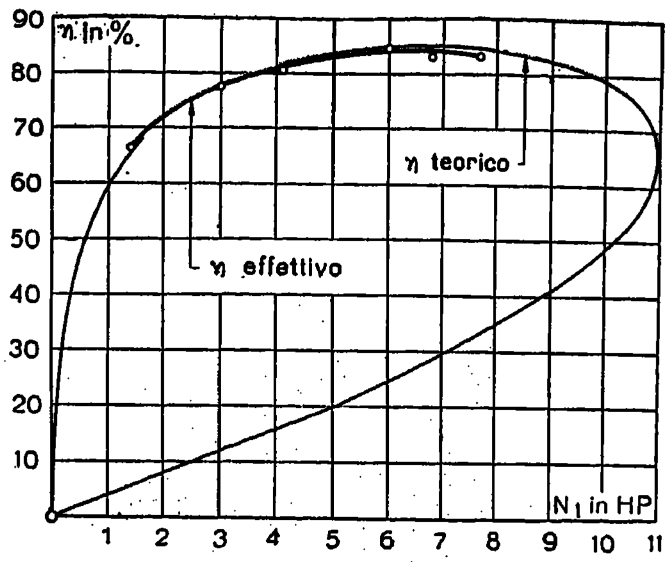



Fig. 13. - Caratteristiche della ruota Kaplan con apparato distributore fisso.

una grande ruota eseguita, poichè notoriamente il numero di Reynold varia con l'assoluta grandezza della turbina e la variazione del numero di Reynold sta in relazione coi coefficienti $c_a$ e $c_w$, cioè con la spinta di sotto in sù e con la resistenza del profilo.

Il grande numero di variabili che generalmente si presentano nello studio delle turbine idrauliche, causa inevitabilmente una complicazione dello sviluppo del calcolo. Si cercò quindi di rendere quasi pedantemente ogni singolo passaggio per evitare lacune, insormontabili in seguito per il lettore non continuamente a contatto col meccanismo di questi calcoli.

A questo punto vorrei ricordare il nome del Prof. Dott. Ing. J. Ackeret, attuale professore d'aerodinamica al Politecnico federale di Zurigo, che di queste ricerche fu animatore e frequentemente consigliere felice. Alla Direzione delle fabbriche De Pretto-Escher-Wyss, l'espressione della mia gratitudine, per avermi gentilmente messo a disposizione e concesso la pubblicazione di alcune esperienze del proprio laboratorio.

ING. GIULIO DE TOMASI.

(1) Calcoli in via d'attuazione hanno mostrato che anche questa semplificazione può essere tralasciata senza eccessive complicazioni. Naturalmente in questo caso il calcolo deve comprendere i vortici periferici abbandonanti la ruota.

PROF. DOTT. ING. GIORGIO KEINATH

# I più recenti dispositivi per la misura delle altissime tensioni alternate

INTRODUZIONE.

Nel dicembre del 1930 abbiamo già avuto occasione di riferire ai lettori de *L'Energia Elettrica* sugli sviluppi dei riduttori di corrente (1). A complemento di quanto allora pubblicato esporremo nel presente articolo alcune informazioni sulla misura delle altissime tensioni, misura che, all'opposto di quanto avviene per quella delle correnti, non si fa solo attraverso riduttori, ma anche per mezzo di altri dispositivi. La diffusione maggiore è nondimeno raggiunta anche in questo caso dai trasformatori di misura e pertanto prima di ogni altra cosa parleremo del loro sviluppo, in modo analogo a quanto è stato fatto per i riduttori di corrente.

I riduttori di tensione hanno cominciato ad essere usati all'incirca alla stessa epoca dei trasformatori di corrente e cioè intorno al 1900. Le loro caratteristiche costruttive sono molto simili a quelle dei trasformatori di potenza, con l'avvertenza però che si cerca di ridurne al minino le dimensioni, al fine di ottenere dei costi di fabbricazione il più possibile bassi. Per molti anni non si è dato importanza al fatto che nei trasformatori di tensione le perdite nel rame, e per conseguenza il calore prodotto, sono minime, così che sarebbe stato possibile, approfittando di questo fatto, migliorare l'isolamento dell'avvolgimento ad alta tensione.

Fino a pochi anni fa i tipi costruttivi del trasformatore di tensione differivano pochissimo da una ditta all'altra, al contrario di quanto avviene per i riduttori di corrente; il tipo adottato era quasi esclusivamente quello a marmitta con due isolatori passanti. Solo negli ultimi anni è avvenuto un cambiamento, dovuto in gran parte allo sviluppo delle reti per altissime tensioni, all'introduzione della protezione selettiva e alle maggiori esigenze in fatto di sicurezza.

Al contrario di quanto è avvenuto per i trasformatori di corrente, nella costruzione dei primi riduttori di tensione non si sono incontrate notevoli difficoltà nei riguardi della precisione. Senza approfondire la teoria di questi apparecchi, è stato possibile ottenere la trasformazione dalle altissime alle basse tensioni con una precisione di circa l'1 % e ciò tanto più facilmente in quanto la prestazione richiesta nei primi anni era relativamente modesta; infatti allora i riduttori di tensione servivano solo all'alimentazione delle bobine voltmetriche dei contatori e dei voltmetri, ma non a quella dei moderni dispositivi di protezione, come relais a resistenza o a impedenza, le bobine voltmetriche dei quali richiedono spesso una prestazione da 60 a 100 VA alla intera tensione nominale e ciò in rapporto all'alta sensibilità nel caso di corto circuito.

(1) PROF. DOTT. ING. GIORGIO KEINATH: « I più recenti progressi nei riduttori di corrente » (*L'Energia Elettrica*, dicembre 1930, pag. 1033).

I più recenti sviluppi tendono prima di tutto e quasi esclusivamente al miglioramento della sicurezza e all'ottenimento di costruzioni più economiche per altissime tensioni (fino a 220 kV), per le quali il tipo normale a marmitta conduceva a pesi assolutamente troppo alti. In America i riduttori sono ancor oggi costruiti secondo tipi che la tecnica europea considera ormai sorpassati. Una pubblicazione della Westinghouse Co. (1) illustra per esempio un gruppo di 3 trasformatori combinati di corrente e di tensione per 220 kV, i quali raggiungono insieme (per le tre fasi) un peso di ben 189 tonnellate.

Le moderne tendenze sopra accennate hanno condotto in questi ultimi anni ad ottenere per i riduttori di tensione una serie di costruzioni assolutamente originali, che soddisfano a tutte le esigenze nei riguardi della sicurezza e dell'economia e il cui peso arriva solo a un decimo e anche meno di quello dei più recenti tipi americani.

PRECISIONE.

Quasi tutti i paesi che hanno pubblicato fin qui Norme per i trasformatori di tensione hanno stabilito due classi per quanto riguarda la precisione e cioè rispettivamente con errori di rapporto ammissibili del 0,5 %, rispettivamente 1 %, e di circa 20, rispettivamente 40 minuti di angolo di errore. Esistono invece differenze per quanto riguarda i limiti di tensione entro i quali sono valevoli le tolleranze sopra indicate.

L'Inghilterra per es. richiede solo che i suindicati errori non vengano sorpassati con la tensione nominale e con un fattore di potenza uguale ad 1 del carico al secondario; la Commissione Elettrotecnica Internazionale ha stabilito che i limiti di errore devano avere validità per una oscillazione della tensione nominale pari a $\pm$ 20 % e per un fattore di potenza pari a 0,8 sul circuito secondario del riduttore. In questo modo la prova dei singoli trasformatori viene considerevolmente semplificata; naturalmente per le prove di tipo di una nuova costruzione si devono invece costruire sempre anche le curve di errore per diversi fattori di potenza del carico al secondario, e ciò perchè, in causa della dispersione, possono aversi differenze sproporzionatamente grandi nelle diverse costruzioni. L'ampio limite di validità del $\pm$ 20 % è stato scelto allo scopo che pochi trasformatori potessero servire per un vasto campo di tensioni. Ciò rientra del resto tanto nell'interesse del costruttore che in quello dell'esercente, poichè entrambi desiderano avere il minor numero possibile di tipi. In base a questa regola lo stesso riduttore di tensione può essere usato in una rete sia al punto di produzione sia presso l'ultimo utente con gli stessi limiti di errore (figg. 1 *a*) e 1 *b*)).

(1) *The Electric Journal*, gennaio 1931.

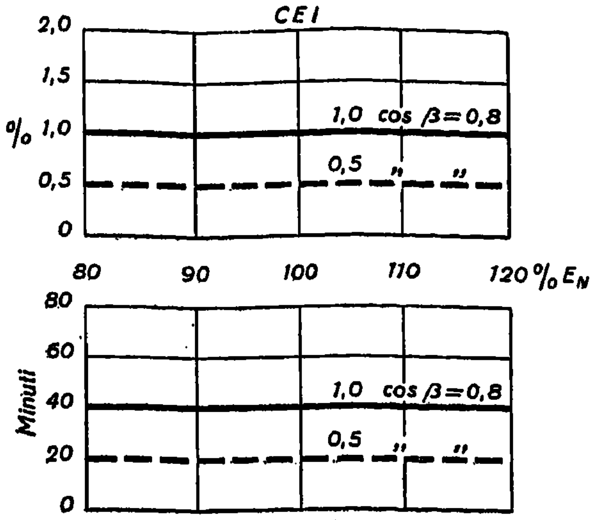



Fig. 1 *a*). - Limiti di errore per riduttori di tensione delle classi 0,5 e 1,0, stabiliti dalla Commissione Elettrotecnica Internazionale.

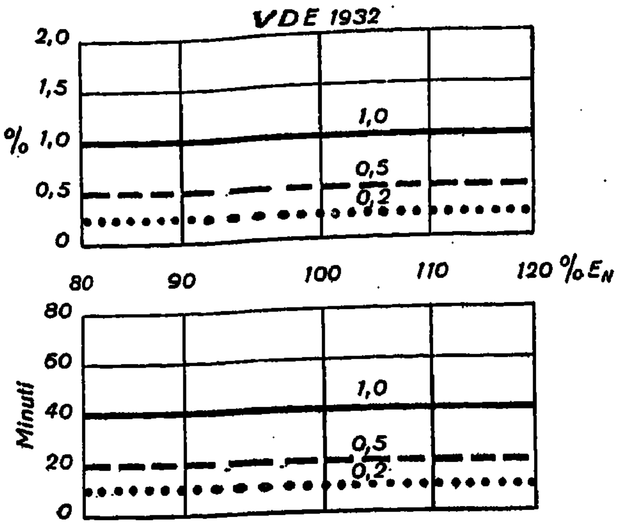



Fig. 1 *b*). - Limiti di errore per riduttori di tensione delle classi 0,2, 0,5 e 1,0, stabiliti dal V.D.E. (Nuove Norme 1932).

La Svezia ha invece stabilito dei limiti di errore molto diversi e ciò in base a principî assai giusti ma che hanno tuttavia condotto a una notevole complicazione nello stabilire gli errori. L'angolo di errore ammissibile è cioè fatto dipendere dall'effettivo errore di tensione e dal proprio segno. La fig. 2 rappresenta sotto forma di diagramma le prescrizioni svedesi.

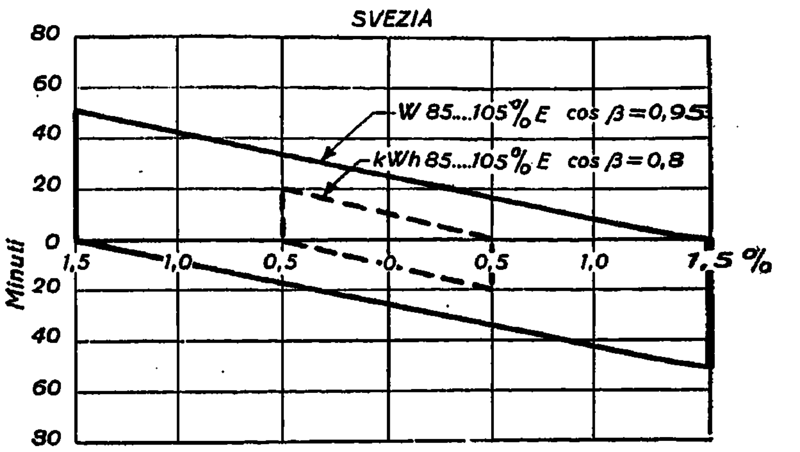



Fig. 2. - Limiti di errore dei riduttori di tensione secondo le prescrizioni svedesi.

Per es. nella curva punteggiata, se l'errore di tensione è del — 0,5%, l'angolo di errore può ammontare fino a + 20 minuti; con un errore di tensione di ± 0 % invece l'angolo di errore può ammontare solo a + 10 minuti. Secondo noi queste prescrizioni sono assolutamente troppo complicate; nei casi nei quali, in causa del piccolissimo fattore di potenza della rete, è importante

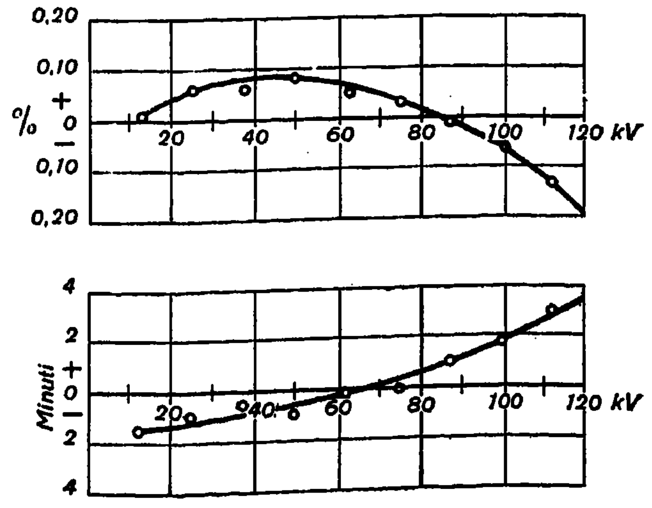



Fig. 3. - Curve di errore di un riduttore di tensione di tipo normale per 120 kV max (Siemens e Halske).

che il riduttore di tensione abbia un angolo d'errore assai piccolo, la tecnica moderna è d'altronde oggi in caso di fornire come costruzione speciale riduttori di tensione per qualunque precisione con errori di tensione di ± 0,1 % e angoli di errore di al massimo 2 a 5 minuti. In fig. 3 è riprodotta la curva di errore di un riduttore di tensione di tipo normale costruito dalla Siemens e Halske e rappresentato in fig. 4; fra 10 e 100 kV questo riduttore non dà errori maggiori di ± 0,1 % e rispettivamente ± 2 minuti. Questo tipo serve come campione per la prova dei riduttori di esercizio.

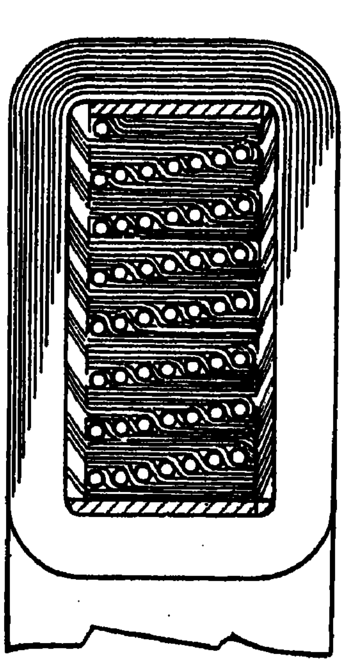


Fig. 4. - Bobina d'entrata di un riduttore di tensione (sezione).

Come per i riduttori di corrente, la Commissione Elettrotecnica Internazionale ha stabilito che le classi dei trasformatori di tensione vengano contraddistinte con cifre; si hanno così le classi 0,5 e 1. Il V.D.E. ha inoltre la classe 0,2, con un errore di tensione ammissibile di ± 0,2% e con un angolo di errore di ± 10 minuti; tale classe comprende i riduttori di precisione per usi di laboratorio.

### Prestazione al secondario.

Per i riduttori di tensione si prescrive in generale che i limiti di precisione stabiliti vengano osservati per una prestazione al secondario di almeno 30 VA; spesso però si richiedono anche 60 VA. Nei riduttori per altissime tensioni nominali, che sono impiegati come riduttori di tensione sulle sbarre per l'alimentazione di dispositivi di protezione selettivi e le cui bobine voltmetriche, come detto sopra, richiedono una corrente forte, si va fino a 300 VA.

D'altra parte per i riduttori di tensione che servono solo al collegamento di contatori o anche all'alimentazione di un voltmetro o di un wattmetro, basta una prestazione di 15 VA; in casi speciali, nei quali si richiede sopratutto un'alta precisione o nei quali le forti prestazioni condurrebbero a un aumento sensibile nel costo del riduttore, ci si limita anche a 5 VA. Di solito si riferisce sempre la prestazione alla tensione nominale del riduttore; aumentando questa del 20 %, entro il qual limite per quanto si è detto sopra i limiti di errore devono essere mantenuti, la prestazione aumenta dunque del 44 %. Non è ammesso di aumentare all'atto della prova la resistenza del carico al secondario al fine di avere anche con la tensione aumentata la stessa prestazione. Per riduttori che vanno inseriti fra conduttore e terra, vale sempre come tensione nominale la

$$\frac{\text{tensione concatenata}}{\sqrt{3}}.$$

Anche la prestazione e la precisione devono essere date per questa tensione, e mai per la tensione concatenata, nel qual caso si arriverebbe a un valore triplo della prestazione.

Al contrario di quanto avviene per i riduttori di corrente, la sicurezza di un riduttore di tensione non viene diminuita, per lo stesso tipo costruttivo, quando si richieda una maggiore prestazione, nel qual caso solo il prezzo viene aumentato. Molto spesso si commette l'errore di richiedere che la prestazione necessaria per l'alimentazione dei relais in caso di guasto deva essere fornita dal riduttore con un errore non superiore a quello tollerabile per le misure, perchè non si tien conto che un riduttore di tensione può sopportare senza pericolo per breve tempo una corrente pari a 5 volte la normale, e che allora l'errore non oltrepassa il quintuplo e cioè $5 \times 0,5 = 2,5\%$ e rispetti-

vamente 5×20 = 100 minuti. Con tensioni fino a 50 kV e più è possibile soddisfare economicamente a tutte le richieste per quanto riguarda la prestazione e la precisione, e ciò anche nel caso che si tratti di riduttori di tipo speciale, i quali non sono da considerare come trasformatori veri e propri, come per es. nel caso di bobine di reattanza con avvolgimento secondario ecc.

TENSIONE DI PROVA.

Per quanto riguarda le *tensioni di esercizio* è stata stabilita una serie internazionale di tensioni normali (1); al contrario, come del resto anche per i riduttori di corrente, non esiste nessuna prescrizione internazionale per quanto riguarda la *tensione di prova*. È evidente che aumentando la tensione di prova, anche il costo del riduttore di tensione aumenta, e ciò fin che ci si attenga allo stesso tipo di costruzione. Le curve rappresentate in fig. 4 dell'articolo citato sui riduttori di corrente (2), e che danno i prezzi relativi dei riduttori di corrente in funzione della tensione di prova, valgono approssimativamente anche per riduttori di tensione; una maggior severità nelle prescrizioni significa dunque un aumento di prezzo dell'apparecchio.

Per quanto riguarda il valore che deve avere la tensione di prova rileviamo quanto segue: i primi riduttori di tensione, installati fino intorno all'anno 1910 negli impianti elettrici, costituivano certamente uno dei punti più deboli dell'impianto, inquantochè la loro sicurezza contro i corti circuiti negli avvolgimenti e contro la perforazione era certamente assai modesta, secondo le vedute moderne. Essi venivano perciò quasi sempre protetti con valvole o anche con resistenze a monte che limitassero la corrente nel caso di un corto circuito nell'interno del riduttore. Le valvole costituiscono però per proprio conto un'altra fonte di disturbi. La corrente assorbita normalmente da un riduttore di tensione è così limitata (solo pochi milliampère) che anche quando essa aumenti fino al doppio o al triplo del proprio valore non può fondere nessun filo, anche quando il diametro di questo comporti solo alcuni centesimi di millimetro. La valvola può fondere solo quando la corrente è arrivata a circa 1 Ampère e il riduttore di tensione è già danneggiato. Essa deve però in ogni caso essere provvista di un filo sottilissimo e a malgrado di una costruzione accurata si producono sempre molti disturbi perchè le valvole, anche senza che esista un guasto nel riduttore di tensione, possono interrompere il circuito polverizzandosi in seguito a fenomeni d'effluvio. Allo scopo di potere usare fili più grossi si sono studiati anche dispositivi nei quali, grazie a un trasformatore ausiliario, la corrente per la valvola viene portata a un valore normale, e cioè di almeno 0,5 Ampère. L'A. non conosce però altri dispositivi soddisfacenti di questo genere all'infuori di quelli studiati dalla Brown Boveri. In conseguenza della fusione di una valvola, i contatori segnano molto meno del vero, senza che sia possibile accorgersi della causa di questo comportamento, in modo che poi si hanno noiose contestazioni con gli utenti. Inoltre le valvole, quando non costituiscano per sè stesse un nuovo pericolo (potendosi formare degli archi quando esse fondono in corto circuito), occupano molto spazio e pertanto sono causa di un maggior costo dell'impianto.

La pratica moderna tende perciò ad aumentare in modo notevolissimo la sicurezza dei riduttori di tensione, mettendo in disparte sempre più l'impiego delle valvole; a produrre solo riduttori di ottima costruzione e senza dispositivi di protezione, limitandosi a una valvola sul secondario per la protezione contro eventuali corti circuiti esterni dovuti a errori di inserzione.

Per il riduttore di tensione si eseguiscono due prove caratteristiche e cioè: la prova dell'isolamento tra spira e spira e la prova dell'isolamento fra l'avvolgimento ad alta tensione e quello a bassa tensione. La prima ha lo scopo di scoprire i corti circuiti interni fra le spire e la seconda di verificare la sicurezza dell'isolamento dell'intero riduttore nel caso di sovratensioni. Nella prova fra spira e spira il riduttore viene posto sotto tensione dal lato ad alta o a bassa tensione a una frequenza maggiore della normale; la tensione di prova, secondo le norme del V.D.E., è uguale a 2,5 volte la tensione nominale per tensioni di esercizio fino a 30 kV e a 2 volte la tensione nominale per tensioni di esercizio maggiori. La durata della prova è di solito di 5 minuti.

Al contrario di quanto avviene per la prova fra spira e spira, la prova degli avvolgimenti fra l'avvolgimento ad alta e bassa tensione viene fatta per la durata di un minuto e a frequenza normale, in quanto il riduttore possieda due morsetti isolati ad alta tensione. Il *valore della tensione di prova* è molto diverso da paese a paese. In Germania si tende, come è stato accennato più sopra, ad eliminare le valvole sui riduttori di tensione, a dare ai riduttori di tensione la stessa sicurezza dal punto di vista elettrico degli altri apparecchi ad alta tensione, e si prescrive per la tensione di prova dei trasformatori di tensione la stessa severa formula che per i riduttori di corrente, e cioè la formula $2,2\ U+20$ kV; un riduttore di tensione destinato al collegamento di condutture per una tensione di esercizio di 10 kV viene così provato a 42 kV. Gli altri Paesi fanno in genere la prova a una tensione soltanto doppia di quella di esercizio. Molto diffusa è sin qui la formula $2\ U+1$, secondo la quale il riduttore per 10 kV di esercizio viene provato a 21 kV.

I tecnici che conoscono la costruzione dei riduttori di tensione sanno certamente che è impossibile ottenere per questi lo stesso spessore dell'isolamento che nei trasformatori di potenza, e ciò non soltanto per quanto riguarda l'isolamento fra avvolgimento primario e secondario, ma sopratutto nei riguardi dell'isolamento fra le spire e dell'isolamento delle spire di entrata. Il trasformatore di tensione, quando non si voglia ricorrere a soluzioni inammissibili dal punto di vista economico, deve avere dei fili molto più sottili del trasformatore di potenza, fili che inoltre hanno un isolamento di spessore assai minore. Malgrado questa apparente sproporzione nell'isolamento si può dire, basandosi sull'esperienza di molti anni, che effettivamente anche coll'impiego delle basse tensioni di prova fin qui abituali, il numero dei guasti sui riduttori di tensione in confronto del numero dei guasti sui trasformatori di potenza è bensì molto grande, ma però si mantiene nello stesso ordine di grandezza, riguardando molto meno dell' 1 % dei trasformatori costruiti. Non è noto precisamente quale sia la causa di questo favorevole comportamento, ma è accertato che esso sussiste. Già da circa 10 anni il V.D.E. aveva stabilito per la tensione di prova dei riduttori di tensione la formula $1,75\ U+15$ kV, secondo la quale il riduttore per 10 kV di esercizio veniva provato a 32,5 kV. Con ciò il numero dei guasti è già notevolmente diminuito. Se ora per lo stesso riduttore si aumenta la tensione di prova a 42 kV, la sicurezza appare aumentata di tanto da giustificare l'eliminazione delle valvole, poco economiche e per lo più poco soddisfacenti, e l'inserzione diretta del riduttore nel circuito. Nei casi nei quali siano da temere danni secondari prodotti dall'incendio dell'olio o della massa di riempimento, o produzione di fumo nel locale, si può oggi ricorrere, per tensioni d'esercizio fino a 30 kV, e persino fino a 100 kV, al riduttore di corrente a secco, che è costituito solo da ferro, rame, porcellana e dal necessario isolamento delle spire e che non può cagionare, nel caso di guasto, alcun danno secondario.

Dobbiamo qui specificare chiaramente che secondo noi la prova di tensione da poco tempo in uso per il riduttore di tensione, non costituisce da sola una misura sufficiente per la sicurezza di esercizio di questo. La sicurezza deve cercarsi principalmente in una sana tecnica costruttiva e nell'adozione

(1) *L'Energia Elettrica*, Dicembre 1930, pag. 1035.
(2) *L'Energia Elettrica*, Dicembre 1930, pag. 1036.

di quei principii che ogni costruttore di sufficiente esperienza ben conosce. Fra questi ricordiamo la conoscenza dei fenomeni nel dielettrico, che possono essere noti solo con la misura molto accurata delle perdite dielettriche o con una prova di durata molto severa a tensione aumentata. L'A. per es. già da 5 anni ha stabilito, per i riduttori di corrente e di tensione costruiti dalla ditta Siemens & Halske, che ogni modello, per qualunque tensione, prima di essere ammesso alla fabbricazione deve resistere in laboratorio all'intera tensione di prova non soltanto per 1 o rispettivamente 5 minuti, ma per ben 8 ore. Per un riduttore di tensione questa prova è straordinariamente severa, perchè con l'aumento della frequenza anche le perdite aumentano assai considerevolmente. Con queste prove si rivelano tutti i punti deboli della costruzione, mentre il maggior costo della costruzione è compensato dal piccolo scarto di fabbricazione e dalla mancanza quasi assoluta di guasti durante l'esercizio.

TIPO DELL'ISOLAMENTO: OLIO - MASSA ISOLANTE - PORCELLANA.

I primi riduttori di tensione per tensioni fino a 3 o 6 kV con tensioni di prova fino a 10 kV, erano isolati a secco. Le bobine, dopo l'avvolgimento, erano impregnate di una massa compound con alto punto di fusione. In un tipo della ditta Siemens & Halske, che risale a 30 anni or sono, gli avvolgimenti dei riduttori di corrente e di tensione erano collocati nelle scanalature di un corpo di porcellana e questo a sua volta era contenuto in un involucro pure di porcellana. Questo tipo costruttivo fu poi abbandonato per varie ragioni, principalmente in causa della fragilità della porcellana, che allora veniva usata in piccoli spessori (solo 3 mm), e venne sostituito da un altro tipo con il nucleo e l'avvolgimento posti entro una cassa di ferro, riempita con olio o con massa isolante. La massa isolante ha il vantaggio che l'isolamento non viene alterato col passare del tempo e che per un buon numero di anni il riduttore non richiede sorveglianza. Essa presenta però anche un grave svantaggio, perchè in causa della sua cattiva conducibilità termica e della sua immobilità non è possibile ottenere un buon disperdimento del calore che si produce nel ferro; ciò è dannoso sopratutto nel riduttore di tensione, perchè in esso sono appunto le perdite nel ferro che provocano le maggiori difficoltà. Il riempimento con massa è perciò in genere limitato a tensioni d'esercizio fino a 10÷15 kV, mentre per tensioni maggiori si adopera per lo più l'isolamento in olio.

Quando comparvero i primi interruttori per alta tensione senza olio, e ciò parecchi anni dopo che già si usavano riduttori di corrente senz'olio sotto forma di riduttori passanti o a foro trasversale, nacque anche il desiderio di costruire quadri di distribuzione completamente senz'olio, adoperando interruttori, riduttori di corrente e trasformatori di tensione tutti del tipo senz'olio. Gli scopi da raggiungere in questo campo sono chiarissimi: il committente desidera che il proprio quadro di distribuzione venga costruito completamente senz'olio, ed esige d'altronde le massime garanzie di sicurezza.

D'altra parte vien fatto di chiedersi se la richiesta per i riduttori di tensione di tipi senz'olio sia altrettanto giustificata quanto per gli interruttori o i riduttori di corrente. La risposta a tale questione è negativa. L'interruttore in olio è infatti un apparecchio nel quale, anche in esercizio normale, si producono degli archi entro un materiale infiammabile; il riduttore di corrente è un apparecchio che deve sopportare tutti gli eventuali sovraccarichi di corrente con conseguenti forti riscaldamenti, e che viene sottoposto anche a notevoli sollecitazioni dinamiche. Questo invece non avviene per il riduttore di tensione. Quando si possa disporre di un riduttore di tensione in olio di ottima costruzione, e che sia stato sottoposto a prove di tipo e individuali assai severe, in modo che un guasto possa ritenersi assolutamente improbabile, tale riduttore può anche impiegarsi senza preoccupazioni in un impianto nel quale si abbiano interruttori e riduttori di corrente senza olio. La decisione finale varia da caso a caso. Quando si tratti di locali di servizio di grandi impianti di produzione con tensioni fino a 30 kV, nei quali un'esplosione potrebbe produrre gravi inconvenienti nell'esercizio, bisognerà decidersi per i quadri senza alcun impiego di olio. Se invece si tratti di un impianto secondario o di una sottostazione all'aperto, non vi è alcuna controindicazione nella presenza di riduttori di tensione a riempimento d'olio, purchè siano di buona costruzione, accanto agli interruttori senz'olio a grande capacità di rottura.

Il riduttore di tensione senz'olio, in qualunque modo sia costruito, presenta, a parità di sicurezza, uno svantaggio fondamentale nel confronto del riduttore con riempimento d'olio: esso è cioè più caro, perchè il materiale attivo non si può in esso utilizzare così bene come nel riduttore in olio. La difficoltà maggiore proviene dalle perdite nel ferro. Col trasformatore in olio si può arrivare a un più alto limite di saturazione, perchè quivi la circolazione naturale dell'olio tende a uniformare la temperatura nei varii punti del riduttore; invece col trasformatore di tensione a secco l'unico mezzo di raffreddamento possibile è l'aria, il cui effetto è assai minore di quello dell'olio, avendo essa una conducibilità calorifica molto minore. Il riduttore di tensione senz'olio sarà pertanto sempre un « tipo di lusso », il cui prezzo supera del 50 % e anche più quello di un buon riduttore in olio. Dal punto di vista teorico nessuna obiezione si può fare al trasformatore di tensione senz'olio, e anzi la sua diffusione può essere raccomandata nell'interesse di una maggiore sicurezza.

RESISTENZA AGLI IMPULSI.

Il trasformatore di tensione, oltrechè all'effetto della tensione normale degli impianti, è soggetto anche alle sovratensioni che si producono sia durante le manovre di interruttori sia in causa di temporali. Queste sovratensioni si distinguono a seconda della loro altezza e a seconda dell'andamento della fronte d'onda. Quando si tratta di curve molto ripide, nel riduttore si producono tensioni molto alte, che conducono a scariche nell'interno delle spire degli avvolgimenti.

Gli impulsi sottopongono le varie parti dell'avvolgimento a sollecitazioni assolutamente non uniformi; le più sollecitate sono le spire all'inizio dell'avvolgimento. Speciale importanza a questo riguardo ha la ripidità della fronte d'onda, o in altre parole il tempo durante il quale avviene l'aumento della tensione di impulso. Le ricerche degli ultimi anni ci assicurano che la lunghezza della fronte solo in casi estremamente rari è inferiore a 3000 metri, dimodochè anche l'intera tensione d'impulso sarà ripartita su una lunghezza di 3000 metri di filo. In queste circostanze è perfettamente possibile costruire un avvolgimento che presenti una completa sicurezza agli impulsi; per contro ciò non è possibile nel caso di fronti d'onda di 300 o anche 30 metri di lunghezza. Impulsi di tale tipo non si producono si può dir mai in natura, ma sono esclusivamente creati nei laboratori. Tutti i Paesi, e anche la Commissione Elettrotecnica Internazionale, hanno rinunciato a prescrivere la prova agli impulsi per i riduttori di tensione, e ciò perchè l'esecuzione pratica di tale prova presenta serie difficoltà. Ci si accontenta quindi di prescrivere invece una prova degli avvolgimenti molto severa.

I tipi più recenti e migliori si costruiscono in modo che su circa il 3 % della lunghezza delle spire al principio e alla fine dell'avvolgimento il conduttore sia protetto in modo speciale con un isolamento in carta a più strati (fig. 4) oppure anche si costruisce un avvolgimento molto capacitivo e lo si avvolge in strati molto larghi, in modo da facilitare il passaggio degli impulsi alla terra. Il primo sistema, e cioè quello di isolare mag-

giormente le spire d'ingresso, non è assolutamente sicuro, poichè possono prodursi dei guasti nelle rimanenti parti del riduttore. Ma anche l'altro metodo, e cioè l'aumento della capacità, non è un rimedio completo, poichè con qualunque onda a fronte ripido è facile entrare in una risonanza pericolosa. L'impiego delle resistenze di protezione a monte dei riduttori di tensione è ormai quasi completamente abbandonato, poichè il loro valore è assai dubbio, proteggendo esse maggiormente le spire di ingresso, già assai ben isolate, che non la parte media del trasformatore. Per questa ragione si rinuncia a speciali dispositivi di protezione.

I fenomeni che avvengono nell'interno del riduttore di tensione non sono ancora sufficientemente chiariti, ed è perciò che si rende necessaria una stretta collaborazione del consumatore col produttore. È p. es. avvenuto spesso negli ultimi due anni che siano caduti dei fulmini in posizione assai prossima a riduttori di tensione non protetti, inseriti in cascata per la tensione di 100 kV, senza che nemmeno uno dei 50 riduttori ivi installati abbia subìto un qualunque danno, mentre in altri posti si sono avuti replicatamente guasti dei riduttori di tensione dovuti al fulmine. Non è perciò facile stabilire se non si siano prodotte nell'esercizio circostanze assolutamente eccezionali, se per es. per la temporanea apertura di una sola fase di un coltello separatore non si siano prodotti degli aumenti di tensione eccezionali sulle altre due fasi. Quando viene commesso un errore di questo genere, è ben raro che si possa stabilirlo in modo sicuro, perchè il personale nel proprio interesse tace naturalmente ciò che è avvenuto.

La costruzione dei riduttori, non solo quelli di corrente ma anche quelli di tensione, è già così progredita che si richiede che essi possano sopportare senza inconvenienti qualunque servizio e anche qualunque variazione nel servizio. D'altra parte anche i più grandi trasformatori di potenza non possono, come è noto, essere costruiti con una sicurezza assoluta agli impulsi, per quanto in essi l'isolamento sia 10 e perfino 20 volte più forte che nei riduttori di tensione. È d'altronde inutile cercare di ottenere una sicurezza *assoluta* del riduttore di tensione aumentandone le dimensioni o il diametro dei fili. Per tal modo si arriverebbe solo a dimensioni inaccettabili economicamente, senza raggiungere una sicurezza del 100 %.

### Tipi costruttivi del riduttore di tensione.

Per lunghi anni il riduttore di tensione veniva inserito esclusivamente fra conduttore e conduttore; esso constava allora del nucleo propriamente detto, posto in una cassa metallica, con due isolatori passanti per la tensione di esercizio. Questo tipo è usato ancor oggi quando si tratta della misura della potenza in una rete monofase o trifase e il neutro dell'impianto è isolato o previsto come tale. Questa è la costruzione normale sopratutto per il collegamento di contatori in reti con tensioni fino a 30 kV (figg. 5 e 6) ma viene usata, in casi particolari, anche per tensioni fino a 220 kV. La fig. 7 rappresenta un tipo per 120 kV costruito dalla C.G.S. di Monza. Negli impianti trifasi si adoperano abitualmente due di questi riduttori nella ben nota inserzione a V per la misura col sistema Aron, che però dà valori attendibili solo quando il sistema trifase possa venire considerato realmente come a soli 3 conduttori. Nelle reti ad alta tensione però le correnti di capacità possono appunto rappresentare un quarto conduttore, la terra, e la misura non è più precisa; in tal caso bisogna sempre impiegare tre riduttori di tensione e tre di corrente, e ciò tanto più poichè in tali casi si tratta sempre della misura di grandi quantità di energia.

Poichè per la misura secondo l'inserzione Aron occorrono due trasformatori con quattro isolatori passanti si è già da molto tempo cominciato a costruire riduttori di tensione trifasi. Il primo tipo è stato quello a tre colonne, che però quando il punto neutro dell'impianto non sia messo a terra, non è adatto nella tecnica delle misure. Molto migliore e molto impiegato negli ultimi anni è il riduttore a cinque colonne (fig. 8). Esso comprende un nucleo in ferro con 5 colonne in un piano verti-

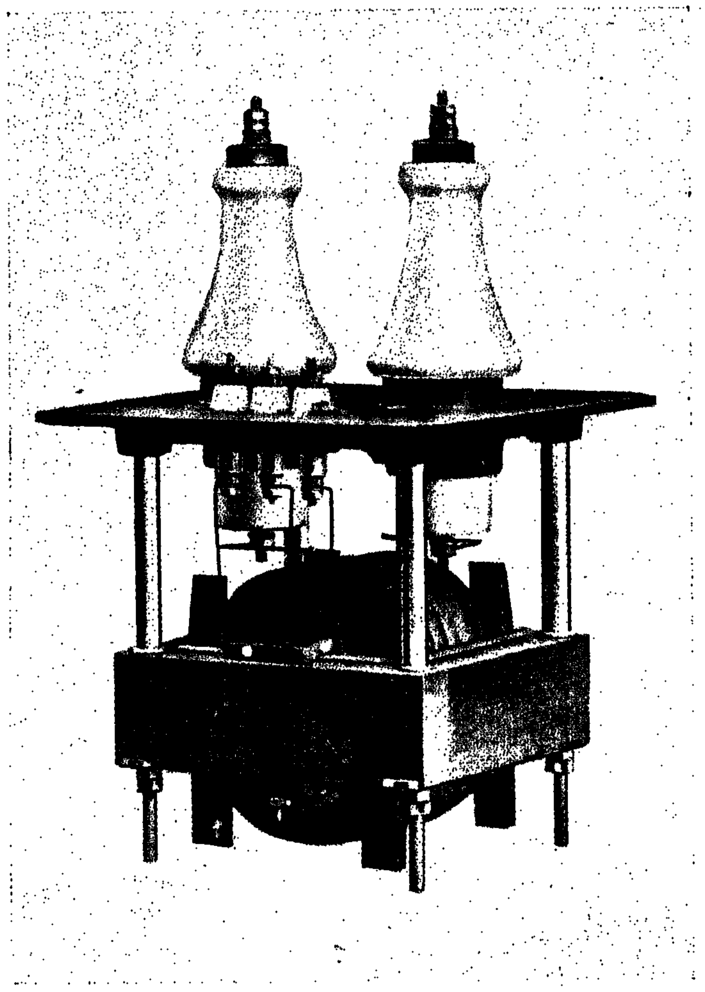


Fig. 5. - Riduttore di tensione per 12 kV di esercizio, senza cassa.

cale, installato in una cassa con 3 isolatori. Oltre ai 3 avvolgimenti ad alta e a bassa tensione sulle tre colonne interne, il

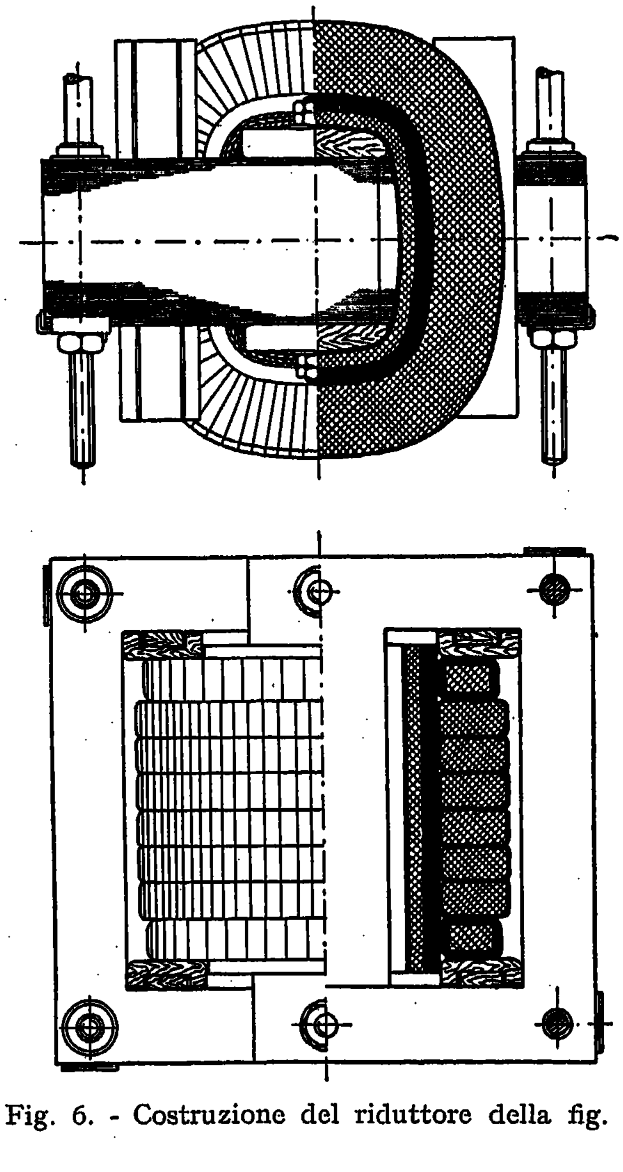


Fig. 6. - Costruzione del riduttore della fig. 5.

riduttore a 5 colonne ha anche degli avvolgimenti sulle due colonne esterne, che servono al collegamento di relais o di indica-

tori di terra. Questi avvolgimenti laterali non sopportano alcuna tensione in condizioni normali di tensione della rete ma solo nel caso di terre totali o no. Non esiste però un rapporto

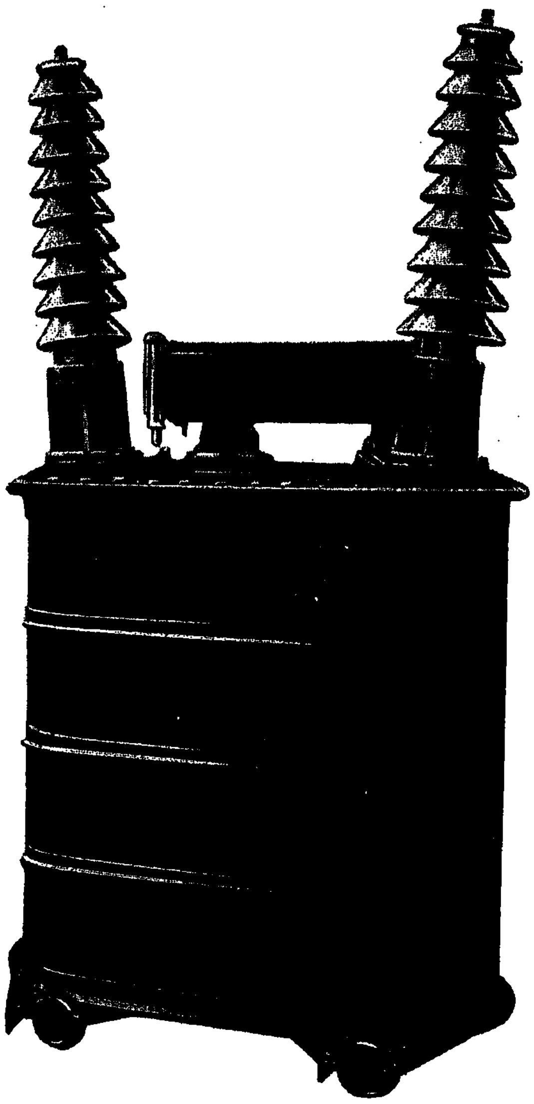


Fig. 7. - Riduttore di tensione monofase del tipo a marmitta per 120 kV di esercizio (C.G.S.).

chiaro fra la tensione della quarta e della quinta colonna e l'asimmetria della rete; il riduttore a cinque colonne a questo

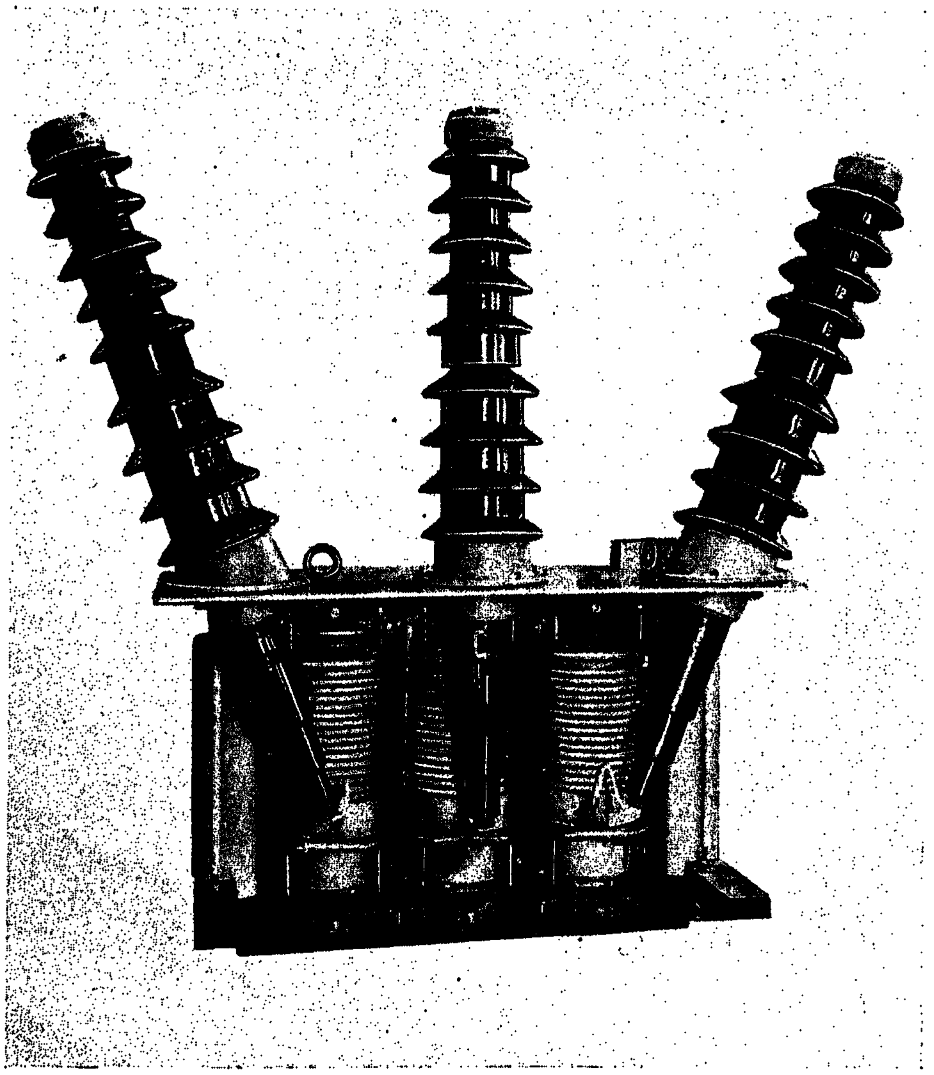


Fig. 8. - Riduttore di tensione a cinque colonne per 110 kV di esercizio (Siemens e Halske).

riguardo si può assimilare al collegamento di tre riduttori monofasi che misurano la tensione fra conduttore e terra e portano un secondo avvolgimento secondario, allo scopo di

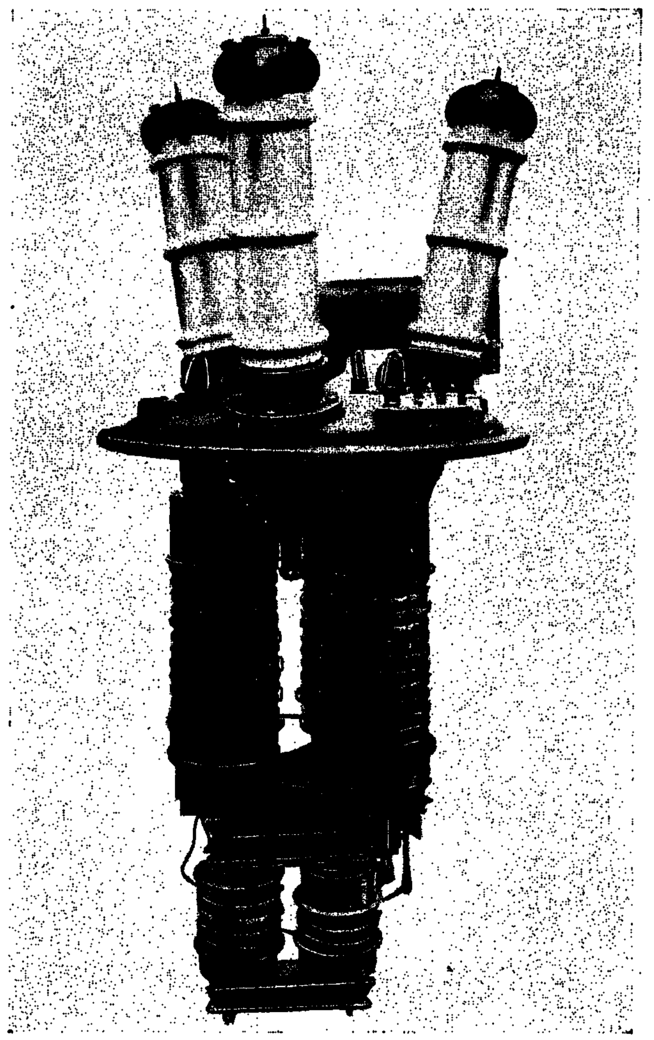


Fig. 9 *a*). - Riduttore di tensione trifase per 80 kV di esercizio con nucleo ausiliario (C.G.S.).

rivelare le eventuali terre: questi riduttori sono collegati in triangolo aperto. Un voltmetro inserito su questi riduttori non indica nessuna tensione nei casi ordinari e solo comincia a segnare nel caso di terra più o meno completa su una fase.

La questione se si deva usare un riduttore a cinque colonne oppure tre riduttori monofasi è stata fin qui sostanzialmente economica. I riduttori a cinque colonne, costruiti come tipi a

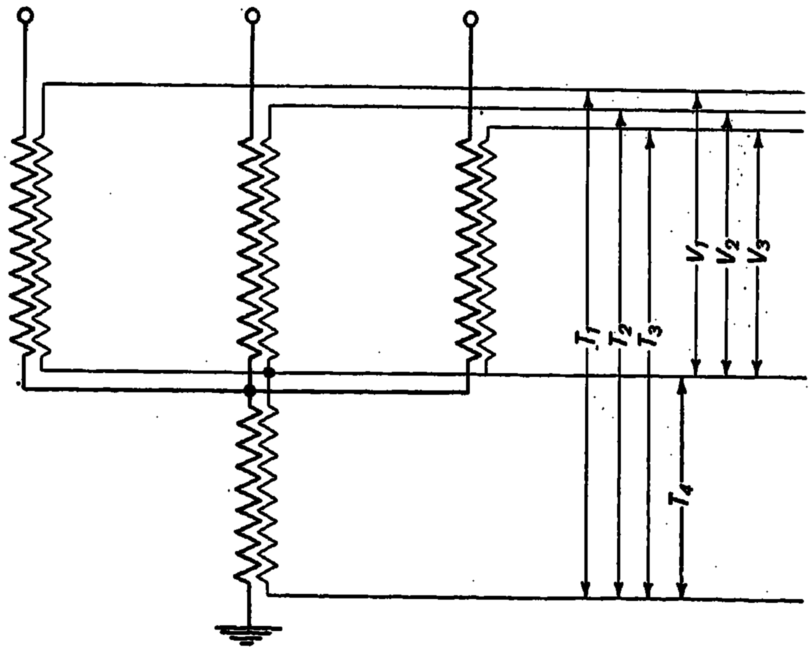



Fig 9 *b*). - Schema del riduttore rappresentato in fig. 9 *a*).

marmitta, sono palesemente superiori e sopratutto per tensioni non molto alte, fino a circa 30 kV, sono più economici del gruppo di tre riduttori monofasi. Se però invece del tipo a marmitta si usa il riduttore portante, del quale parleremo più avanti, la convenienza è in favore di quest'ultimo tipo, per il quale non

occorrono i passanti, costosi in sè e per le maggiori dimensioni da dare alla cassa in seguito alla maggior quantità di olio necessaria. La figura 8 mostra chiaramente le grandi dimensioni degli isolatori passanti per 100 kV in confronto con le piccole dimensioni del riduttore di tensione propriamente detto, benchè questo non sia nemmeno delle più piccole dimensioni possibili.

Un tipo notevole di riduttore di tensione per corrente trifase è costruito in Italia dalle ditte Scarpa e Magnano di Savona e C.G.S. Istrumenti di Misura di Monza. Questo tipo di trasformatore trifase (fig. 9 *a*) consiste di un riduttore a tre colonne di costruzione simmetrica e di un nucleo ausiliare, che è inserito fra il centro stella dell'avvolgimento ad alta tensione e la terra; il collegamento è illustrato dalla figura 9 *b*. In servizio normale, senza collegamento a terra del circuito dal lato dell'alta tensione, la tensione primaria e per conseguenza anche la secondaria $T_4$ del riduttore ausiliario sono uguali a zero, e le tensioni $T_1$, $T_2$, $T_3$ sono uguali alle tensioni $V_1$, $V_2$ e $V_3$. Se però si produce un difetto di isolamento più o meno grande sulla conduttura, il riduttore ausiliario viene messo sotto tensione e si può anche stabilire all'incirca, grazie alla tensione $T_4$, l'importanza del guasto e azionare un segnale acustico. Entrambi le ditte costruiscono questi riduttori per tensioni d'esercizio fino a 150 kV.

### Il riduttore di tensione in cascata.

Pfiffner è stato il primo ad avere l'idea di adottare per le bobine di impedenza, che già da circa dieci anni erano usate per derivare le sovratensioni di origine elettrostatica, una costruzione a elementi sovrapposti, ottenendo così nel caso delle altissime tensioni una notevole economia, perchè suddividendo l'isolamento si ha uno sciupio di materiale molto minore. Nei tipi primitivi l'elemento inferiore della bobina portava un avvolgimento secondario per il collegamento di un voltmetro. Nel tipo più completo adottato in seguito Pfiffner usava però degli avvolgimenti traslatori, grazie ai quali la prestazione veniva notevolmente aumentata. Mentre con la disposizione a più bobine sovrapposte senza avvolgimenti traslatori la prestazione diminuisce col quadrato del numero degli elementi, nel caso in cui esistano tali avvolgimenti la prestazione diminuisce solo all'incirca proporzionalmente al numero dei singoli elementi. Trasformatori di tensione di questo tipo sono stati costruiti in Germania dapprima da Pfiffner e in seguito in maggiori proporzioni dalla ditta Siemens & Halske. Prima di Pfiffner e seguendo un'altra via, F. J. Fischer, basandosi sul metodo indicato da Dessauer per la creazione di alte tensioni, è arrivato a un tipo analogo che è ora costruito anche dalla ditta Koch & Sterzel. Le figg. 10, 11 e 12 rappresentano riduttori portanti in cascata per tensioni di 110 e 220 kV, con isolamento in olio. La costruzione di un elemento si rileva dalla figura 12; si vede che per la tensione di 220 kV il lato ad alta tensione è suddiviso in otto bobine su quattro nuclei. Anche per il tipo di riduttore in cascata si possono avere accorgimenti costruttivi diversi, per esempio nei riguardi delle misure da prendere per l'aumento della prestazione e degli avvolgimenti traslatori.

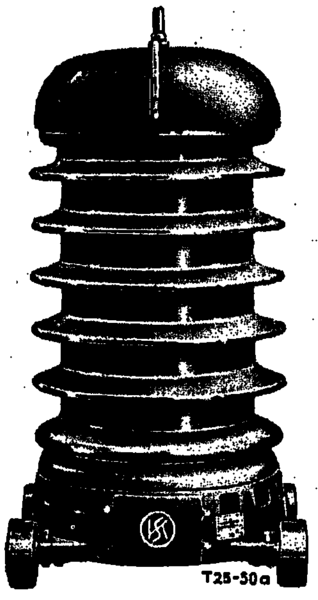



Fig. 10. - Riduttore di tensione portante per 110 kV (Koch e Sterzel).

Un tipo notevole di trasformatore in cascata è quello a sospensione rappresentato nelle figure 13 e 14 che si adopera sopratutto negli impianti all'aperto e anche in altri casi quando occorra fare economia di spazio. Questi tipi, al contrario di quanto avveniva per i primi riduttori di tensione in cascata, sono completamente riempiti d'olio, e per conseguenza la loro prestazione è maggiore di quella dei riduttori a massa isolante. Coi tipi in cascata tanto rigidi che sospesi si possono ottenere, per tensioni nominali fino a 100 kV (e cioè 63 kV fra fase e terra), delle prestazioni di 200 VA nella classe 0,5 e per tensioni di 200 kV prestazioni fino a 100 VA.

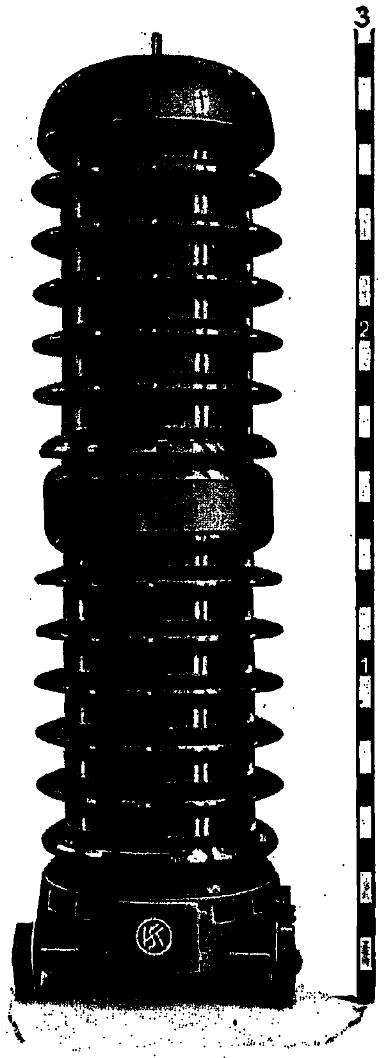



Fig. 11. - Riduttore di tensione portante per 220 kV (Koch e Sterzel).

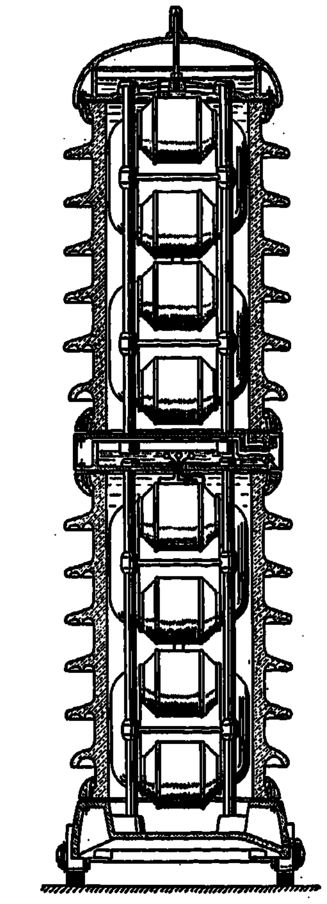


Fig. 12. - Sezione del riduttore rappresentato in figura 11.

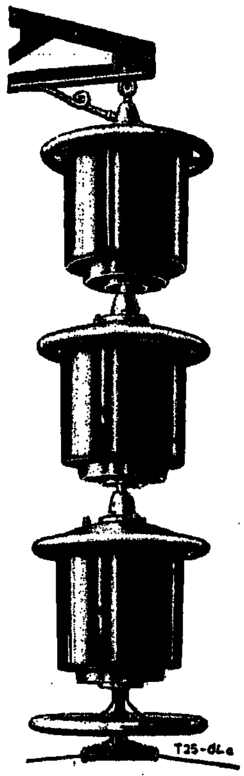


Fig. 13. - Riduttore in cascata del tipo a sospensione per 110 kV di esercizio (Koch e Sterzel).

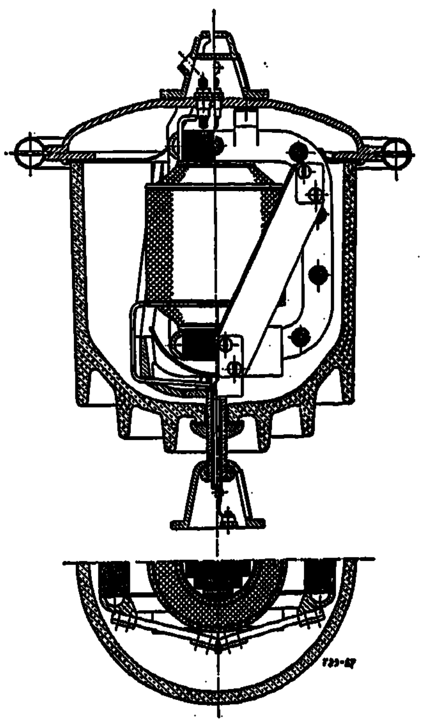


Fig. 14. - Sezione di un elemento di riduttore in cascata a sospensione (Kock e Sterzel).

Riduttori di tensione portanti.

Gli elementi dei riduttori di tensione in cascata rappresentano già una nuova forma costruttiva del trasformatore di tensione, e cioè quello disposto all'interno di un involucro isolante.

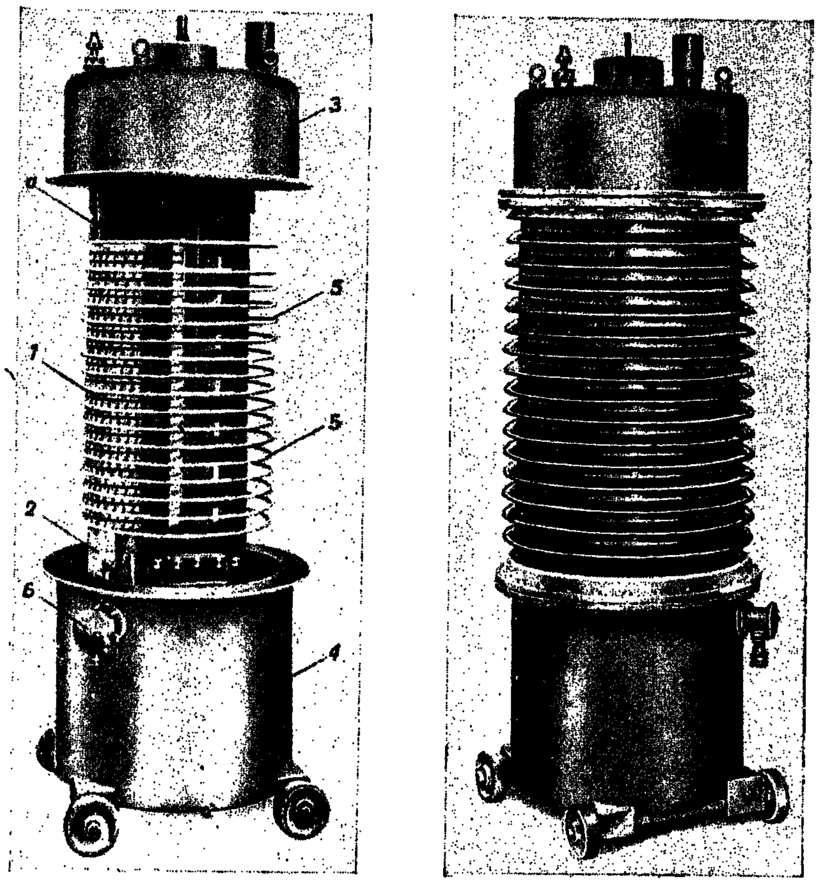



Fig. 15. - Riduttore di tensione portante per 150 kV (Brown Boveri).

Questo tipo, costruito dapprima solo per tensioni fino a 35 kV concatenati, è stato poi perfezionato, cercando di fare astrazione dal principio della costruzione in cascata; si è così finalmente riusciti a realizzare tali riduttori per tensioni di esercizio fino a 150 kV e per tensioni di prova fino a 350 kV, in un solo elemento, con una garanzia assoluta di buon funzionamento e per un costo non solo non maggiore, ma anzi alquanto minore di quello dei riduttori in cascata.

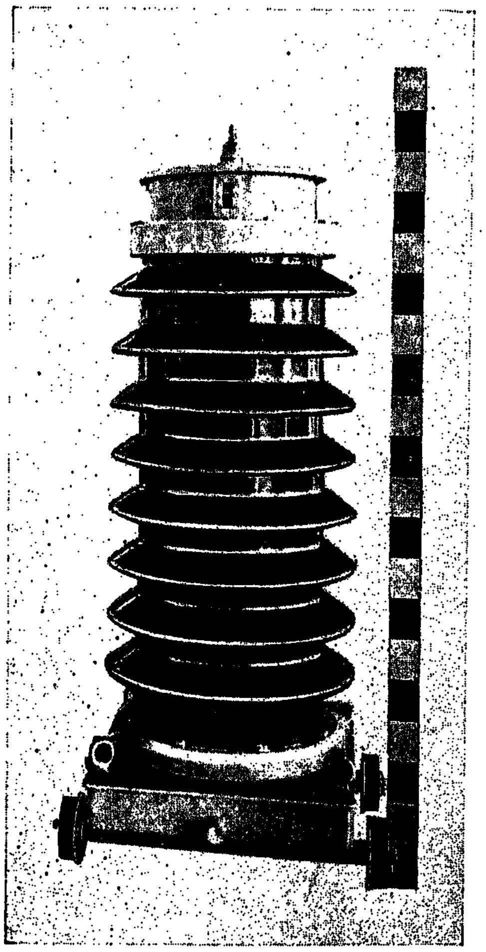


Fig. 16. - Riduttore di tensione portante per 100 kV di esercizio (Siemens e Halske).

I primi riduttori di questo tipo furono costruiti dalla B.B.C. (fig. 15) e sono costituiti da un nucleo a colonna, verticalmente disposto entro un mantello isolante. Caratteristica di questo tipo è l'impiego di anelli per l'ugualizzazione del potenziale nei punti nei quali il nucleo in ferro, che si trova a un potenziale metà, è addossato al mantello isolante. Questa costruzione permette di ottenere prestazioni abbastanza forti e si adatta anche nel caso di piccole derivazioni dirette da condutture ad alta tensione. Le dimensioni di questo tipo sono però sempre notevoli, e ciò principalmente in dipendenza dell'impiego degli anelli sopra accennati e del tipo dell'avvolgimento ad alta tensione, che è simile a quello impiegato per i trasformatori di potenza.

I riduttori di tensione portanti di recente costruzione della Siemens & Halske (fig. 16) hanno uno schema analogo e posseggono parimenti un nucleo a colonna, che si trova al potenziale metà; l'isolamento dell'avvolgimento ad alta tensione è stato però studiato e provato fin negli ultimi dettagli, cosicchè si è riusciti ad ottenere delle dimensioni molto limitate, pur

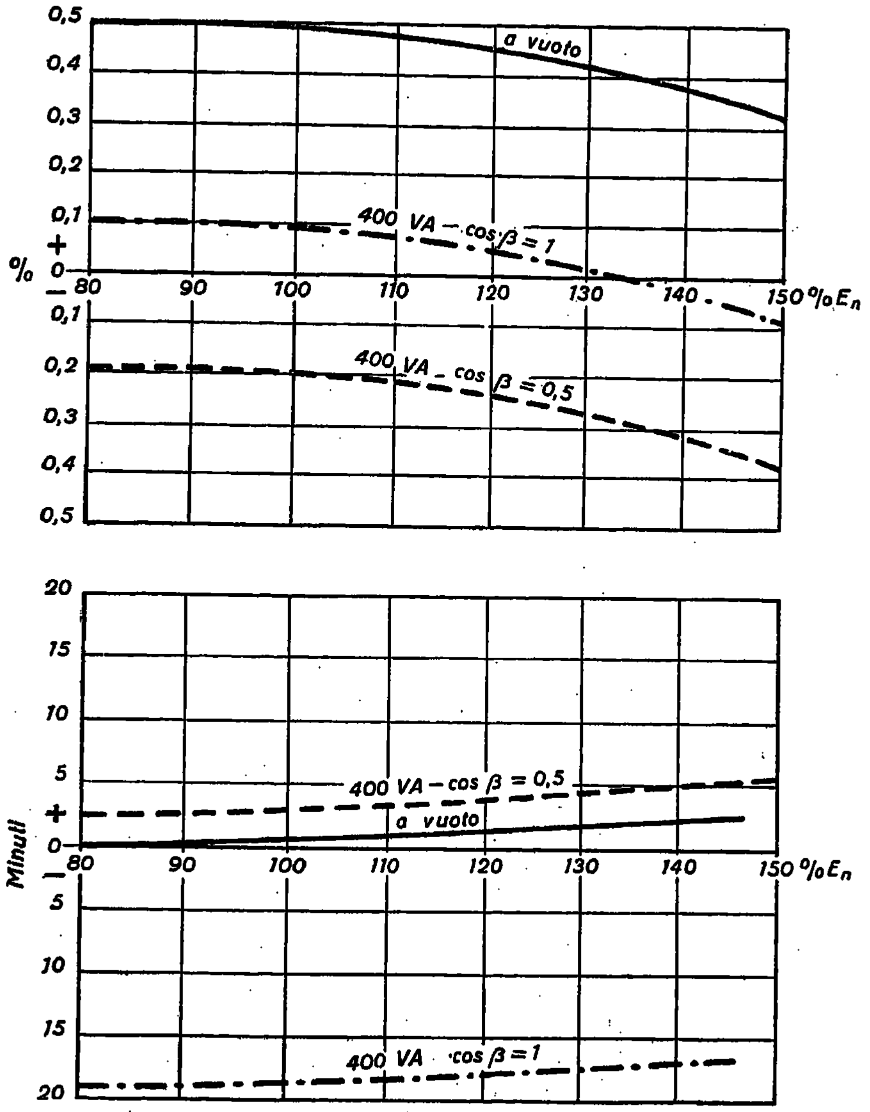



Fig. 17. - Curve di errore di un riduttore di tensione per 100 kV di esercizio (Siemens e Halske).

raggiungendo una resistenza di isolamento superiore alla normale. Uno di questi riduttori per tensione concatenata di 100 kV, e che raggiunge un peso di soli 750 chili, olio compreso, venne sottoposto per esempio alla prova fra spira e spira alla tensione di 200 kV e alla frequenza di 150 periodi per una durata di 8 ore, senza che si producesse nè una perforazione nè una scarica superficiale; la tensione venne poi mantenuta per 1 minuto rispettivamente ai valori di 270, 300, 330, 360 kV: solo alla tensione di 400 kV si produsse una scarica interna tra le estremità del trasformatore. Con riduttori di così alto grado di sicurezza, un guasto in esercizio è da ritenersi assai improbabile. Riduttori di questo tipo sono finora costruiti per tensioni di esercizio fino a 150 kV e per tensioni di prova fino a 350 kV; la prestazione ammonta da 200 a 400 VA nella classe 0,5 %, il peso totale, compreso l'olio, è di 750 chili circa per tensioni di 100 kV e di 1500 chili circa per tensioni di 150 kV, mentre i tipi primitivi a marmitta nella costruzione per esercizio all'aperto avevano per le tensioni sopra dette un peso rispettivamente di circa 3000 e circa 6000 kg. La fig. 17 rappresenta le curve d'errore di un riduttore di questo tipo per tensioni di 100 kV.

Riduttori di tensione a secco.

Il punto di vista dell'Autore sulla questione dei trasformatori di tensione a secco risulta già chiaramente da quanto è stato esposto sopra. Si può ritenere per certo che, pure nei riguardi

della massima sicurezza di esercizio di determinati impianti o parti di impianti, il riduttore di tensione a secco è destinato a diffondersi maggiormente per tensioni di esercizio fino a 30 kV, anche se il riduttore in olio presenta una straordinaria resistenza d'isolamento.

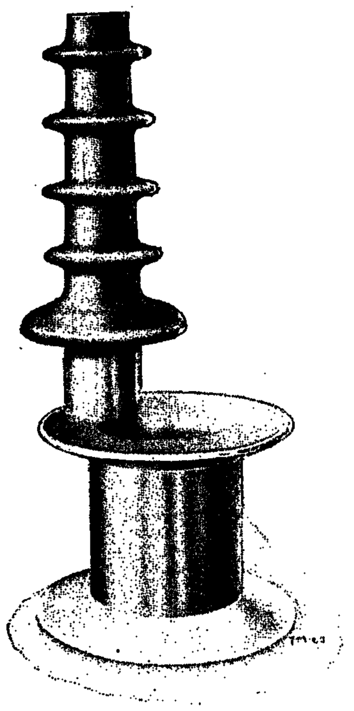


Fig. 18. - Corpo isolante a rocchetto e isolatore passante in un sol pezzo. Tipo per 60 kV di esercizio (Koch e Sterzel).

Una soluzione soddisfacente sembra essere quella studiata da F. J. Fischer; la costruzione è quella che risulta dalla fig. 18, e comprende un nucleo a mantello con un corpo isolante in forma di rocchetto e un isolatore sporgente. Questa costruzione presenta una serie di particolarità notevoli; la soluzione sembra abile ma arrischiata, cosicchè solo l'esperienza di esercizio potrà eliminare le prevenzioni contro di essa. La bobina secondaria si trova come di solito sulla colonna mediana del nucleo a mantello (fig. 19); concentricamente è disposta una bobina ad alta tensione, con l'intero avvolgimento avvolto a strati successivi, in modo che fra il fondo e l'orlo della bobina si ha la tensione totale. Una scarica è evitata solo perchè, essendo l'avvolgimento molto addossato sulla porcellana, il potenziale è ripartito uniformemente (figura 20). Il polo ad alta tensione di questo tipo, che nella costruzione sopra descritta s'impiega solo per inserzione tra fase e terra, attraverso l'isolatore raggiunge

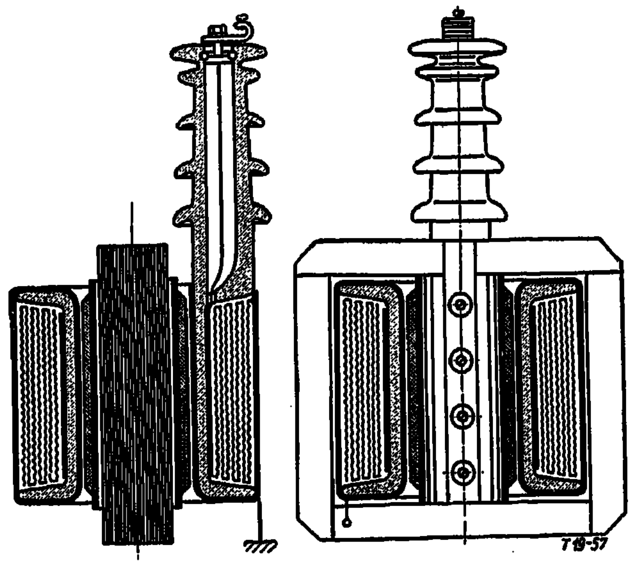



Fig. 19. - Riduttore di tensione a secco con nucleo a mantello e avvolgimento ad alta tensione in disposizione concentrica (Koch e Sterzel).

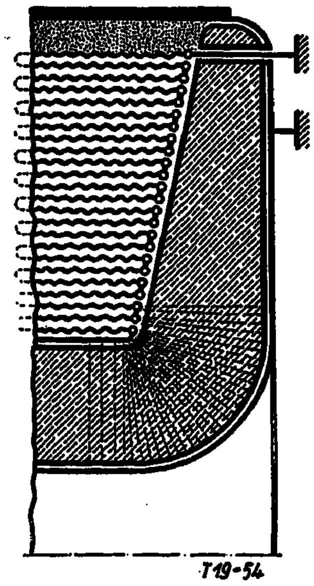



Fig. 20. - Distribuzione del campo elettrico all'orlo del rocchetto di porcellana.

il rivestimento metallizzato del corpo della bobina. Il conduttore di terra è esterno, l'ultima spira dell'avvolgimento ad alta tensione è costruita come mantello di lamiera messo a terra, in modo che tutte le parti del riduttore, ad eccezione dell'isolatore sporgente, possono esser messi a terra durante l'esercizio.

Un'altra disposizione, con avvolgimento a dischi, e che è costruita dalla Siemens & Halske, è illustrata in fig. 21. All'esterno questo modello assomiglia moltissimo a quello rappresentato in figura 19. Il tipo viene costruito ad elemento unico fino alla serie 60. Per tensioni maggiori fino alla serie 100 è stato studiato un tipo a 2 elementi, che è rappresentato schematicamente nella fig. 22, mentre la fig. 23 ne mostra la costruzione effettiva. È questo un trasformatore a due elementi in cascata, con avvolgimento di compensazione e con nucleo in ferro, quale è già stato descritto parlando dei riduttori in cascata con riempimento in

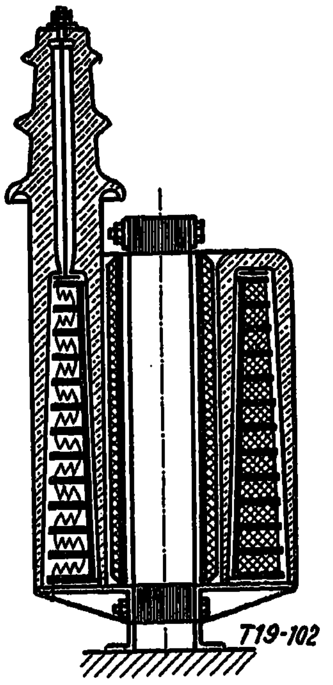



Fig. 21. - Riduttore di tensione a secco con avvolgimento a dischi. Lo spessore del corpo isolante aumenta in corrispondenza dell'aumento del potenziale (Koch e Sterzel).

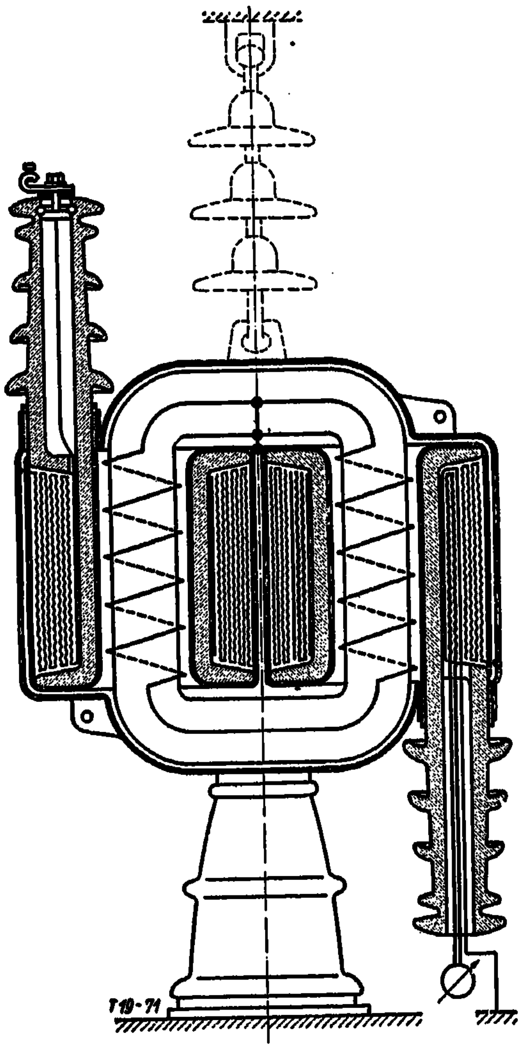



Fig. 22. - Riduttore a 2 elementi, con nucleo a potenziale metà, per tipo sia portante che a sospensione (Koch e Sterzel).

olio. I riduttori di tensione a secco con isolamento in porcellana sono già praticamente costruiti e venduti in quantità notevole.

Una disposizione completamente nuova, che a dire il vero non è stata ancora praticamente costruita, ma che forse potrà as-

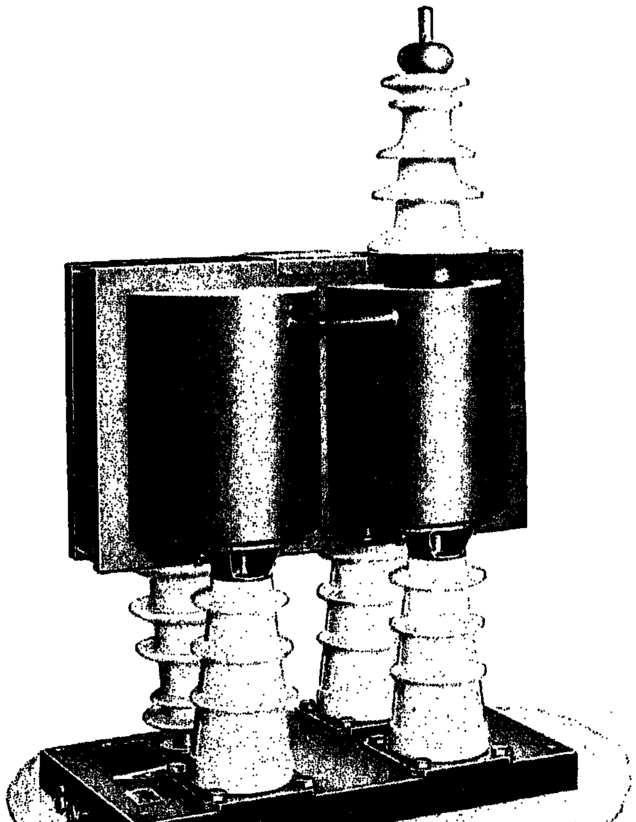


Fig. 23. - Riduttore di tensione a secco per 60 kV di esercizio (Koch e Sterzel).

sumere in pochi anni una notevole importanza, è quella stu diata dal Prof. Imhof e rappresentata in fig. 24. Questo riduttor

a secco consiste nella sua forma originaria di un nucleo aperto, sul quale l'avvolgimento ad alta tensione è disposto a strati degradanti, sempre con isolamento in carta fra strato e strato,

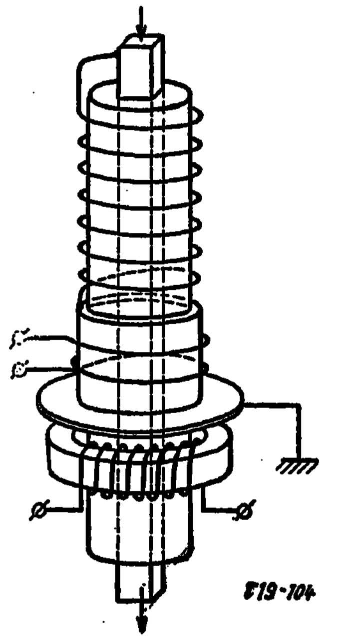



Fig. 24. - Riduttore di tensione a passante con nucleo aperto, combinato con riduttore di corrente con nucleo ad anello (Koch e Sterzel).

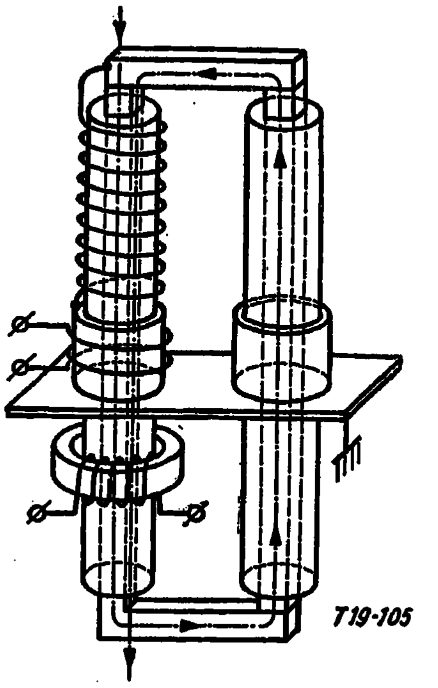



Fig. 25. - Riduttore di corrente a più passanti, con un passante utilizzato come riduttore di tensione (Koch e Sterzel).

in modo che nell'insieme esso si presenta come un passante a condensatore; i singoli strati sono alternativamente collegati con le estremità e hanno una forma a spirale. Il nucleo è colle-

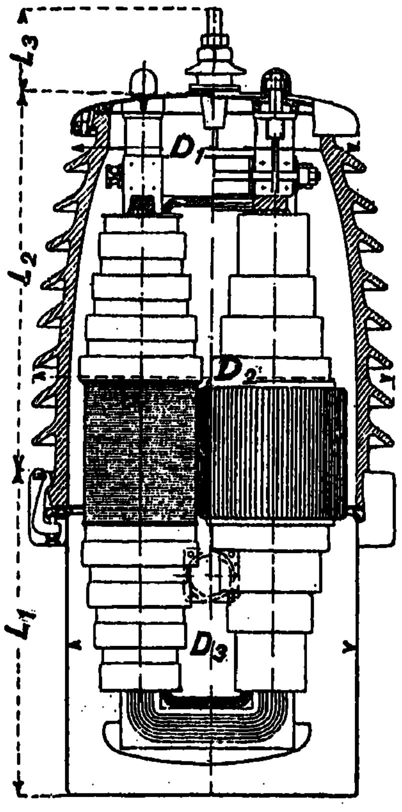



Fig. 26. - Sezione di un trasformatore combinato di corrente e di tensione per 110 kV.

gato all'alta tensione, l'estremità esterna dell'avvolgimento alla terra; l'avvolgimento secondario è disposto concentricamente sotto la flangia. Qualora si costruisca il nucleo in ferro come conduttore di corrente, l'apparecchio può usarsi contemporaneamente come trasformatore di tensione a passante e come riduttore di corrente a passante. La fig. 25 rappresenta schematicamente un riduttore a più passanti di questo tipo, il quale presenta il vantaggio che il circuito magnetico è notevolmente migliorato rispetto al riduttore a un solo passante. In entrambi le figure è rappresentata la combinazione con un riduttore di corrente, nella quale il conduttore primario è disposto parallelamente al nucleo in ferro. Uno schizzo pratico del riduttore raggruppato di corrente e di tensione è rappresentato in fig. 26. Come abbiamo accennato non esistono ancora costruzioni pratiche di questo tipo; ma il sistema originale meritava di essere ricordato in questo articolo riassuntivo.

LA MISURA *C*.

Siccome i riduttori di tensione per tensioni alte sono molto cari, si è cercato già da parecchi anni, dietro proposta dell'Autore, di utilizzare la capacità dei passanti di interruttori in olio e simili per la misura di tensioni alternate. Non è qui il luogo di entrare nei dettagli di questo procedimento di misura, poichè esso è già stato descritto ne *L'Energia Elettrica* (1). I più recenti dispositivi della misura *C* sono descritti in un ottimo articolo dell'Ing. G. Silva (2).

Si può ora aggiungere che in questi ultimi tempi, grazie all'impiegó di raddrizzatori di corrente a secco ed anche di raddrizzatori meccanici con eccitazione separata, sembra possibile raggiungere una notevole semplificazione nelle misure di tensione, potendosi sopprimere gli amplificatori. Molto interessante è il tipo costruito dalla Ditta Scarpa & Magnano, nel quale il passante è utilizzato contemporaneamente per la misura delle correnti e delle tensioni, ciò che era già stato possibile ottenere prima, ma che presenta la novità di un solo nucleo ad anello che porta l'avvolgimento secondario del riduttore di corrente e serve inoltre come riduttore intermedio per la misura *C*.

LA MISURA *R*.

Con questa disposizione, che è stata ugualmente studiata dal Prof. Imhof e che è costruita dalla ditta Trüb, Täuber & C., si dispone entro un isolatore portante per la tensione di esercizio in gioco, una resistenza in olio molto forte, e la corrente di soli pochi mA viene trasformata portandola a un valore comodo per la misura, attraverso un trasformatore di corrente collocato sull'estremità a terra. Un inconveniente di questa disposizione è il forte consumo dell'avvolgimento: Quando si vogliano ottenere solo 15 o 30 VA con una precisione di $\pm 0{,}5$ o $\pm 1\,\%$, si devono consumare potenze dell'ordine di grandezza di 1 kW. Alquanto pericoloso sarebbe poi l'impiego dei fili molto sottili che, secondo dati raccolti dall'Autore, sembrano mantenersi benissimo in olio assolutamente puro, ma che quando siano presenti quantità anche piccolissime di acqua, ciò che è praticamente inevitabile, tendono a presentare fenomeni di corrosione. Per la stessa ragione non sono raccomandabili le resistenze di carbone speciale, che pure in aria asciutta hanno dimostrato di avere durata illimitata.

PROF. DOTT. ING. GIORGIO KEINATH.

(1) *L'Energia Elettrica*. Luglio 1926.
(2) *L'Elettrotecnica*, 5 febbraio 1930.

ING. G. LEVI CASES

# Piano generale di organizzazione del servizio di statistica industriale per una azienda elettrica e contributo alla teoria del "budgetary control" (1)

SOMMARIO

Cenno riassuntivo. — Capo I: Premesse. - Miglioramento della pratica della gestione delle imprese attraverso la scienza. - La statistica della gestione. - Il « budgetary control ». — Capo II: Introduzione alla dottrina della statistica industriale e del « budgetary control » delle imprese elettriche. — Capo III: Generalità sul « budgetary control » e sulla statistica di gestione delle imprese elettriche. — Capo IV: Cenno sulla rappresentazione grafica del materiale statistico. — Capo V: Classificazione sistematica della materia per la statistica di gestione delle imprese elettriche. — Capo VI: Cenno sull'organizzazione dell'Ufficio per la statistica industriale e il « budgetary control » di una impresa elettrica.

## CENNO RIASSUNTIVO

Per lungo tempo la razionalizzazione dei metodi di gestione delle imprese apparve, ai pratici ed ai teorici, di poco rilievo. Ma oramai questo concetto negativo è quasi superato, così che Istituti di Economia della gestione sorgono e si sviluppano all'estero, a fianco delle più importanti Scuole Superiori di Commercio.

La scienza economica della gestione delle imprese si propone da una parte di risolvere dei problemi di coltura e di educazione attinenti alla formazione professionale (e qui essa procede in stretto rapporto con la psicologia sperimentale), dall'altra parte di perfezionare i mezzi che già sono a disposizione degli uomini, approfondendo i risultati dell'indagine positiva con la conoscenza delle possibilità che la natura offre, con l'adattamento delle osservazioni dal punto di vista della vita pratica, con il ritrovamento della via e la invenzione degli strumenti che ne permetteranno l'utilizzazione.

Lo svolgimento di questa seconda parte del programma sarà compito sopratutto della Statistica, in concorso con la Contabilità adeguatamente organizzata.

È funzione della Statistica di preparare il materiale su cui i Dirigenti di un'azienda dovranno fondare la loro linea di condotta: esperienze, risultati di precedenti provvedimenti presi nella propria gestione, risultati dell'osservazione di altre gestioni, dell'osservazione del ramo di affari e delle condizioni generali.

Cade opportuno accennare al concetto che la Statistica della gestione non sottostà incondizionatamente alla legge dei grandi numeri, come la Statistica sociale, ma si fonda sopratutto sulla confrontabilità degli elementi da valutare. Quindi non se ne ricavano delle leggi generali, ma si colgono delle relazioni particolari per una singola impresa. Solo in prosieguo di tempo il materiale numerico delle imprese individuali, elaborato dalle grandi Associazioni, potrà costituire una valida base per una statistica di masse concernente l'Economia aziendale.

La nuova tendenza alla ricerca e delimitazione dei fattori e delle leggi che governano la produzione e lo scambio, ha trovato la sua realizzazione pratica più evidente nella dottrina del *budgetary control.*

Nel Primo Congresso Internazionale del b. c. (Ginevra, luglio 1930) è stato messo in evidenza il grande valore e l'estensione di questa disciplina, le conseguenze felici che essa potrà avere sulla stabilità delle imprese particolari e delle collettività di imprese, sulla politica economica delle nazioni e perfino sull'armonia dell'intera economia mondiale e sulla tranquillità sociale. Sono state anche dettate delle regole e abbozzati degli schemi di procedura *budgétaire.*

La teoria del b. c., sorta in America col sorgere dell'industria a grande produzione, ha trovato dei fervidi propugnatori in ogni paese, ma non ha ancora ottenuta l'universale adesione. In particolare per le applicazioni nel campo industriale, è stato deplorato che le Scuole di Ingegneria, a differenza delle Scuole di Commercio, non abbiano introdotto nei loro programmi di insegnamento lo studio teorico-pratico dei metodi statistici, i quali costituiscono il migliore avviamento per ogni ricerca positiva. Riguardo alle imprese elettriche, poi, si può dire soltanto questo: che — a giudicare dalle notizie pervenute attraverso la stampa tecnica o attraverso i Congressi, di quanto è stato fatto per un adattamento generale della statistica della gestione e del b. c. a tale ramo — sembrerebbe legittimo il dubbio che esse siano rimaste alquanto arretrate nello studio del nuovo metodo organizzativo. Forse ciò è avvenuto perchè le caratteristiche distintive di questa forma di attività ne hanno fatto avvertire con ritardo il bisogno, senza tuttavia abolirlo.

Limitatamente al servizio della statistica industriale, consta che esso ha avuto il debito posto nell'ordinamento razionale delle grandi Società elettriche; che i dati nazionali delle imprese produttrici e distributrici sono raccolti in generale con molta cura; che infine non si è mancato, in occasione di Conferenze internazionali, di esaminare i criteri e gettare le basi per una statistica internazionale dell'energia.

Ma le necessità delle recenti dottrine amministrative allargano la primitiva portata di questi problemi e ne modificano le direttive.

Basterà in proposito richiamare gli scopi che la statistica *budgétaire* per le imprese elettriche si deve prefiggere. Ossia:

1° rilevare tutti i fatti a carattere periodico permanente che interessano la vita della industria elettrica (ed anche elettrotecnica, e che sono studiabili statisticamente);

2° dare a questi fatti una espressione ed un risalto tali da servire alle prevedibili necessità del *budgetary control* permanente.

A propria volta lo scopo del *budgetary control* permanente è di foggiare un nuovo strumento non solo di direzione, organizzazione e miglioramento delle imprese, ma anche — data l'odierna crescente concentrazione del capitale e dell'industria — di verifica interna per le *holding companies* e di ispezione bancaria ai fini della gestione del credito.

Risultando le statistiche ufficiali dalla combinazione dei dati delle imprese singole, fatta ad opera di Associazioni nazionali e di Uffici internazionali, ovvie ragioni di ordine pratico consigliano di adottare, per le rilevazioni collettive, dei modelli, i quali siano in armonia con quelli delle rilevazioni individuali. Converrà adunque ristudiare il problema nel suo complesso,

(1) Sullo stesso tema: Cfr. G. L. C.: « Schema di organizzazione del servizio di statistica di una azienda elettrica di produzione e distribuzione ». In *L'Energia Elettrica,* marzo 1930, pag. 231 e segg.

Successive pubblicazioni e discussioni e l'interesse crescente suscitato dallo studio dei metodi amministrativi razionali inducono a ritornare sull'argomento, nella convinzione che esso sia destinato a ricevere maggiore luce dalle nuove teorie.

per creare questo rapporto fra le statistiche private, nazionali ed internazionali.

Il presente lavoro vuole essere un contributo alla soluzione del problema della metodologia statistica e della procedura *budgètaire* per le imprese elettriche. Lo schema di classificazione sistematica della materia che si illustrerà nello svolgimento, ha avuto già la sanzione di una applicazione pratica.

Quali che siano le lacune della trattazione, non crediamo di contrastare al nostro convincimento che non occorra presentare uno studio magistrale per contribuire utilmente alla costituzione di una qualsiasi dottrina, e che — nel caso di un tema poco esplorato, come quello proposto — essendo esclusa la possibilità (o la opportunità) di una soluzione personale, debba appagare, in un primo tempo, la fiducia di riuscire, attraverso osservazioni e critiche, ad una discussione sulla « messa a punto » del sistema. Questa è infatti la parte più ardua dello studio, poichè — nonostante l'apparente semplicità di enunciazione del primo quesito della statistica di gestione delle imprese — non è cosa facile (nemmeno per l'industria elettrica, che può astrarre da alcuni problemi esterni) cogliere, delle molteplici manifestazioni che costituiscono la vita pulsante di una azienda, tutte, e soltanto, quelle su cui i dirigenti debbono influire per determinarne il buon indirizzo ed il progresso.

Viceversa è previsto che, una volta creato il questionario-tipo per la raccolta del materiale statistico (e forse si potrebbe vantaggiosamente arrivare fino alla concreta veste grafica, di modo che alle imprese rimanga soltanto di trascrivere i propri dati numerici, in forma tabulare o in diagrammi, sopra delle serie di quadri tipici, reperibili in commercio), la elaborazione del materiale stesso e il suo apprezzamento critico non debbano presentare speciali difficoltà di metodo. Ciò, ben inteso, fino a quando non si passerà dalle statistiche individuali al campo più vasto delle statistiche collettive e dei numeri *standard*, nel quale campo anzi vi saranno certamente degli ostacoli da superare.

## Capo I.

## PREMESSE. – MIGLIORAMENTO DELLA PRATICA DELLA GESTIONE DELLE IMPRESE ATTRAVERSO LA SCIENZA. – LA STATISTICA DELLA GESTIONE. – IL « BUDGETARY CONTROL ».

La gestione di una impresa è stata definita *una sintesi di fattori consapevoli e di fattori naturali*, che gli uomini creano caso per caso. I primi si presentano così in un doppio rapporto con la essenza della gestione: anzitutto quali suoi elementi costitutivi, come i fattori naturali; successivamente per la finalità a cui tende il loro impiego. Invece i fattori naturali hanno a che fare con la gestione soltanto come suoi elementi costitutivi.

La conoscenza umana è ancora manchevole nei riguardi della detta sintesi; per il progresso occorre l'appoggio della scienza.

Per lungo tempo la razionalizzazione dei metodi amministrativi apparve, ai pratici ed ai teorici, di poco rilievo. Ma oramai questo concetto negativo si può dire quasi superato, così che Istituti di Economia delle gestioni (1) sorgono e si sviluppano all'estero a fianco delle più importanti Scuole superiori di commercio.

Fra gli elementi consapevoli sta al primo posto la capacità: si tratta di constatare le attitudini professionali e di favorirne lo sviluppo mediante l'istruzione e l'educazione. Per i metodi di indagine e di formazione professionale la scienza della gestione ha potuto contrarre uno stretto legame con la psicologia sperimentale.

Quanto ai fattori naturali il problema è di perfezionare dei mezzi che già sono a disposizione degli uomini, approfondendo i risultati della indagine positiva con la conoscenza delle possibilità che la natura offre, con l'adattamento delle osservazioni dal punto di vista della vita pratica, con il ritrovamento della via e la invenzione degli istrumenti che ne renderanno possibile l'utilizzazione.

Compito vasto e lungo, ma che metterà in piena luce le lacune e gli errori che si commettono nella sintesi delle gestioni.

Per una impresa funzionante la prosperità dipende dalla cognizione chiara che essa ha di sè stessa, della propria situazione e della strada che potrà condurla più lontano e nel modo più sicuro. Per poter giustificare una qualsiasi linea di condotta, la consapevolezza di chi la dirige deve poggiare su una motivazione adeguata: esperienze, risultati di precedenti provvedimenti presi nella propria gestione, risultati della osservazione di altre gestioni, dell'osservazione del ramo di affari e delle condizioni generali (1).

(1) Non riuscirebbe chiaro attenersi alla espressione « Bürowirtschaft » (Economia d'Ufficio), in uso presso la Scuola tedesca.

È alla statistica che spetta di ricercare, raccogliere numericamente, adattare in forma utile, raggruppare i fatti della vita aziendale che si prestano ad una valutazione comparativa delle gestioni passate, e di applicare le grandezze così predisposte allo scopo di rappresentare l'avvenire.

Di tutti gli avvenimenti essa cerca di scoprire i nessi, le conseguenze, le relazioni reciproche, e così foggia le conclusioni per il corso futuro di una impresa e traccia le linee direttive della politica d'azione.

La statistica, è stato detto, si propone di servire alla gestione come un continuo e non fallace barometro amministrativo per il passato e come stella polare delle iniziative per l'avvenire.

La statistica si differenzia dagli altri rami della computisteria, non tanto per l'oggetto dei suoi calcoli, quanto per il metodo specifico di confronto numerico con cui essa vaglia e interpreta il materiale consuntivo.

Mentre i risultati della contabilità generale e della contabilità dei costi di produzione rappresentano un resoconto postumo e il calcolo preventivo dei costi di produzione ha lo scopo di prevedere le spese, *la statistica della gestione significa un conto comparativo del passato con lo scopo espresso della figurazione del futuro.*

I *compiti della statistica* sono estremamente varii:

1° serve alla sorveglianza regolare e al controllo della intera struttura delle imprese (forza finanziaria, consistenza patrimoniale, personale, ecc.) e dell'andamento dei singoli elementi della gestione (provviste, produzione, giacenze, vendite, economia dei costi, ecc.);

2° si incarica della osservazione corrente dei fatti economici più interessanti per l'amministrazione, al di fuori delle stesse aziende (mercato monetario e dei capitali, mercato delle merci, andamento dei prezzi, ecc.);

3° segue in modo continuo i risultati della gestione (spese, rendite, utili, capacità di reddito, ecc.);

4° presenta un prezioso materiale di base per le decisioni e per le informazioni importanti (trattative con banche, uffici fiscali, associazioni, ditte concorrenti, ecc.);

5° è considerata sempre di più come un efficace mezzo per raccogliere la documentazione della capacità produttiva delle imprese.

Non si insisterà mai abbastanza sul concetto che la statistica delle imprese non sottostà incondizionatamente alla legge dei grandi numeri.

Esiste una distinzione netta fra *statistica sociale*, la quale poggia sui fenomeni di massa, e *statistica delle imprese*, la quale si fonda sopratutto sulla confrontabilità degli elementi da valutare: ne viene che da questa non si ricavano delle leggi generali, ma si colgono delle relazioni particolari per una singola gestione.

Il materiale numerico delle statistiche delle imprese costituisce tuttavia una base validissima per una statistica sociale, concernente l'economia delle imprese stesse, tanto che da alcuni anni molte grandi Associazioni hanno incominciato a desumere dai rilievi individuali, dei dati statistici generali per i loro soci.

Ogni indicazione statistica è costituita di quattro elementi (2):

1° il *numero statistico fondamentale ;*
2° la *unità statistica ;*
3° la *variante statistica ;*
4° il *contenuto statistico.*

(1) Riassunto della nota del Prof. H. Nicklisch: « Förderung der Praxis durch die Wissenschaft ». In *Zeitschrift für Organisation*, Berlino, 20 settembre 1930, pag. 477.

(2) Per esempio, se la « vendita in una data azienda particolare di confezioni » ammonta, nell'agosto 1930, a 5000 marchi, rappresentano:
1° « 5000 » *il numero statistico fondamentale ;*
2° « 1 marco » *l'unità statistica ;*
3° « il mese di agosto 1930 » *la variante statistica ;*
4° « la vendita delle confezioni di quella data azienda particolare » *il contenuto statistico.*

Il numero statistico fondamentale e l'unità statistica sono legate fra loro in modo che una variazione nell'unità statistica (per es. 1000 marchi) porta con sè un cambiamento nel numero statistico fondamentale (p. es. in 5), senza che sia toccato il contenuto statistico. *Numero fondamentale e unità sono quindi funzione l'uno dall'altra.*

Come unità statistiche si possono assumere *grandezze di quantità* (numero dei pezzi, misure di volume, di peso, di tempo, di grandezze fisiche speciali, ecc.) e *di valore* (unità monetarie).

Una *serie di numeri statistici* risulta dal cambiamento della variante (per esempio la successione dei singoli mesi di un anno). A ciascuna variante corrisponde quindi un determinato numero statistico fondamentale.

Una *rete di numeri statistici* (Zahlennetz) risulta di due varianti (per esempio combinando il confronto fra le vendite di diversi gruppi di merci, con la considerazione delle vendite totali). Così si riesce a rappresentare delle grandezze a tre variabili, ecc.

*Il passaggio dalla statistica delle imprese a quella sociale* si effettua in modo che una determinata gestione divenga una variante. Tanto più ci si accosterà alle leggi dei fenomeni di massa, quanto più numerose saranno le imprese censite.

I numeri statistici fondamentali sono il punto di partenza per le valutazioni statistiche comparative. Essi vengono o desunti dagli altri rami della contabilità (ragioneria, calcolo dei costi), o raccolti direttamente nelle aziende.

Da questi numeri fondamentali si ottengono (di regola mediante semplici moltiplicazioni e divisioni) *i numeri statistici caratteristici.*

Essi rappresentano le misure caratteristiche della impresa e permettono la esatta osservazione dei rapporti e delle connessioni importanti. I numeri caratteristici palesano immediatamente le influenze disturbatrici e i pericoli che sovrastano; additano le cause dalle quali possono dipendere gli insuccessi o le perdite; insegnano a giudicare la forza produttiva di un organismo.

Se si vuole concentrare lo sguardo sopra una serie di numeri statistici caratteristici, si possono fissare cinque valori:

1° *il minimo* (valore estremo inferiore) è il più basso valore della serie numerica;

2° *il massimo* (valore estremo superiore) è il più alto valore della serie;

3° *la moda* o *norma* è il valore della serie che si presenta più spesso;

4° *la mediana* (valore centrale) è il valore che sta nel mezzo della serie ordinata per grandezza;

5° *la media* (valore medio aritmetico) è uguale alla somma di tutti i valori, divisa per il numero dei valori della serie.

I valori minimo, massimo e più frequente, si presentano sempre nella serie data come valori reali. Il valore medio rappresenta di regola una valore calcolato, che non occorre comparisca effettivamente nella serie.

Il valore medio è un valore effettivo della serie, solo quando il numero dei valori è dispari. Se il numero dei valori è pari, il valore medio è uguale alla media dei due valori che si trovano nel mezzo della serie ordinata.

Mentre i numeri statistici caratteristici rappresentano le grandezze aritmetiche proprie di una impresa, *i numeri statistici direttivi* sono i valori medi dei numeri caratteristici di una massa di imprese, che vengono ricavati da un Ufficio centrale (Associazione, Istituto). I numeri direttivi rappresentano le cifre *standard,* tipiche per un dato ramo, una data forma e una data dimensione di impresa e permettono un esatto confronto della impresa particolare con l'andamento generale delle imprese concorrenti. Esse indicano se e quanto la gestione si distacca, al di sopra o al di sotto, dalla media delle imprese di eguale categoria. Grazie ai numeri direttivi, i numeri caratteristici della gestione singola diventano dei preziosi dati di misura per la gestione stessa e consentono alla Direzione un colpo d'occhio generale sulla propria azienda e sull'intero ramo della propria attività.

La massima difficoltà della statistica pratica consiste nel *rispetto completo del principio della comparabilità assoluta dei numeri fondamentali, principio che si fonda sulla invariabilità del contenuto statistico.*

Le sorgenti di errore aumentano, non appena si passa alla statistica sociale e si vogliono scoprire i numeri direttivi per una massa di aziende. L'attenzione dello statistico pratico deve quindi, prima di tutto, essere diretta a dedurre chiaramente il contenuto amministrativo dei suoi numeri statistici e a osservare attentamente, approfittando di statistiche estranee, i presupposti e i limiti della loro validità (1).

I concetti sopra esposti di ricerca e delimitazione dei fattori e delle leggi che governano la produzione e lo scambio per il perfezionamento del sistema organizzativo delle aziende, richiamano le teorie del Taylor e della sua Scuola, e, in modo ancora più concreto, un movimento delineatosi negli Stati Uniti col sorgere dell'industria a grande produzione, ed ora in via di crescente diffusione ovunque.

Intendiamo dire il *budgetary control.* Così è impropriamente chiamata una teoria, la quale si propone appunto di introdurre in tutti i rami dell'attività umana un metodo di analisi completa e rigorosa dei fatti passati e di previsione razionale dei fatti probabili, attraverso una conoscenza larga e profonda della struttura economica di ciascun Paese e degli elementi che concorrono alla condotta degli affari in tutte le loro fasi: finanziamento, organizzazione, acquisti, lavorazione, vendite, distribuzione, pagamenti.

La pratica del *budgetary control* — che sembra realizzare, dopo un lungo stadio preparatorio, la formazione di quella *dottrina amministrativa consacrata* che il Fayol aveva auspicata nel suo classico libro (1) come « un insieme di *principi,* di *regole,* di *metodi,* di *procedimenti* provati e controllati dall'esperienza pubblica » — si fonda sulla statistica precisa, minuziosamente ordinata, energicamente controllata, non meno che su una contabilità organizzata in modo tale da non essere più uno strumento passivo di registrazione cronologica dei fatti, ma « un agente attivo di previsione, di controllo e di produzione, a ugual titolo che l'ufficio tecnico o il servizio commerciale » (2).

A costo di ripetere cose note, sarà meglio riportare la definizione che è stata data del *budgetary control* (3).

« L'essenziale di questo metodo di razionalizzazione è il *confronto delle previsioni con la esecuzione,* confronto che si fa « mediante la sovrapposizione delle cifre che *dovrebbero essere* « (Sollziffern), e delle cifre *che sono* (Istziffern). Le cifre della « prima categoria devono essere stabilite sulla base delle statistiche del passato, con l'aiuto anche della nuova scienza della « congiuntura e dei suoi metodi specializzati (analisi del mercato, ecc.). Le « Istziffern » saranno fornite da una statistica, « dettagliatissima e aggiornata, del cammino dell'impresa. « Nulla di quanto può essere espresso in cifre della vita dell'impresa, sfugge a questo confronto, che si fa in modo metodico « e regolare, a date tanto vicine quanto l'interesse del caso individuale esige, il periodo variando da più anni (p. es. il Piano « quinquennale della Russia) fino alla settimana ed anche al « giorno. Ma questo confronto non è scopo a sè stesso. *Il vero « scopo del budgetary control* sta nell'offrire ad ogni momento « alla direzione un mezzo sicuro di verificare *se l'impresa si « mantiene bene sulla linea di condotta tracciata anticipatamente,* « di modificare, sulla norma delle esperienze recenti, le previsioni erronee, di adattare infine tutta l'attività dell'impresa « alla regola di condotta che promana dal *budgetary control* « permanente ».

Nel mese di luglio 1930 ha avuto luogo a Ginevra il Primo Congresso Internazionale del *budgetary control.* Nel corso delle sedute, attraverso relazioni e discussioni, è stato messo in evidenza il grande valore e l'estensione di questa disciplina; le conseguenze felici che essa potrà avere sulla stabilità delle imprese particolari e delle collettività di imprese, sulla politica economica delle nazioni e perfino sull'armonia dell'intera economia mondiale e sulla tranquillità sociale (4). Sono stati dati anche dei suggerimenti per vincere le diffidenze iniziali e promuovere la diffusione fra gli Amministratori di questo nuovo elemento mentale; dettate delle regole e abbozzati degli schemi di procedura *budgétaire* (5).

Per la realizzazione pratica del *budgetary control* — e per

---

(1) Riassunto della nota del Dr. E. Kosiol: « Statistik und Betriebsführung ». In *Zeitschrift für Organisation,* 20 settembre 1930, pag. 478.

(1) H. Fayol « Administration industrielle et générale ». Dunod ed., Parigi.

(2) Su « La posizione della statistica della gestione nella contabilità delle imprese » cfr. K. Banse: « Organisation und Methoden der Betriebswirtschaftliche Statistik ». Spaeth und Linde ed., Berlino, 1929, pag. 34 e segg.

(3) « Bulletin de l'Institut International d'Organisation scientifique du travail », Ginevra, luglio 1930.

(4) Rapporto della Conferenza Internazionale del b. c. di Ginevra, luglio 1930:

« Introduzione ». Vol. I - 1;

H. N. Bunbury: « Le budget de l'Etat comparé avec le budget d'une entreprise ». Vol. III - 12;

D. Serruys: « Le systéme budgétaire et l'organisation économique nationale et internationale ». Vol. III - 16.

(5) Rapporto della Conf. Int. del b. c. citato:

P. Real: « Les problèmes psycologiques du contrôle budgétaire ». Vol. II - 10;

L. F. Musil: « Les principes et les methodes du c. b. considerés sous leurs aspects généraux ». Vol. III - 13;

H. Pulvermann: « Le c. b. du point de vue de l'économie des entreprises ». Vol. III - 15;

J. H. Williams: « Le contrôle administratif général ». Vol. III - 17.

una generica impresa di produzione — sono stati indicati i seguenti *budgets* parziali come i più importanti (1).

a) *budget di vendita*,
fondato su
le esperienze anteriori realizzate dall'impresa stessa,
le previsioni ricavate dall'analisi del mercato e dallo studio della congiuntura;

b) *budget di produzione*,
fondato su
il budget delle vendite e
la capacità di produzione dell'impresa;

c) *budget di acquisto delle materie prime*,
fondato su
il budget di produzione e
la capacità dei magazzini e depositi;

d) *budget di spese*,
fondato su
il budget di vendita,
il budget di produzione,
il budget di acquisto e
la capacità finanziaria dell'impresa;

e) *budget finanziario*,
fondato su
i budgets *a*) *b*) *c*) *d*) ed inoltre su
il budget degli investimenti e il budget del capitale, ossia dei crediti che l'impresa può procurarsi;

f) *budget generale dell'impresa*, che costituisce un piano di insieme dell'attività e dello sviluppo dell'organismo considerato.

CAPO II.

## INTRODUZIONE ALLA DOTTRINA DELLA STATISTICA INDUSTRIALE E DEL « BUDGETARY CONTROL » DELLE IMPRESE ELETTRICHE.

Sull'argomento della statistica e del *budgetary control* delle imprese in genere, e di quelle industriali in particolare, esiste una letteratura abbondante, ma non completa (2). Per la parte organizzativa e applicativa rimangono da colmare delle lacune, incominciando dall'insegnamento tecnico, a proposito del quale è stato deplorato che le Scuole di Ingegneria, a differenza di quelle commerciali, non abbiano ancora introdotto nei loro programmi di studio la teoria e la pratica dei metodi statistici, che dovrebbero essere il migliore avviamento per ogni ricerca positiva e per la formazione di una mentalità capace di creare delle sintesi consuntive. Certo è che i recenti concetti riformatori, a cui abbiamo testè accennato, portano delle modificazioni nel modo di valutazione tradizionale delle capacità tecnico-amministrative e richiedono un nuovo spirito animatore nei dirigenti e nuove forme — o almeno nuovi adattamenti — delle attività professionali.

La bibliografia esistente nel campo speciale della produzione e distribuzione della energia, è interessante, ma di carattere o troppo generico o frammentario (3), ad ogni modo si ha fiducia che i nuovi metodi budgétaires stiano facendo rapidi progressi anche nelle imprese elettriche. Sono poi noti, e meritatamente apprezzati, l'accuratezza delle statistiche nazionali dell'industria elettrica e il rilevante grado di perfezione raggiunto quasi ovunque dai resoconti ufficiali (a parte le riserve di indole pratica denunciate da qualche studioso nei riguardi di alcuni Paesi e la esclusione di determinati elementi che si ritengono essenziali) (1); come pure è noto lo spirito associativo che ha presieduto ai primi tentativi degli Elettrotecnici per organizzare le loro statistiche nazionali secondo un sistema internazionale.

(1) Rapporto della Conf. Int. del b. c. citato, Vol. 1 - 3.

(2) K. BANSE: o. c., pag. 37. Alle pagine 234-271 trovasi una estesa bibliografia, aggiornata al 1928.

(3) H. A. SNOW: « Management charts for central station ». In *Electrical World*, N. Y., 5 luglio 1924, pag. 12.

H. P. LIVERSIDGE: « Budgeting central-station operation » e « Records for central-station budgets ». *Ivi* 23-30 gennaio 1926, pagg. 189-243.

A. G. H. DENT: « The Developement of Economic Research in Europe ». In *World Power*, Londra, giugno 1929, pag. 569.

Lo stesso: « Economic Research in the Electrical, the Engeneering and Allied Industries ». *Ivi*, settembre 1929, pag. 221.

F. B. LEWIS: « Budgeting reduces operating ratio ». In *E. W.*, 25 gennaio 1930, pag. 203.

Gli specialisti dell'industria dell'e.e. intervenuti alla riunione di Ginevra non furono numerosi (Rapporto del I° Congresso Int. del b. c. citato, Vol. 1-4), come pure scarsa è la bibliografia del ramo raccolta nella medesima occasione (*Ivi*, Vol. III-19).

L'organizzazione delle statistiche economiche nazionali, secondo un sistema internazionale, risponde ad un bisogno maturato con l'accrescersi dei rapporti fra Stato e Stato e con la sempre maggiore internazionalizzazione della vita economica. Nel caso delle imprese elettriche questi rilevamenti non hanno — e ne vedremo più avanti le ragioni, ovvie del resto — lo stesso scopo di studio profondo e continuo dei fatti mondiali, che è necessario alle industrie essenzialmente esportatrici, per la penetrazione dei mercati esteri. Ma anche la sola possibilità di confrontare fra loro i dati dei vari Paesi sarebbe utilissima, poichè delle conclusioni vertenti sulle totalità dei materiali statistici, e non soltanto su determinate masse, oltre che servire alla formazione dei *numeri direttivi*, permetterebbero di stabilire degli *indici territoriali* di indiscutibile valore pratico.

Si potrebbe, per spiegarci con degli esempi, cercare di discernere l'influenza delle diverse condizioni legislative, giuridiche, tributarie, in cui l'industria elettrica si svolge da un luogo all'altro; valutare il servigio che essa rende alla economia di ciascun Paese; seguire gli sbocchi naturali dei grandi mercati dell'energia elettrica e promuovere gli studi per il miglior equilibrio fra disponibilità, produzione, consumi, mediante esportazioni e scambi (senza voler con questo anticipare giudizi sull'esito che sarà riservato al piano, da alcuni vagheggiato, di una futura unione in una sola famiglia delle produzioni di tutte le centrali idrauliche e termiche continentali, servite da gigantesche super-reti europee di discutibile convenienza); creare le basi delle intese finanziarie nel campo internazionale, ecc.

Nel 1925, a Parigi, la Conferenza Internazionale delle Grandi Reti riconobbe l'importanza di una unificazione degli schemi nazionali fino allora adottati (2), e creò allo scopo una speciale Commissione, sotto la presidenza del delegato norvegese M. Norberg-Shulz. Seguirono numerose discussioni e proposte per un modello di statistica internazionale (3).

I modelli che la Commissione concreterà per i resoconti ufficiali, differiranno certamente dai questionari che saranno concepiti per l'uso diretto degli esercenti. Dovendo questi ultimi abbracciare tutta la vita delle imprese, non sarebbe ammissibile di non comprendervi, per esempio, i dati finanziari ed economici, che non si palesano volentieri quando i risultati sono destinati alla pubblicità. Lo stesso si dica di altri elementi, come le tariffe, che sogliono essere esclusi dalle statistiche cumulative (a meno che si tratti di una inchiesta speciale ed approfondita) in quanto, per la loro struttura, essi dovreb-

(1) C. REINDL: « Energiewirtschaft und Statistik ». In *Elektrotechnik und Maschinenbau*, Wien, 23 ottobre 1927, pag. 85. Elektrizitätswerk.

(2) Alcuni Istituti eseguono delle ricerche di carattere internazionale, con puro valore indicativo (United States Geological Survey; United States Federal Power Commission. Cfr. G. MORTARA: « Prospettive Economiche » 1931-9, pag. 307 e segg.).

Le pubblicazioni private esistenti, a carattere di Annuari mondiali, non sono adeguate allo scopo.

(3) STANISLAS BIELINSKI: « Sur l'uniformisation internationale de la Statistique de la production et de la distribution de l'é. é. ». In *Atti del I Congresso dell'Unione Internazionale dei Produttori e Distributori di e. e.* (Roma, settembre 1926), III Sezione, pag. 102 e segg.

M. NORBERG-SCHULZ: « Etablissement de Statistiques internationales sur des bases uniformes pour l'enregistrement des résultats obtenus au point de vue de la production, de la transmission et de la distribution d'é. é. ». Memoria presentata alla Conferenza internazionale di Parigi delle grandi reti elettriche ad alta tensione, giugno 1927. In *Révue Générale de l'Electricité*, Paris, 3 settembre 1927, pag. 339 e segg.

Rapporti su « La Statistica Internazionale » presentati al II e III Congresso dell'Unione Internazionale dei Produttori e Distributori di e. e. (Parigi, luglio 1928. In *R. G. E.*, 13 ottobre 1928, pag. 540 e segg.; Bruxelles, settembre 1930).

Infine la Sezione 33ª della Seconda Conferenza mondiale dell'energia, riunitasi a Berlino nel mese di giugno 1930 (« Problemi della normalizzazione e metodi statistici ») ha chiuso i propri lavori approvando due mozioni, dovute rispettivamente a H. LEISSE e R. ASCHER, con le quali si invita il Comitato Centrale della W. P. C.:

1° ad iniziare i lavori preparatori per l'unificazione su base internazionale delle statistiche dell'energia;

2° a riunire le competenze presenti alla Conferenza per deliberare in merito alla fissazione internazionale delle grandezze e dei concetti che devono servire di base alle statistiche della energia.

bero essere resi comprensibili e ridotti a materiale di valore mediante lunghi commentari. Anche i dati derivati (ossia quelli che si ottengono dai dati di base mediante il calcolo) saranno assai più abbondanti nei formulari particolari che nei formulari ufficiali.

Ma tutto ciò non toglie che le statistiche proprie delle imprese abbiano un carattere fondamentale anche per le rilevazioni collettive, quando si voglia non complicare il lavoro degli uffici e sopratutto consentire lo sviluppo rapido e completo del sistema preconizzato, fino alla sua più completa espressione delle cifre *standard*. Dovendo i due modelli adunque uniformarsi ai medesimi criteri essenziali, sarebbe tanto più urgente determinare le direttive delle statistiche private, per poter poi coordinar ad esse tutte le altre attività.

Nella scelta di siffatte direttive gli elettrotecnici avranno bisogno di esser assistiti, per quanto attiene alla loro competenza specifica, da persone versate nelle scienze economico-commerciali e statistiche. Del resto, per il suo progresso pratico e teorico, la statistica delle imprese ha fiducia negli insegnamenti che verranno dalle applicazioni effettive e nell'affinamento della esperienza e della propria attrezzatura tecnica (1).

Un effetto decisivo, per il più rapido e completo adattamento del *budgetary control* al ramo speciale, si attende anche dall'opera divulgativa e dalle attività che la Conferenza di Ginevra ha suscitato in ogni campo dell'industria.

Lo strumento che le imprese elettriche devono foggiarsi, ha da servire non solo alla sorveglianza, direzione, organizzazione e miglioramento delle aziende, come abbiamo già veduto, ma anche alla verifica interna delle *holding companies* — ora che si manifesta sempre più palese la politica di espansione e di raggruppamento delle imprese, sotto l'impulso di ragioni tecnico-economiche-finanziarie, particolarmente valide per l'industria elettrica — e alla ispezione bancaria, nell'applicazione di quella delicata funzione selettiva — per gli uomini e per le loro iniziative — che è propria dei gestori del credito, ai fini di una sana distribuzione del risparmio.

Per rendere più fecondo il lavoro degli studiosi e delle Commissioni, non si incoraggerà mai abbastanza chi possieda materiale sull'argomento, a pubblicarlo: ma presumerebbe troppo chi volesse fin d'ora fissare una « sistematica » statistica e *budgétaire* avente carattere definitivo. Per parte nostra ci proponiamo, in quello che segue, di coglierne soltanto i più evidenti aspetti primordiali.

## Capo III.

## Generalità sul « Budgetary Control » e sulla statistica di gestione delle imprese elettriche.

Per questo sguardo d'insieme prenderemo le mosse dal budget delle vendite che, secondo lo schema di Ginevra, è il primo budget parziale da stabilire in un sistema razionale di controllo.

Esso risulta dalla combinazione delle due serie di considerazioni: possibilità di vendere e costo e capacità di produzione, e dà la misura delle entrate su cui logicamente si è in grado di contare negli esercizi prossimi; quindi è il solo mezzo per arrivare a un buon equilibrio delle diverse funzioni dell'impresa, alla stabilizzazione delle finanze, del personale e a un funzionamento armonico dell'intera macchina industriale.

Naturalmente le difficoltà che si presentano per la preparazione di tale programma dipendono in generale dal tipo, dalla molteplicità, dalla standardizzazione dei prodotti fabbricati, dalle variazioni della congiuntura e dalle fluttuazioni stagionali inerenti al genere di affari considerato. Ogni varietà d'imprese, anzi ogni impresa individuale, è poi chiamata a risolvere dei propri problemi particolari (2).

Orbene: normalmente nell'industria dell'energia elettrica la standardizzazione è quasi assoluta e la vendita è caratterizzata, prima di tutto, dalla limitazione della sfera di attività di ciascun gruppo esercente. La restrizione dell'ambiente economico particolare da una parte, e la regolata concorrenza dall'altra, pur senza consentire una completa astrazione dallo studio dei fenomeni e movimenti di portata mondiale, poichè ogni impresa produttiva ha dei rapporti di adattamento alle condizioni generali, arrecano tuttavia una semplificazione nel coordinamento di molte notizie che riguardano la vigilanza del commercio, i metodi di penetrazione, la probabile evoluzione dell'ambiente economico pubblico; i problemi dei trasporti, la politica doganale e dei trattati di commercio ecc.

(1) Banse: o. c., pag. 61.

(2) W. Carswell C. A.: « La préparation d'un budget de ventes ». Rapporto della Conf. Int. del b. c. citato. Vol. 11-7.

Una seconda caratteristica risiede nella minore facoltà, in confronto di altri prodotti, di espansione e di contrazione dell'assorbimento dell'energia sotto la influenza dei prezzi. Un motivo della difficoltà di collocamento — almeno a partire da un determinato volume delle vendite e da un determinato grado di saturazione del mercato — è nella stessa limitazione degli sbocchi, ma un altro motivo fondamentale sta nella minore facilità e rapidità di variazione dei costi, data la rilevante entità degli investimenti di capitale, in relazione con la impossibilità di superare un determinato massimo nella produzione specifica degli impianti (fattore di carico) e con le forti resistenze che l'industria incontra per raggiungere tale limite quantitativo.

La possibilità estrema che hanno le imprese elettriche, per realizzare la legge economica dei costi decrescenti con la crescente quantità di prodotto collocata, è nella proporzionalità costante fra l'offerta potenziale e la domanda attuale dell'energia.

Le resistenze a questo proporzionamento provengono dalla impossibilità pratica di accumulare l'energia stessa, ossia dalla soppressione degli stocks, i quali rappresentano bensì per altre industrie una gravosa incognita — per la quantità e per i prezzi di possibile realizzo — ma hanno anche la preziosa funzione di fare da *volano* fra la produzione e la vendita e consentono di adeguare le aziende ad un volume di produzione costante, indipendente dalle vicende stagionali.

Una volta sfruttati i benefici ritraibili dagli scambi dei carichi fra i diversi gruppi di stazioni generatrici, la piena valorizzazione degli impianti si può raggiungere solo mediante la diffusione di nuove applicazioni, le quali, oltre a regolarizzare la erogazione, siano fondate sulle necessità dei consumatori e sulla loro convenienza d'acquisto e non diano luogo a persistenti ragioni di squilibrio fra costi e ricavi per il produttore. In altre parole, affinchè le nuove applicazioni dell'elettricità, che sono le meno redditizie, trovino condizioni favorevoli di vita e la loro diffusione costituisca uno stabile contributo al benessere sociale, le tariffe devono rimanere entro i limiti imposti dalle contrastanti necessità di vincere la concorrenza dell'energia di altra origine e di non accentuare la tendenza, provocata da altre cause economiche, alla diminuzione del margine di utili dell'industria elettrica.

Su questa evoluzione lo spirito di intuizione commerciale non ha grande influenza; essa sarà piuttosto il risultato di un adattamento lento e continuo (1).

Quanto al timore di contrazioni è innegabile che ogni ristagno nel consumo di qualsiasi prodotto ed ogni discesa di prezzi, ha una immancabile ripercussione nell'attività delle singole industrie e quindi nell'assorbimento dell'energia, tanto che questa quantità è ormai considerata un indice dell'indirizzo economico generale. Sta il fatto però che la molteplicità dei servizi che l'energia presta, rende questo indice piuttosto eterogeneo, poichè verosimilmente i rischi inerenti alle singole industrie e alle singole attività economiche, che dal più al meno sono tutte tributarie dell'industria elettrica, in generale si compensano. Ed è appunto questa possibilità di compenso che viene a ridurre il pericolo di contrazioni brusche nella erogazione della energia.

Tutto quanto è stato detto porta di conseguenza una relativa stabilità nel programma delle imprese, una minore arbitrarietà nelle previsioni della Direzione, una maggiore aderenza di queste ai rilievi del passato.

Tale concetto potrebbe sembrare in contrasto con la funzione industriale delle aziende elettriche, che è di precorrere il nascere e il crescere delle altre industrie, per essere pronta a provvedere al loro fabbisogno di energia. Ma si sa che la creazione di nuove industrie, o l'ampliamento o il più intenso sfruttamento delle esistenti, o la trasformazione dei mezzi di lavoro attuali mediante la applicazione di nuovi processi meccanici, per assecondare la tendenza verso una produzione sempre meno costosa, non possono essere universali e repentine. Meccanizzazione e razionalizzazione avranno necessariamente un carattere graduale, dovendosi proporzionare, in ciascun Paese, alla capacità finanziaria di aumento del capitale tecnico, alla disponibilità di materie prime, alla quantità di mano d'opera, al grado di rigidità dei consumi e a molti altri motivi generali di economia e di disciplina della produzione, per non aggravare la disoccupazione operaia e per evitare sovraproduzioni, concorrenze e stasi a breve scadenza.

È superfluo aggiungere che anche per le imprese elettriche nessun pronostico vale per casi fuori del normale, i quali potrebbero consistere (ad esempio per la produzione idrica) nella crescente concorrenza proveniente dal progressivo perfeziona-

(1) E. Cesàri: « La distribuzione di energia come fatto economico ». In *L'Energia Elettrica*, aprile 1931, pag. 305.

mento degli impianti termici e dal basso prezzo dei combustibili, od anche nella instaurazione di un nuovo ciclo nella storia dell'industria elettrica, come conseguenza di invenzioni geniali, che mettano a disposizione dell'umanità nuove forme di energia a costo unitario più basso, o quanto meno portino a radicali miglioramenti nel rendimento degli impianti utilizzatori.

Nè solo alla evoluzione della tecnica è legata la durata industriale degli impianti, ma anche agli sviluppi, ai riordinamenti e rinnovamenti dei servizi, provocati dall'aumento dei consumi.

Per determinatezza della propria base di lavoro da un lato, per difficoltà di allargare la propria affermazione commerciale dall'altro, per scarsa elasticità all'influsso dei fattori economici esterni, le aziende elettriche, se sono lasciate in pace, sono adunque meno soggette a perturbazioni tumultuose e meno si prestano a effimeri fini speculativi, in confronto di altri rami della produzione e dello scambio dediti ai traffici liberi.

L'elevato grado di sicurezza nel volume degli affari e nel processo evolutivo dell'industria conferisce tranquillità nella preparazione dell'attrezzatura produttiva, e con ciò attendibilità non solo al budget di vendita, ma anche agli altri budgets parziali riportati al Capo I: della produzione, dell'acquisto dei materiali, delle spese di esercizio, degli investimenti, nonchè al budget del capitale (che è funzione dei precedenti) e alle direttive della *politica d'azione* o budget generale dell'impresa.

La parte finanziaria ed economica richiede tuttavia una trattazione molto severa: vediamone le ragioni.

Se la limitata producibilità specifica degli impianti è un coefficiente di sicurezza della previsione, perchè circoscrive la variabilità dei prezzi e quindi dei consumi, e per tal modo anche la stabilità del budget del capitale fisso risulta indirettamente rafforzata (miglioramenti, sviluppi, creazioni di nuove installazioni permanenti, ecc.), essa ha per contrapposto un effetto sfavorevole sul budget stesso, poichè esalta l'entità degli investimenti. Nel medesimo senso influiscono il lungo termine di questi, essendo i crediti legati alla rilevante inerzia economica degli impianti — ossia al tempo che essi richiedono per la costruzione e per l'avviamento — e alla durata del processo produttivo, ossia al tempo necessario perchè col reddito netto si possa estinguere il finanziamento di origine. Cosicchè la durata del budget d'investimento — la quale è sempre la più lunga fra quelle dei diversi budgets, poichè abbraccia generalmente non meno di un ciclo di immobilizzazione, ma di preferenza due, vale a dire 9-10 anni almeno (1) — deve nel caso dell'industria elettrica essere differita assai di più.

La stessa pratica degli accordi per la ripartizione geografica della distribuzione si traduce, dal punto di vista patrimoniale, nell'obbligo imprescindibile di sempre nuovi richiami di capitali, per le esigenze del normale sviluppo della clientela.

Tutto ciò porta a due conseguenze: prima, una maggiore necessità di crediti e una maggiore responsabilità nella osservazione del mercato del denaro; seconda, un maggior adito (per questo proiettarsi dell'industria elettrica nel tempo, per modo di dire) ad eventualità sfavorevoli — non soltanto di ordine tecnico, come accennato poco fa, ma di congiuntura — a cambiamenti nel valore della moneta e nelle abitudini dei capitalisti, a condizioni onerose di vendita ecc., le quali potrebbero, a lungo andare, frustrare le pur valide ragioni fondamentali di resistenza dei bilanci. Quindi il dovere di revisione e controlli, almeno annuali, del piano generale, per minuziosa che sia stata la sua redazione iniziale, e una imprescindibile conferma del canone amministrativo — fondamentale per qualsiasi gestione che si ispiri a criteri di probità, ma da interpretare per le imprese elettriche nel senso più rigoroso — che si debba tenere nel massimo conto il fattore « imprevisto » e che la situazione sociale debba essere circondata di tutti i presidi atti a proteggerla e a conservare l'integrità degli investimenti, per meritare la fiducia dell'ambiente capitalistico e del risparmio.

Gli oneri per i fondi di riserva avendo carattere di spese e annualità passive a carico della produzione, gli elementi del budget d'investimento vengono pertanto ad interferire profondamente con quelli del budget di esercizio; ma reciprocamente, le somme accantonate essendo in generale rivestite per l'espansione dell'industria, la prudenza nelle valutazioni che conducono alla formazione dei bilanci si risolve, implicitamente, in una diminuzione delle preoccupazioni per la provvista di nuovi capitali e in un alleggerimento del budget finanziario (2).

(1) Max H. Schmid: « Les affectations de capital e le sistème budgétaire ». Rapporto della Conf. Int. del b. c. citato. Vol. 11-9.

(2) A. H. Kehoe: « Balancing plant investment with operating cost ». In *E. W.*, 18 aprile 1931, pag. 733.

Il budget del capitale di esercizio (spese di avviamento, materie prime e semi lavorate, spese di fabbricazione, prodotti finiti in giacenza, interessi, magazzinaggi, assicurazioni, ecc.) ha importanza secondaria rispetto al budget del capitale fisso, per la semplificazione che proviene dalla abolizione dei tempi di fabbricazione e di trasporto e dei rilevanti gravami per immobilizzi e per interessi passivi che essi comportano; per la relativa rigidità della organizzazione degli approvigionamenti e del lavoro (1), tenuto conto che le proporzioni dei materiali consumati (tranne forse i combustibili, in determinati casi) e della mano d'opera impiegata, lasciano abbastanza tranquilli sul corso delle materie prime e sui problemi del lavoro.

Di più d'ordinario i crediti per somministrazione di energia agli utenti sono limitati regolando il tempo necessario alla fatturazione ed esazione, e garantiti (almeno in parte) mediante cauzioni. Evitando l'inasprimento delle insolvenze, si viene ad attenuare la necessità di accantonamenti, a fronte di crediti inesigibili o nulli.

In conclusione — e senza pretendere di avere esaurito un tema tanto vasto — le precedenti considerazioni preliminari sul budgetary control delle imprese elettriche significherebbero, quanto al mercato normale, che l'attività di questa industria si riduce, sotto certi aspetti, ad un problema locale; che la sua capacità di espansione è soggetta a restrizioni, ma limitati sono anche i rischi di flessibilità della domanda per repentini spostamenti nella massa dei consumatori. Donde minori alee della produzione, degli approvigionamenti e, in generale, di tutto il bilancio industriale di esercizio, e minore estensione (anche per le peculiarità della organizzazione del lavoro) degli argomenti di studio e di ricerca necessari per il programma di azione delle aziende, i quali vengono ad essere racchiusi in un quadro di linee abbastanza semplici ed evidenti.

Così si dica dello studio delle condizioni ambientali e delle interferenze del mondo esterno sulle imprese (*statistica esterna*).

Quanto al piano degli impianti, è consentito un certo grado di tranquillità rispetto al pericolo di duplicazioni, non disgiunto però da una grande responsabilità finanziaria, data la importanza che il capitale fisso ha nell'impresa, per la frazione prevalente che esso rappresenta rispetto al capitale totale, per la continuità degli apporti necessari e per il lontano termine di realizzabilità.

In particolare, il largo uso del credito a lunga scadenza deve rendere cauti contro il pericolo (che non si può escludere, come si sono poco fa esclusi altri rischi del mercato) di azioni calmieratrici trascendenti, nuove o rinnovate, le quali, sovvertendo ogni calcolo preventivo, accelerino il *logorio economico* degli impianti e impongano radicali revisioni di costi e di prezzi.

La solidità patrimoniale delle aziende si controlla indirettamente attraverso la attribuzione dei redditi degli esercizi. Se questa concilierà il salutare concetto amministrativo della equa rimunerazione dei capitali impiegati (che è desiderabile sia tale da incitare i nuovi investimenti e lo sviluppo dell'industria) con la larghezza delle riserve, sarà rafforzata la consistenza sociale e i bilanci futuri saranno premuniti contro l'eventualità di dover fronteggiare avverse situazioni commerciali.

***

Quali sono le conseguenze per la statistica delle imprese elettriche, che scaturiscono dalle nostre conclusioni sul budgetary control?

Come dovrà essa orientarsi affinchè tutti i fatti a carattere periodico permanente, che interessano la vita di questa industria e sono studiabili statisticamente, siano rilevati e ricevano una espressione ed un risalto adeguati alla loro importanza, così da portare — usando sempre i termini di Fayol — il massimo contributo alla funzione amministrativa e al governo degli affari (2) e da far fronte esaurientemente alle prevedibili necessità di analisi, di riordino, di programma, proprie di una verifica generale e permanente?

Alla prima domanda si può rispondere molto brevemente, che le caratteristiche distintive dell'industria lasciano prevedere una semplificazione nell'ispezione quantitativa di tutti gli eventi di una singola impresa elettrica e nella elaborazione dei suoi « coefficienti-tipo ».

Non è altrettanto facile la seconda domanda. Chiunque

(1) Heinz Ludwig: « Le budget du capital d'exploitation ». Rapporto della Conf. Int. del b. c. citato. Vol. 11-8.

(2) Come è noto, la *funzione amministrativa* è quella che nella gestione occupa il primo posto, poichè le sono attribuiti: la previdenza, l'organizzazione, il comando, la coordinazione, il controllo; mentre il *governo degli affari* è definito: « l'arte di condurre l'impresa verso il « suo scopo, cercando di trarre il migliore partito possibile da tutte « le risorse di cui essa dispone ».

si sia occupato dell'argomento sa quanto riesca imbarazzante scegliere, raggruppare, condensare — fra i tanti dati di ogni specie — quelli che meglio servono a collocare nella loro esatta posizione fatti e ragionamenti e presentarli in una forma che permetta ai dirigenti di tenersi strettamente a contatto con l'andamento di dettaglio della propria organizzazione, senza soverchia perdita di tempo, e ai subalterni di ogni grado — ciascuno nell'ambito rispettivo — di giudicare i risultati economici e pratici della propria opera, tenendo per fermo che soltanto la volgarizzazione può assicurare in pieno i benefici di queste rappresentazioni, poichè acuisce il senso di responsabilità e favorisce la educazione psicologica (1).

Gli studiosi hanno proposto delle combinazioni di rapporti caratteristici per raggiungere la conoscenza numerica di una qualsiasi gestione (2). Piuttosto che addentrarci in una discussione astratta sul modo di adattare queste proposte allo studio delle imprese elettriche, ci sembra più conclusivo riportare uno schema di classificazione della materia, che abbiamo sperimentato in un caso pratico, e illustrarne, sezione per sezione, le ragioni direttive, le quali rimangono poi fondamentalmente le stesse già accennate per sommi capi nelle pagine precedenti.

L'esempio specifico su cui ci intratterremo può valere eventualmente per una qualsiasi altra impresa elettrica, poichè tutte le aziende di questo ramo, anche appartenenti a categorie disparate, sono caratterizzate da una similitudine strutturale: quindi si può dire che, adottando un determinato schema pratico, si rimane nella regola teorica della costruzione di una impresa ideale (3). Per le applicazioni singole sarà adunque questione di svilupparne più o meno le diverse parti, a seconda delle possibilità che le fonti offrono e delle esigenze organizzative. Solo entro questi limiti generici l'ordinamento definitivo della materia rimarrà affidato al criterio di ciascun compilatore. Criterio d'altronde non mai arbitrario, anzi in ogni caso subordinato oggettivamente, topograficamente, cronologicamente alle contingenze. Basti osservare, per esempio, che una eccessiva cumulazione di dati potrebbe compromettere le ragioni della statistica, per la scarsità del dettaglio o per il pericolo della compensazione delle influenze; un eccessivo frazionamento (cronologico) potrebbe far sparire, traverso i troppi casi, la visione delle tendenze.

Pertanto, dopo ripartite le operazioni essenziali delle imprese (tecniche, commerciali, finanziarie, di sicurtà, di contabilità, amministrative) in gruppi omogenei, si avrà di mira, *oggettivamente*, di isolare in ciascun gruppo tutti gli elementi che possono essere necessari per ricavare, occorrendo, con rapidità qualsiasi altra rappresentazione di dettaglio: si cercherà, insomma, di evitare che si debba per avventura rinunciare a calcoli, pure utilissimi, in quanto manchino i dati di base o richiedano delle ricerche troppo laboriose.

*Topograficamente* i confini della statistica sono, prima di tutto, quelli della sfera di attività delle imprese, fatta eccezione della cosidetta statistica *esterna*, di cui non ci occuperemo ritenendola compito piuttosto di osservatori economici pubblici che di privati (4). Ma entro questi confini, accettabili per verifiche di insieme, i criteri di frazionamento si ispireranno alle necessità di controllo del mercato. Potrebbe darsi, per esempio, nel caso di risultati troppo riassuntivi, che le caratteristiche dei diversi distretti si coprissero a vicenda.

Infine, la distribuzione delle statistiche *nel tempo* si stabilisce in parte secondo le necessità, in parte secondo le possibilità. La periodicità più adatta per le statistiche tecniche, economiche, commerciali è generalmente la mensile, tranne forse nel caso che le liquidazioni dell'energia venduta si facciano a periodi più lunghi. Ma alcuni rilevamenti possono avere tempi diversi. Per esempio, i dati che riguardano il funzionamento degli impianti di produzione e distribuzione primaria devono essere accertati quotidianamente. Invece i dati finanziari e patrimoniali possono essere meglio raccolti alla chiusura dei bilanci e dell'inventario. Nemmeno i risultati mensili delle rendite e delle spese hanno carattere definitivo, poichè alcuni fattori maturano più tardi: ma questo non sarebbe ragione sufficiente per rinunciarvi, sapendo quanto utile torni agli scopi interni dell'impresa una classificazione, anche meno precisa, dei valori economici, per la vigilanza della congiuntura (costi, getto delle vendite, andamento dei prezzi medi effettivi) e per una previsione sommaria dei profitti o delle perdite mediante il confronto delle spese e rendite dell'esercizio corrente, con le corrispondenti dell'anno precedente, con gli stanziamenti preventivi, ecc. (5).

(1) H. P. LIVERSIDGE: « Budgeting ecc. », l. c.
(2) A. SCHILLING: « Die Lehre vom Wirtschaften ». *V.D.I.*, ed. Berlino 1925, pag. 123 e segg.
(3) BANSE: o. c., pag. 25.
(4) H. A. SNOW: « Management charts, ecc. », l. c.
(5) A. HOFFMANN: « Der Gewinn der Kaufmännischen Unternehmung ». W. Scholl ed. Lipsia. Cap. VII.

Ad ogni modo il ciclo tecnico-economico della gestione ha il suo sviluppo integrale nel periodo di un anno; così che a fine d'anno i risultati già elaborati nei dodici mesi dovranno essere riepilogati e sistematicamente completati mediante altri dati delle rispettive categorie, rimasti eventualmente esclusi dapprima.

Gli aspetti della attività di una impresa acquistano poi di attendibilità e di evidenza estendendo gli studi statistici, per quanto possibile, attraverso il tempo, in modo da fare riferimento a più cicli e consentire il raffronto logico delle varie tappe. Nè occorre rilevare che ciò diventerà assolutamente indispensabile quando si vorrà passare dalle statistiche singole alle statistiche di massa, affinchè la legge delle medie, delle alternanze, delle evoluzioni e delle tendenze, abbia il suo sviluppo integrale.

Una singolarità riguarda la raccolta dei numeri statistici. Le imprese (è stato detto nelle premesse) hanno due possibilità: la rilevazione diretta (*statistica primaria*) e l'utilizzazione di materiale preesistente (*statistica secondaria*) (1).

In genere, la massima parte del materiale statistico delle industrie è tratto dalla contabilità sistematica e da quella dei costi di produzione, mentre la rilevazione diretta ha importanza trascurabile.

Non è lo stesso per le imprese elettriche. Il concetto che le imprese elettriche, come in complesso chiunque gestisce dei servizi centralizzati, sono piuttosto dei vettori che dei produttori, spiega perchè presso di esse manchi una contabilità sistematica dei costi di produzione — intesi come costo per un singolo pezzo, o per una serie di pezzi, o per un periodo di tempo — quale invece si è sviluppata negli altri campi, a base del calcolo dei prezzi di vendita, tanto da poter assumere il criterio dei costi come misura dell'organizzazione. Ne viene che tutti i dati statistici, per la parte relativa alla produzione e alla distribuzione primaria dell'energia, devono essere raccolti espressamente.

Le serie dei numeri statistici accertati hanno valore in sè stesse, per la visione che offrono dei singoli fenomeni nel loro reale sviluppo e perchè consentono degli apprezzamenti, immediati o per confronto con valori tipici preventivamente calcolati, e una analisi precisa delle cause di discordanza (2). Ma una rappresentazione per mezzo di numeri caratteristici riesce più facile e sintetica.

Come è stato detto avanti, non daremo un elenco preliminare delle relazioni da stabilire fra i numeri statistici, ma per far apparire chiare le direttive del piano che riporteremo al capitolo seguente, esso sarà corredato, ad ogni paragrafo, di due schemi grafici: l'uno per la classificazione della materia, l'altro per la dimostrazione delle interdipendenze esistenti fra numeri fondamentali e numeri caratteristici (3).

(1) Il materiale esistente si può trovare: nella contabilità sistematica, nei libri ausiliari, nella contabilità dei costi di produzione, in speciali scritturazioni secondarie dei fatti aziendali, come corrispondenza ecc., in statistiche estranee.

Su « Le fonti della statistica delle imprese » cfr. BANSE: o. c., pag. 62 e segg.

(2) SCHILLING: o. c., pag. 127 e segg.

(3) Con arbitrio forse eccessivo, e contravvenendo alle teorie vigenti in argomento, abbiamo abolita ogni distinzione nella qualifica delle relazioni fra i numeri statistici, chiamandoli in ogni caso *numeri indici*.

BANSE (o. c., pag. 142 e segg.) distingue quattro gruppi di relazioni fra i numeri statistici, secondo che con esse egli vuole esprimere la proporzionalità delle parti al tutto (Gliederungszahlen); la variazione cronologica, oggettiva, topografica di uno stesso fenomeno (Gleichartigkeitzahlen); la connessione di fenomeni che sono funzione l'uno dell'altro o che influiscono l'uno sull'altro (Beziehungszahlen od anche Verursachungszahlen); qualsiasi altro rapporto non appartenente ad uno dei tre gruppi precedenti (Entsprechungszahlen).

Alle relazioni esprimenti la variazione di uno stesso fenomeno appartengono i *numeri indici*, i quali sono calcolati sulla base di una serie o di più serie cronologiche di fenomeni. Quelli calcolati sulla base di più serie sono di gran lunga i più importanti e trovano applicazione specialmente nella statistica dei prezzi e della congiuntura. Il loro scopo è di escludere i casi accidentali nel decorso di un dato evento e di portare lo sguardo sulla condizione e lo sviluppo di un campo più vasto della dottrina economica.

I numeri indici devono essere riferiti ad una base, la quale rappresenta la normalità, il numero *standard*. Nei singoli casi è da esaminare accuratamente quale valore si debba assumere come normale, se il primo numero della serie assoluta, oppure un altro numero della stessa serie, oppure la media di un certo numero di anni o di mesi, oppure un'altra media calcolata non importa come.

Delle difficoltà sorgono nella cernita dei numeri caratteristici per

Se i rapporti mutui fra le varie grandezze di una medesima serie o di serie diverse sono opportunamente determinati, le modalità dei fenomeni rappresentati appariranno generalmente dalla semplice espressione grafica, senza relazioni illustrative (1).

Escludere la necessità di leggende e commenti soggettivi o descrittivi, non significa escludere la necessità di un rapporto introduttivo, dove sia fissata la cronologia dei cambiamenti più salienti — avvenuti tanto nelle costruzioni quanto nell'esercizio e nella complessa organizzazione dei servizi — poichè di tutto questo si dovrà tener conto a momento opportuno nella valutazione delle influenze accidentali, da eliminare quando si voglia procedere alla determinazione delle relazioni fondamentali che governano i fatti osservati.

Non che appartenga alle statistiche di gestione delle singole imprese di formulare le leggi dei fenomeni, mediante la elaborazione dei diversi valori rappresentativi; anzi questo è già stato escluso. Se una impresa possiede delle statistiche abbastanza esatte delle proprie operazioni passate e dei risultati ottenuti, i numeri caratteristici che essa ne ricava, semplicemente rettificati, e l'applicazione, all'occorrenza, dei principi della statistica metodologica, basteranno per tutti gli apprezzamenti critici della gestione e per le conclusioni budgétaires (2). La applicazione dei metodi matematici rimane limitata, al massimo, a quelli più semplici (3).

Le complicazioni sorgeranno, se mai, più tardi, quando si passerà dalle statistiche individuali alle statistiche collettive, la cui funzione definitiva — dopo provveduto alle rilevazioni, al loro controllo per integrare le lacune ed eliminare l'influenza dei fattori di perturbazione, alla classificazione, alla comparazione, sia dell'ammontare di un determinato fenomeno in tempi diversi o sia tra varie categorie qualitative — si esplica appunto nell'impiego di ragionamenti, che permetteranno di risalire dalle manifestazioni alle loro cause e, possibilmente, alla ricerca delle costanti che le caratterizzano (4).

---

la formazione dei numeri standard e nella determinazione del peso da dare loro; altre difficoltà si manifestano al momento della congiuntura, quando mediante i numeri indici si vogliono rappresentare non solo le variazioni assolute dei valori di una serie in proporzioni facilmente confrontabili, ma anche la relatività dell'andamento economico nell'economia generale o nell'economia dell'impresa, oppure si vuole mostrare con precisione numerica il legame reciproco tra questa e quella. Le ultime difficoltà possono essere allontanate solo mediante operazioni complicate.

(1) Non mancano esempi di estese monografie periodiche di indole statistica pubblicate da Società elettriche di particolare importanza. Così gli Annuari della Berliner städtische Elektricitätswerke Akt. Ges. contengono — fra molte altre notizie — i risultati di ricerche ed inchieste, anche mondiali (« Jahrbuch der Verkehrsdirektion », 1929, pag. 73 e segg.). Sono anticipazioni di una attività meglio adatta ad Enti collettivi e che eccezionalmente può essere consentita a Ditte o Gruppi i quali godono di eccezionali aderenze e prestigio e posseggono una organizzazione speciale per la elaborazione delle cifre raccolte.

(2) BANSE: o. c., pag. 207 e segg.

C. GINI: « Appunti di statistica » con aggiunte del Prof. A. DE PIETRI-TONELLI. « La Litotipo » Editrice Universitaria. Padova, 1931.

G. MORTARA: « Lezioni di statistica metodologica ». Soc. Tip. « Leonardo da Vinci », Città di Castello, 1922.

G. DARNOIS: « Statistique matématique ». Gaston Doin e C.ie ed., Parigi.

M. FRÈCHET et M. ROMANN: « Représentation des lois empiriques par des formules approchées ». Léon Eyrolles ed., Parigi 1930.

Si è detto della memoria n. 335 presentata da E. VINDING alla II[a] Conferenza dell'Energia di Berlino (« L'elaborazione del materiale statistico relativo alla industria elettrica »), che essa apre vie nuove, sia pure valendosi di metodi già largamente usati in altre branche della statistica e di materiale quantitativamente insufficiente per trarne conclusioni generali. Vi si trovano alcune applicazioni della teoria della correlazione per determinare i vari fattori che influiscono sulla diffusione e sul consumo dell'e. e. Non conoscendo la memoria originale, non siamo in grado di riferirne in modo preciso.

Un esempio di applicazione del calcolo delle probabilità a problemi di elettricità pratica (calcolo della potenza assorbita dagli ascensori, allo scopo di determinare il carico medio, il riscaldamento medio dei cavi di alimentazione, la taratura degli interruttori automatici di precisione) è nello studio di BASSETT JONES: « Power calculations for elevator by the method of probabilities.» nella General Electric Rewiew, ottobre-novembre 1930, pag. 545 e 650. Ma il problema non rientra strettamente nella statistica della gestione.

(3) BANSE: o. c., pag. 232 e segg. Alcuni esempi pratici si possono trovare in HOFFMANN, o. c. Cap. VIII.

(4) Sono stati pubblicati i risultati di ricerche fatte per la determinazione di alcuni valori caratteristici per gruppi di imprese. Cfr. ad esempio, i saggi di R. T. LIVINGSTON sul capitale fisso, sulle spese di esercizio e sulle rendite; di G. GANASSINI e A. RONCALDIER sul costo capitale specifico dell'energia idroelettrica; di G. CENZATO sul costo della distribuzione nei grandi centri. Questi saggi si troveranno richiamati al Capitolo V, nei paragrafi che trattano degli argomenti rispettivi.

Altri esempi: N. B. HINSON e H. W. TICE: « Master System Planning ». In *E. W.* 23 maggio 1931, pag. 944.

National Electric Light Association: « Utility merchandising achievements and policies 1930 » e « Business opportunities in electrical markets ». *Ivi*, 30 maggio 1930, pagg. 1009 e 1026.

Prima che alla deduzione logica — dai coefficienti-tipo di ciascuna collettività di imprese, considerate come « unità di censimento » — delle cifre standard di significato assoluto e applicabili ai vari gruppi, i Comitati nazionali ed internazionali che saranno designati all'uopo, dovranno adunque procedere alla classificazione degli enti multiformi in categorie omogenee. Ciò non avverrà senza un lungo tirocinio rivolto a superare le diffidenze degli esercenti e a discriminare, con acuto spirito di osservazione, le forti differenze che sussistono, da luogo a luogo, nelle condizioni di produzione della energia, nelle dimensioni e nel tipo delle aziende (appartenenti ad enti pubblici, a privati, miste, per servizio pubblico, per consumo proprio ecc.), nell'ampiezza dei mercati, nelle spese di distribuzione, nelle densità dei consumi, ecc. Ogni impresa dovrà adottare dei criteri uniformi di contabilità e i rendiconti e i bilanci (come è concordemente suggerito a tutte le industrie) dovranno essere resi più semplici ed evidenti.

Ma la creazione dei numeri direttivi — di questo più completo strumento di progresso nel quale si concluderà (quando che sia) il meccanismo di verifica — assicurerà il dominio veritiero dei rilievi statistici e consentirà di estendere a tutte le manifestazioni dell'organismo produttivo i benefici di un metodo di misura, rimasto fino ad ora privilegio del solo campo tecnico (1).

## CAPO IV.

## CENNO SULLA RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEL MATERIALE STATISTICO.

La rappresentazione più espressiva del materiale statistico è notoriamente quella grafica (2). Essa presenta rispetto alle tavole numeriche — qualunque sia l'aspetto che si dà al tracciato per render più immediata l'immagine dei valori rappresentati — una maggiore evidenza dei rapporti che intercedono fra la distribuzione di uno stesso fenomeno in tempi o luoghi diversi, oppure fra le intensità simultanee di più fenomeni; facilita l'eliminazione delle deformazioni accidentali e le generalizzazioni (medie, interpolazioni, estrapolazioni); consente l'applicazione dei principi della geometria per la definizione dei caratteri, ecc.

Si è detto che i grafici statistici, riassumenti in forma sommaria gli eventi fondamentali delle società (*figure-chiave*), servono alla direzione come gli strumenti del quadro servono all'ingegnere di una centrale.

Qualcuno ha rilevata peraltro (3) una inferiorità fondamentale di ogni rappresentazione grafica rispetto al metodo analitico, il quale è meno comprensibile ai non iniziati, ma più scientifico. La inferiorità consisterebbe nel fatto che la rappresentazione grafica non può avere in pratica più di due o, al massimo, tre dimensioni, cosicchè quando si ha da studiare, come talvolta accade, l'influenza di tre o più variabili sopra un dato fenomeno, viene a mancare una percezione esatta, quantitativa, della loro importanza relativa. È facile ribattere che non mancano i mezzi di aiuto, geometrici o pratici (simboli, colori): ma su questo torneremo brevemente alla fine del capitolo.

Per la necessità del nostro schema-tipo bastano generalmente i diagrammi lineari, poichè si tratta, per lo più, di rappresentare delle variabili in funzione del tempo. Di solito il tracciamento si fa col sistema delle *coordinate cartesiane regolari*, con le quali, fra l'altro, trova semplice realizzazione la norma — prescritta come guida a conclusioni pratiche delle ricerche statistiche — di confrontare le distribuzioni effettive con degli schemi teorici, presumibilmente assimilabili alle rappresentazioni concrete, per ottenere degli indici numerici e delle aree geometricamente definite (*indici di distribuzione*), che si prestino alla misura sintetica della variabilità e della concentrazione dei fenomeni (4).

---

(1) SCHILLING: o. c., pag. 122 e segg.

(2) BANSE: o. c., pag. 79 e segg.

(3) E. VELANDER: « Il diagramma a gradini quale strumento di ricerche statistiche ». Memoria n. 368 presentata alla II Conferenza dell'Energia, Berlino.

Anche questa memoria ci è nota soltanto attraverso un riassunto sommario.

(4) BANSE: o. c., pag. 192 e segg.; pag. 200 e segg.

Difatti si può ricorrere, a seconda dei casi, ad alcune o a tutte le seguenti forme teoriche (le figure definite in *a*) *b*) *c*) *e*) *f*)) o non (la figura *d*)) (1):

*a*) la orizzontale $y =$ costante, di compenso del diagramma empirico rappresentativo, la quale esprime l'ipotesi della costanza del fenomeno;

*b*) la retta di equidistribuzione $\frac{y}{x} =$ costante, per ordinate crescenti, la quale esprime la legge di variazione del fenomeno nell'ipotesi della sua progressione aritmetica, ossia di un incremento periodico costante;

*c*) la esponenziale $y = a^x$, la quale esprime la progressione geometrica del fenomeno, ossia il caso teorico di un incremento percentuale periodico costante;

*d*) il diagramma della effettiva variazione percentuale del fenomeno, per ciascun periodo rispetto al periodo precedente;

*e*) l'iperbole equilatera $xy =$ costante, che rappresenta la legge di variazione degli incrementi percentuali nell'ipotesi di un incremento periodico costante del fenomeno. Quindi $y$ è la successione dei valori percentuali della ragione aritmetica.

*f*) la orizzontale $y =$ costante, di compenso del diagramma definito in *d*), dove $y$ corrisponde al *tasso medio di incremento composto*, come è stato chiamato per similitudine con il fenomeno di accumulazione del capitale.

Essi danno (2):

1° Tre serie di *indici di variabilità assoluta*, per differenza fra le ordinate del diagramma empirico rappresentativo del fenomeno e, rispettivamente:

le ordinate corrispondenti della retta definita in *a*) (scostamenti dal valore uniforme);

le ordinate corrispondenti della retta definita in *b*) (scostamenti dai valori della progressione aritmetica);

le ordinate corrispondenti della curva definita in *c*) (scostamenti dai valori della progressione geometrica).

2° Tre serie di *indici di variabilità relativa* :

di primo ordine, nelle ordinate del diagramma definito in *d*) (variazioni periodiche percentuali);

di secondo ordine, per differenza fra le stesse ordinate (variazioni percentuali) e le corrispondenti ordinate della curva definita in *e*) (scostamenti dai valori percentuali della ragione aritmetica) oppure della retta definita in *f*) (scostamenti dai valori del tasso medio di incremento composto).

3° *L'indice di oscillazione* nella retta definita in *b*);

4° Due *indici di evoluzione* nelle rette definite in *a*) oppure in *f*).

5° Cinque serie di *indici di concentrazione*, riducendo a ragione d'anno:

le aree comprese fra il diagramma delle ordinate empiriche, disposte nella successione dei loro valori crescenti, e le figure definite rispettivamente in *a*), in *b*), in *c*);

le aree comprese fra il diagramma degli incrementi percentuali, disposti nella successione dei loro valori crescenti, e le figure definite rispettivamente in *e*) oppure in *f*).

Spesso, più che la rappresentazione cartesiana, riesce spedita ed efficace la rappresentazione *semilogaritmica o a scala logaritmica semplice*, nella quale, come si sa, le ascisse (tempi) sono graduate in scala naturale, mentre le ordinate sono proporzionali ai logaritmi dei numeri segnati (3).

Conviene ammettere che il sistema con ambedue le graduazioni lineari rende con la massima evidenza le variazioni *assolute*; ma, quanto alle variazioni *relative*, il tracciato semilogaritmico offre i seguenti vantaggi:

1° Il diagramma-base rappresenta, senza bisogno di ulteriori operazioni, anche il diagramma degli incrementi percentuali a meno di una costante (peraltro la chiarezza del gradiente assoluto nel diagramma-base rimane evidentemente attenuata).

Per la lettura degli incrementi percentuali occorre creare praticamente due scale logaritmiche ausiliarie, da usare l'una per le diminuzioni (linee discendenti), l'altra per gli aumenti (linee ascendenti). Le due scale sono fra loro reciproche, perchè proporzionali in un caso a $\log y_1 - \log y_2 = \log \frac{y_1}{y_2}$, nell'altro caso a $\log y_2 - \log y_1 = \log \frac{y_2}{y_1}$, e si ottengono praticamente segnando su due striscie della stessa carta logaritmica rispettivamente i complementi a 100, di fronte ai numeri che esprimono i valori dei rapporti $\frac{y_1}{y_2} \times 100$ (essendo $\frac{y_1}{y_2} \leqq 1$), e i valori $\left(\frac{y_2}{y_1} - 1\right) \times 100$, di fronte ai numeri che esprimono i valori dei rapporti $\frac{y_2}{y_1}$, i quali possono variare senza limiti sopra l'unità.

2° Anche senza ricorrere ad alcuna scala, lo stesso diagramma rivela, alla semplice ispezione, la dinamica delle sue variazioni caratteristiche, poichè, salendo o scendendo in modo proporzionalmente più o meno accentuato, esso definisce l'andamento dei coefficienti incrementali delle ordinate: e ciò tanto se si confrontino fra loro diversi punti di una medesima linea, quanto se si confrontino due o più linee fra loro correlative.

Nel caso della statistica il grafico semilogaritmico, considerato come diagramma dei coefficienti incrementali delle ordinate, esprime in forma continua la variazione di questi in funzione del tempo, preso come ascissa, e quindi permette il confronto immediato di ciascuna ordinata con qualsiasi altra, e non soltanto di ciascuna ordinata con la sua precedente, come avviene quando si stabilisce la successione delle differenze o dei rapporti delle ordinate due a due. Basta perciò assumere, caso per caso, come asse delle ascisse l'orizzontale passante per il particolare punto del diagramma cui si vuol fare riferimento.

3° Ciascun diagramma dei coefficienti incrementali, riferito ad un determinato asse delle ascisse, gode della proprietà delle linee derivate $\left(\text{ponendo } Y = \log y - \log y_1 \text{ è: } \frac{dY}{dy} = \frac{1}{y}\right)$;

4° Operando graficamente sui logaritmi, anzichè aritmeticamente sui numeri, le proprietà caratteristiche dei primi lasciano prevedere semplificazioni ed utili combinazioni quando debbansi rappresentare delle grandezze in funzione di due o più altre, tranne beninteso il caso di somme e sottrazioni.

Le rette e le esponenziali, che nei tracciati cartesiani rappresentano i diagrammi ideali, nelle tre ipotesi che siano costanti: il fenomeno, oppure i suoi incrementi periodici percentuali, oppure i suoi incrementi periodici assoluti, diventano nel sistema semilogaritmico, rispettivamente, delle linee logaritmiche e delle rette.

5° Tecnicamente la scala logaritmica è vantaggiosa per la esattezza della rappresentazione, quando i valori da rappresentare hanno variazioni talvolta piccolissime e talvolta grandissime.

In determinati casi, a seconda dei valori che sono oggetto di studio, la nomografia (*anamorfosi*) suggerirà anche altre scale funzionali, per rendere più precisi e più facili il tracciamento e la lettura dei diagrammi (*coordinate iperboliche*, ecc.) (1). Ma ci siamo fermati alla sola rappresentazione semilogaritmica, per il suo campo di applicazione universale in fatto di statistica.

Talora peraltro, e sopratutto nella rappresentazione tecnica del funzionamento degli impianti elettrici, oltre che ai diagrammi lineari è necessario ricorrere ai diagrammi di aree e ai diagrammi solidi. A scanso di ripetizioni, riserviamo questo argomento al capitolo seguente, quando si tratterà del controllo della produzione e distribuzione.

Non è escluso che possano giovare anche agli scopi della statistica di gestione, i cartogrammi, le figure e quegli speciali tipi di grafici che sono tanto apprezzati nella amministrazione, nella tecnica, nel commercio, come strumenti di informazione, di controllo, di previsione, di insegnamento, di direzione e come correttivi dell'organizzazione (grafici Gantt, grafici delle attribuzioni ecc.). Su questi speciali metodi dimostrativi si basa

---

(1) La nostra esperienza ci porterebbe ad escludere, per il momento, la necessità di ricorrere alle seguenti altre forme teoriche:

*a'*) la retta di equidistribuzione $\frac{y}{x} =$ costante, per ordinate decrescenti (decremento periodico costante);

*b'*) i quadranti di ellisse, da definire caso per caso, compresi fra le direzioni positive degli assi coordinati e aventi la concavità, rispettivamente la convessità, rivolta verso l'origine (decrementi periodici crescenti, rispettivamente decrescenti, con legge dipendente dalla radice quadrata del valore delle ascisse e dei parametri assunti);

*c'*) la logaritmica $y = \log x$ (incrementi periodici decrescenti in ragione inversa del valore delle ascisse).

(2) GINI: o. c., Capo III, Sezione III.

(3) GINI: o. c., pag. 194 e segg.

HARTWIG MACHTS: « Betriebsstatistik in Maschinenfabriken »; Hrsg. vom VDMA. Charlottenburg, 1927.

H. HALBERSTAEDTER: « Das logarithmische Diagramm in der Betriebsstatistik ». In *Werkstattstechnik*, 1° novembre 1928, pag. 600.

(1) M. D'OCAGNE: « Traité de nomographie ». Gauthier-Villars ed., Parigi 1899. Cap. II-IV.

la nota teoria degli *armonogrammi*, che è poi il sistema di rappresentazione comparativa, in funzione del tempo, di più fenomeni simultanei concernenti una gestione, per stabilirne le relazioni reciproche (1).

Il *diagramma Gantt* (2) consta di colonne attraversate da linee orizzontali di lunghezza variabile. Ciascuna divisione dello spazio rappresenta insieme una quantità di tempo e un risultato che deve essere ottenuto in tale tempo. Le linee tracciate orizzontalmente attraverso il detto spazio indicano il rapporto dei risultati ottenuti nel medesimo tempo rispetto alle previsioni.

Il *grafico di attribuzione* (3) è più propriamente un mezzo di analisi del funzionamento di un'azienda, e come tale rende i suoi massimi servigi nei problemi di organizzazione; ma la stabilità del metodo e la invariabilità delle sue basi, che sono le caratteristiche *distintive* del sistema, lo rendono appropriato anche come mezzo di analisi statistica. Vi si ricorrerà, per esempio, nel capitolo che abbiamo intitolato « lavoro », il quale raccoglie la materia attinente al personale e alle mercedi.

## Cap. V.

## CLASSIFICAZIONE SISTEMATICA DELLA MATERIA PER LA STATISTICA DI GESTIONE DELLE IMPRESE ELETTRICHE.

Lo schema di classificazione sistematica della materia, da noi adottata per la statistica di gestione di una azienda elettrica di produzione e distribuzione ed al quale abbiamo avuto occasione di richiamarci più volte, è il seguente:

1° controllo della produzione e distribuzione dell'energia; erogazioni e perdite;
2° analisi del mercato;
3° finanza e patrimonio;
4° spese consuntive degli esercizi e utili;
5° lavoro;
6° redditi industriali;
7° equivalenze espresse in lire-carta, lire-oro, lire-merci: Indici generali di valutazione dell'impresa.

Esaminiamo partitamente questi diversi raggruppamenti.

1° *Controllo della produzione e distribuzione; erogazione e perdite* (Tavola I). – Questo paragrafo riassume il catasto degli impianti (in potenzialità od estensione); determina le caratteristiche della produzione e quelle dei consumi; in base a relazioni fra gli indici dei consumi e gli indici geografici, demografici, economici, industriali e finanziari, forniti dalle statistiche generali o da inchieste dirette, stabilisce tempestivamente il programma di esercizio, di acquisto dei materiali di scorta e di magazzino, i nuovi apprestamenti industriali. Rimangono fissati di conseguenza i limiti della funzione finanziaria per l'esistenza dell'impresa.

In definitiva si tratta, quanto agli impianti già in efficienza, di sorvegliarne il rendimento tecnico e — in relazione alle caratteristiche del macchinario generatore e della rete industriale e a quelle del mercato — di ricavare gli elementi per il miglioramento del loro rendimento economico, nel senso di aumentarne disciplinatamente l'uso e di non lasciare possibilmente invenduta la energia sfruttabile (compensazione degli allacciamenti, utilizzazioni temporanee di cascami, forniture reciproche, integrazioni termiche stagionali).

Quanto al piano regolatore delle nuove opere, esso deve essere formulato in modo da impedire — entro determinati limiti — tanto gli eccessivi investimenti e la sovraproduzione, quanto la diminuzione di efficienza e le depressioni; ossia in modo da conciliare i più vitali interessi patrimoniali, con le responsabilità che gli esercenti hanno verso la propria clientela (4).

Gli elementi che raffigurano le particolarità industriali della gestione sono:

*a*) le curve di regime dei corsi d'acqua e di durata dei deflussi, i diagrammi di producibilità e l'energia ricavabile con i mezzi a disposizione; i diagrammi di esercizio degli impianti e l'energia ricavata; l'economia degli impianti termici.

Per questa parte occorre raccogliere sistematicamente i dati climatologici (temperatura, piovosità), i dati idrologici dei fiumi e dei bacini, i carichi delle centrali, delle linee di trasporto, della distribuzione, i consumi di combustibili, lubrificanti, ecc.

*b*) gli impegni verso l'utenza, le potenze consegnate e i consumi di energia effettivi per le diverse specie di prestazioni;

*c*) i fattori di utilizzazione, di rendimento degli impianti, le densità delle vendite — generalmente in kWh e, al caso, in unità servite (corpi illuminanti, motori installati, utenze) — la simultaneità dei carichi impegnati, il grado di fiducia della riserva: più in generale, tutti gli indici tecnici di esercizio che si ottengono dalla elaborazione dei dati *a*) *b*) e dai loro riferimenti mutui o con i dati territoriali, edilizi, anagrafici (1).

Questi valori specifici da una parte misurano la efficienza attuale degli impianti, ed hanno quindi un sostrato economico-finanziario (problemi per la formazione dei prezzi ecc.), dall'altra parte definiscono l'intensità industriale e cittadina della regione (*indici di qualità* delle zone).

*d*) le osservazioni atte a caratterizzare, mediante riduzioni e rapporti, il grado di solerzia esplicato nel funzionamento dei servizi destinati a mantenere e a guadagnare la fiducia della clientela: buona qualità delle correnti (frequenza, tensione, fattore di potenza), stabilità del servizio (numero, estensione, durata delle interruzioni), diligenza della manutenzione (verifiche, riparazioni).

All'assunzione dei dati greggi collaborano tutti i Servizi di ciascuna Azienda.

Per l'esercizio degli impianti si va affermando la tendenza ad accentrare le segnalazioni degli strumenti, valendosi di dispositivi teleindicatori. Ma in generale le comunicazioni da parte degli uffici competenti, centrali o distaccati, avvengono mediante rapporti, giornalieri o mensili, a seconda dei casi.

Ricordiamo, a questo proposito, la dibattuta questione, di importanza non trascurabile, della forma da dare ai rapporti affinchè le notizie fornite rispondano ad uno scopo reale, siano esaurienti, tempestive e senza duplicazioni; non impongano d'altra parte un sovraccarico di lavoro eccessivo o un soverchio onere di personale, nè portino pregiudizio al lavoro normale. Non entriamo di proposito nell'argomento, ma ci limitiamo a constatare la necessità che nell'impostazione di alcuni servizi amministrativi (sopratutto per la parte relativa alla contabilità degli utenti) siano tenute presenti le esigenze della organizzazione statistica e che i tipi di rapporti siano preventivamente ed accuratamente studiati, in modo da ottenere omogeneità di redazione e possibilità di confronti reciproci e di coordinazione dei dati raccolti, per ricavarne il massimo profitto.

Per dare una espressione alle caratteristiche degli impianti, i dati dei rapporti richiedono un'opera quotidiana di sistemazione, da parte dello stesso Ufficio Statistica, almeno quando si tratta di organismi complessi. Ciò riguarda sopratutto la produzione e l'erogazione dell'energia.

Di fatto i kW e i kWh prodotti con mezzi propri o ricevuti da altre Ditte, colle loro caratteristiche, si rilevano giorno per giorno dai diagrammi ricavati dagli strumenti registratori e dalla lettura dei contatori installati nelle centrali di produzione o nelle sottostazioni ricevitrici. Così si dica per i carichi affidati alla distribuzione e per la energia distribuita. Peraltro, in mancanza di apparecchi totalizzatori della potenza, i grafici fondamentali della produzione o della distribuzione si devono comporre sommando insieme i singoli diagrammi wattmetrici giornalieri.

Fatto questo, si tratta ancora di stabilire le caratteristiche dei diagrammi totali del mese, creando i *tipi* per il mese stesso (2) e, quanto alla distribuzione, di frazionare e combinare ulteriormente i tipi mensili, per distinguere, ad esempio, l'erogazione sulle reti ad alta e bassa tensione, i diversi usi cui l'energia è destinata.

I grafici-tipo mensili fondamentali, preferibilmente ritagliati in tavolette, passano ad un archivio separato: con ciascuna serie di dodici si potranno comporre, a fin d'anno, i diagrammi tipo stagionali o annui, calcolare gli indici di utilizzazione degli impianti, ecc.

Con ciascuna serie di 365-366 diagrammi giornalieri dell'anno, rettificati, ritagliati e ordinatamente accostati l'uno all'altro, si usa ancora formare le così dette *montagne di carico*, ossia un

---

(1) F. Nordsieck: « Harmonogramme ». In *Zeitschrift für Organisation*. Berlino, 5 marzo 1931, pag. 106.

(2) Wallace-Clark: « Il diagramma Gantt ». Traduzione dell'Ing. F. Mauro. Biblioteca dell'E.N.I.O.S., Roma, 1928.

(3) M. Hymans: « Une nouvelle méthode d'organisation par les grafiques de liaisons et d'attributions ». In *Bulletin du Comité National de l'Organisation Francaise*. Parigi, giugno 1929, pag. 1.

F. Nordsieck: « Erfassung der Betriebsorganisation durch Organisations-Schaubilder ». In *Zeitschrift für Organisation*. Berlino, 20 settembre 1930, pag. 487.

(4) M. M. Samuels: « System plan alternatives visualized for executives ». In *E. W.*, 31 ottobre 1931, pag. 778.

---

(1) Il fascicolo di marzo 1931 del « Supplemento economico statistico » de *L'Energia Elettrica* contiene una nota su questo argomento, a illustrazione dei nuovi criteri adottati dalla UNFIEL per le proprie statistiche, come avviamento a maggiori perfezionamenti delle statistiche idroelettriche.

(2) H. A. Snow: « Management Charts, ecc. », l. c.

plastico di particolare evidenza anche per i profani, il quale rende l'andamento delle potenze richieste alle officine (generalmente si tratta della produzione), con tutte le loro caratteristiche quotidiane e stagionali (1).

Il rilievo dei carichi richiesti nelle centrali si completa utilmente talvolta rappresentando, su una tavola che ha la scala delle ascisse proporzionali allo spessore dei cartoncini su cui sono disegnati i diagrammi giornalieri, la curva di variazione della potenza che può essere fornita dall'acqua fluente naturalmente (si intende quando le officine fluviali non abbiano un mezzo di accumulazione apprezzabile). Questo *diagramma delle disponibilità* si colloca poi da un lato, o meglio da ambo i lati delle « montagne di carico », con direzione normale a quella dei diagrammi giornalieri, per rendersi conto — mediante la osservazione dei volumi sommersi e dei volumi emergenti dalla curva dei carichi fluviali possibili — del modo come variano i bisogni in rapporto alla producibilità di energia idrica (2).

Comunque fissate, le rappresentazioni solide dell'andamento delle potenze sono nulla più che una chiara cartoteca, poichè, oltre a non consentire l'apprezzamento dei minori carichi occasionali (domeniche) e delle altre irregolarità, si adattano poco per le ricerche.

I sistemi più in uso per la traduzione della figura solida della produzione in una figura piana, sono: *lo stereogramma, le curve di livello* (3), *la curva di durata* (diagramma ordinato dei carichi) (4).

I sistemi delle *curve dei carichi massimi* o *dei carichi medi* danno indicazioni insufficienti, perchè prescindono, il primo dalla durata delle punte registrate, il secondo dal valore delle punte stesse.

Più esauriente è il seguente procedimento (5): dalle curve di durata dei carichi giornalieri (sulle ascisse le ore fino a 24 e sulle ordinate i kW utilizzati per ogni durata determinata) si passa ai *coefficienti di utilizzazione* dei carichi stessi, in percentuali delle 24 ore, e i coefficienti di ciascun giorno (le serie di 10 in 10 %, per esempio) si riportano successivamente sopra una tavola, che ha come ascisse i giorni dell'anno e come ordinate i kW. Raccordando tutti i punti che sono contrassegnati da eguali coefficienti di utilizzazione percentuale, si formano le *linee di eguale sfruttamento* dei carichi, ossia una famiglia di curve ben più caratteristiche ed espressive, non soltanto delle linee dei carichi massimi o dei carichi medi, ma anche della curva di durata, come vedremo fra poco.

Quando si posseggano mezzi per l'accumulazione dell'acqua, il criterio dei coefficienti percentuali si può estendere anche alle potenze disponibili nelle centrali idriche, calcolate in relazione alle portate effettive dei fiumi e al macchinario esistente. Ma per fare ciò occorre saper tracciare preventivamente (nè è detto che ciò sia consentito in ogni caso) un diagramma-tipo su cui si possa sempre modellare il grafico della producibilità: un diagramma cioè la cui parte superiore, in generale, si mantenga in ogni tempo dell'anno sensibilmente simile a quella dei diagrammi di carico giornaliero. Se manca la possibilità dell'accumulazione, i *diagrammi di producibilità* si riducono naturalmente, alla sola curva del 100 %.

In sostanza, la combinazione delle linee di eguale sfruttamento dei carichi e delle linee di producibilità, rende evidenti a colpo d'occhio i rapporti fra disponibilità e offerta, per essere l'una e l'altra espresse in unità omogenee. Ossia permette da una parte il confronto del lavoro richiesto, in un certo periodo, agli impianti a cui i diagrammi si riferiscono, con il lavoro — e non soltanto con la potenza, come nei diagrammi dei carichi massimi — che sarebbe stato disponibile nelle centrali idriche (più semplicemente, consente la valutazione dei kWh che sono andati perduti per insufficienza di carico); dall'altra parte mostra l'andamento della integrazione termica o idrica.

I kWh perduti sono evidentemente rappresentati dalla differenza fra la sommatoria delle aree successivamente comprese fra le curve di disponibilità, ciascuna moltiplicata per il proprio coefficiente percentuale caratteristico, e l'energia prodotta. I kWh di integrazione del carico sono rappresentati dalla differenza fra la stessa energia prodotta e la sommatoria delle aree comprese fra le diverse curve di sfruttamento, sempre moltiplicate per i corrispondenti coefficienti caratteristici (1).

È chiaro che le curve di durata non godono delle stesse proprietà delle linee di eguale sfruttamento o di producibilità, poichè esse non hanno alcun riguardo alla successione con cui i carichi si sono prodotti, e quindi può avvenire che alla richiesta di un determinato carico non corrisponda la disponibilità, o viceversa.

I diagrammi di producibilità, di sfruttamento, di durata dei carichi guadagnano in chiarezza se, anzichè giorno per giorno, vengono fatti riassuntivamente per settimane e per mesi. Una importante conclusione che si può trarre dalla loro integrazione, mensile e annuale, è poi quella del frazionamento dei kWh prodotti alle diverse potenze e delle utilizzazioni medie rispettive (2).

Quanto all'accertamento diretto dei kilowattora mediante i contatori, occorre rimediare alle imperfezioni sistematiche da cui nessuna misura industriale va esente, nonostante la accuratezza delle tarature. Nel caso della produzione, i valori più probabili si possono ottenere conguagliando fra loro periodicamente (per esempio ad ogni decade) più bilanci dell'energia — variamente istituiti fra i kWh entrati (prodotti o ricevuti), e i kWh usciti (impiegati nei servizi interni, perduti nelle trasformazioni e nei trasporti primari, immessi nelle reti, secondo le denuncie che si ricevono dai rispettivi centri di produzione o di erogazione primaria e secondaria) — facendoli quadrare sulla media dei totali e rettificando proporzionalmente le cifre di partenza.

Del resto anche giorno per giorno, con lo stesso metodo delle medie fra le indicazioni dei diversi contatori locali e con facili eguaglianze, si possono ottenere delle compensazioni di errori sistematici e accidentali; come pure un confronto sufficientemente approssimato può farsi fra i kWh prodotti ed acquistati, risultanti dal calcolo diretto, e l'integrale dei diagrammi totali (3).

Nei sistemi complessi è necessario l'uso di un quadro dimostrativo della posizione (elettricamente parlando) e delle caratteristiche di ciascun gruppo misuratore, rispetto alle parti dell'impianto.

Tranne casi speciali di apparecchi compensati (wattmetro, contatori o simile), con i quali si ottiene la misura della energia in un punto della installazione diverso da quello in cui lo strumento trovasi inserito, includendovi le perdite di trasformazione, di trasmissione ecc., i valori delle perdite stesse, per il complesso di ciascuna centrale con le loro linee primarie e sottostazioni derivate, si ricavano da abachi predisposti, per le condizioni di funzionamento prevedibili, in base a ben note relazioni che si fondano sulle caratteristiche costruttive delle linee e dei trasformatori, sui fattori di carico, sui carichi massimi e sulla forma delle curve di carico (4).

Con i dati provenienti a fine mese dall' Ufficio contabilità utenti, il bilancio mensile dell'energia prodotta, di quella perduta negli impianti primari e di quella immessa nelle reti di distribuzione, si può svolgere fino ai consumatori, facendo la suddivisione della energia immessa nella distribuzione in *venduta* e *perduta* (5).

I kW e i kWh venduti si possono poi classificare secondo cri-

---

(1) ADOLPH: « Belastungsgebirge ». In *Elektrotechnische Zeitschrift*, Berlino, 1927, pagg. 5 e segg.

J. MAYRHOFER: « Belastungsgebirge und Jahresbelastungskurve der Elektricitäts - und Strassenbahn - Gesellschaft Linz ». In *Elektrotechnik und Maschinenbau*, Vienna, aprile 1929, pagg. 311 e segg.

(2) GANGUILLET: « La statistique de la production d'énergie des Centrales Suisses d'éléctricité ». In *Atti del I° Congresso dell'Unione Internazionale dei Produttori e Distributori di e. e.* citati. Sezione III, pag. 117 e segg.

(3) W. H. PROESCHOLDT: « Contour map facilitates system load study ». In *E. W.* 24 ottobre 1931, pag. 737.

(4) R. SCHNEIDER: « Analisi e sintesi dei diagrammi di carico ». In *L'Energia Elettrica*, giugno 1929, pag. 627.

(5) P. ATTLMAYR: « Ueber ein neues Belastungsdiagramm ». In *Elektrotecnik und Maschinenbau*, Vienna, novembre 1929, pag. 1025.

---

(1) Le aree si possono valutare col planimetro oppure empiricamente, ritagliando frazionatamente i diagrammi e pesando i ritagli.

(2) Per esempio si è trovato, in un caso pratico, che di 115 500 000 kWh prodotti o acquistati durante l'anno 1930, con una punta massima di circa 30 000 kW, kWh 103 800 000 (90 %) stanno fra 0-15 000 kW, con una utilizzazione media di 6920 ore; kWh 11 700 000 (10%) stanno fra 15 000-30 000 kW, con una utilizzazione media di 780 ore. È evidente l'importanza di una tale determinazione, in relazione alla scelta dei nuovi mezzi di produzione, alla interconnessione elettrica delle centrali e all'equilibrio dei carichi disponibili, ecc.

(3) La esattezza dei procedimenti usati per questi calcoli e per il tracciamento del grafico fondamentale della produzione, trova un riscontro più sintetico a fine mese o a fine anno, nel confronto fra i kWh prodotti o acquistati nel corrispondente periodo e l'integrale delle relative curve di durata.

(4) S. MURRAY JONES and JOEL TOMPKINS: « Determining transmission line losses ». In *E. W.*, 17 novembre 1928, pag. 993.

H. ESTRADA and H. A. DRYAR: « Determining tie line losses ». *Ivi*, 24 ottobre 1931, pag. 745.

(5) E. GENISSIEU: « Commentaires sur les statistiques de la production et de la distribution de l'é. é. en 1926 ». Par. I: « Principes adoptés ». In *Revue Générale de l'Eléctricité*, 16 marzo 1929, pag. 423.

teri che sono dettati da particolari esigenze di analisi del mercato. Ma questo sarà l'argomento del prossimo n. 2.

Anche le perdite di energia nella distribuzione dovranno essere assoggettate ad indagini e localizzate, nel miglior modo consentito dai contatori di cui si dispone nei centri di distribuzione secondari e dalla classificazione della contabilità degli utenti (perdite sulla rete ad alta tensione e trasformatori; perdite sulla rete a bassa tensione; eventuale divisione geografica delle stesse ecc.). Le corrispondenti perdite di potenza, almeno nel loro probabile ordine di grandezza, si devono apprezzare induttivamente.

Lo studio dei rendimenti fallirebbe al suo scopo se non si calcolassero gli scostamenti delle perdite reali dai loro valori teorici.

I *valori teorici delle perdite*, scissi secondo le varie parti degli impianti e le varie cause di dissipazione dell'energia, si determinano, naturalmente, partendo dalle caratteristiche dei generatori e dei trasformatori installati, delle trasmissioni, delle curve di durata dei carichi; ma il calcolo sarà, per la distribuzione, più complicato che nel caso degli impianti primari, per la molteplicità delle caratteristiche dei trasformatori secondari, delle linee (lunghezza e sezioni dei conduttori), dei misuratori, ecc.; per la diversità, da zona a zona, della densità dei carichi, del fattore di carico, della forma delle curve di potenza (1).

Un opportuno congegno statistico si richiede per approfondire gli elementi relativi alle perturbazioni del servizio di carattere generale, allo scopo di ottenere il controllo della continuità sostanziale della fornitura della energia e la valutazione quantitativa delle relazioni di dipendenza fra le circostanze di varia natura che influiscono sulle perturbazioni stesse (2).

La raccolta dei dati di base per questi calcoli, come per il calcolo delle perdite teoriche, comporta un sistema metodico di ispezioni e misure, specialmente sulla distribuzione, le quali peraltro sono fra quelle comunque necessarie agli Ingegneri dell'esercizio, per sorvegliare la qualità del servizio e assicurare l'incolumità delle installazioni.

Del resto, come è stato detto in principio del paragrafo, tutti i rilievi di natura elettrica fatti sulle reti (regime dei carichi, delle tensioni, frequenze, cos $\varphi$, ecc.) — rilievi che l'Ufficio Esercizio sistematicamente registra e mette in rapporto con la potenzialità degli impianti — sono di dominio della statistica anche per gli altri indici che essa ne deve trarre sull'andamento tecnico della gestione e che sono schematicamente indicati nella Tavola I (3).

In caso di anormalità accertate nelle condizioni di sfruttamento e di stabilità degli impianti, la collaborazione fra i diversi reparti continua ad essere vantaggiosa, per la diagnosi e per l'apprestamento dei rimedi che conducono a migliorare il servizio ed il suo costo. Si deve scegliere volta a volta fra i molteplici mezzi di perfezionamento a disposizione, i quali vanno dalla modificazione delle condizioni fisiche o di funzionamento degli impianti (smistamento, rifasamento delle reti, costruzione di nuove linee, interconnessioni, installazione di maggiori potenze) alla riorganizzazione tecnica (sistemi di protezione, di regolazione, di selettività dei guasti, revisione degli isolamenti) e ai provvedimenti di carattere amministrativo (prevenzione degli errori e delle frodi, vigilanza nella percezione dei consumi ecc.).

2° *Analisi delle vendite; attività dei servizi per la vendita; movimento servizi speciali* (Tavola II). – Questo scrutinio, oltrepassando i limiti imposti alla precedente statistica d'insieme, fornisce alcune medie e relazioni, le quali agevolano il controllo globale delle forniture di energia; ma sopratutto ha lo scopo di rappresentare le tendenze fondamentali dei consumi e di ispirare *l'Ufficio Sviluppo* nella prognosi dei « trends » futuri e nelle tariffazioni. Mediante l'analisi della potenzialità attuale del mercato elettrificato e il censimento del mercato non elettrificato, esso organizza la sua opera di propaganda per la difesa e l'intensificazione del commercio dell'impresa, per il reclutamento razionale degli abbonati, per la ricerca di nuove vie di vendita (1).

È in questa opera che trova il suo vero concretamento la massima commerciale più volte richiamata, di promuovere i consumi esistenti e attrarne di nuovi, i quali si compensino con i primi, per potere, con la rettificazione dei diagrammi e la stabilità della produzione, ridurre al minimo i costi unitari della energia e le tariffe.

La statistica del mercato può essere fatta: per qualità, per gruppi di clienti, per valore, per quantità, per distretto geografico ecc. Quindi le classificazioni si uniformano a criteri svariati: caratteristiche di consegna dell'energia (alta, media, bassa tensione); specie del servizio (pubblico, privato); specie degli impianti utilizzatori (illuminazione, forza motrice, trazione, riscaldamento, ecc.); specie degli impianti e tipi delle tariffe di vendita (a forfait, a contatore ecc.); idem e categorie delle utenze (abitazioni, negozi, amministrazioni pubbliche, ecc.); genere di industria (quando trattasi di forniture industriali); idem idem ed entità dei consumi medi, rispettivamente delle potenze impegnate; specie degli impianti e numero dei locali serviti, superficie, ecc.

Il contenuto di questi diversi raggruppamenti può essere la potenza impegnata, oppure la potenza richiesta, oppure l'energia consegnata.

Con gli elementi così raccolti si può procedere alla determinazione delle oscillazioni di congiuntura, stagionali, giornaliere, occasionali (2).

Per le statistiche degli utenti alcune imprese elettriche hanno vantaggiosamente applicato i sistemi di meccanizzazione contabile a schede perforate, i quali offrono molteplici opportunità di selezione e classificazione, prima irrealizzabili (3).

Nel presente paragrafo viene logicamente a inserirsi anche la registrazione dell'attività e la verifica del funzionamento del servizio commerciale, del servizio impianti privati (4) (installazioni, riparazioni, reclami), del laboratorio di taratura misuratori, del servizio di sorveglianza degli apparecchiatori (quasi sempre estranei alle Società esercenti, essi sono spesso soggetti ad una autorizzazione preventiva, nel comune interesse di quelle e del consumatore), dei venditori di apparecchi, degli strumenti di misura installati.

Ad altri indici numerici è affidato di valutare la solvibilità degli utenti; di sorvegliare il servizio degli approvigionamenti e la gestione dei magazzini (5), il servizio dei trasporti ecc.

3 - *Finanza e patrimonio* (Tavola III). – Questo paragrafo verte sui risultati della contabilità patrimoniale in generale (6), e in particolare sul catasto immobiliare.

---

(1) G. Paris: « Rendimento della distribuzione ». In *L'Elettrotecnica*, 25 maggio 1930, pag. 349. — M. M. Koch: « System losses - Their analysès and reduction ». In *E. W.* 28 novembre 1931, pag. 948.
A pag. 1128 dell'*E. W.* 26 dicembre 1931 (« Can losses be reduced?») si possono trovare le percentuali delle perdite di energia risultate sugli impianti di 109 Compagnie americane tipiche, classificate secondo il loro carattere estensivo oppure metropolitano.

(2) Rapporto e discussione sul tema: « La continuità del servizio », *III Congresso dell'Unione Internazionale dei Produttori e Distributori di e. e.* In *L'Energia Elettrica*, ottobre 1930, pag. 895.
H. Leuch: « La continuità del servizio al lume della statistica ». *Ivi*, febbraio 1931, pag. 134.
Sull'importanza di raccogliere dati statistici riguardanti la frequenza dei temporali e dei fulmini, cfr. M. Artini: « Alcuni dati statistici e sperimentali sui fenomeni di origine atmosferica », *Ivi*, pag. 114.

(3) Tanto per queste registrazioni, quanto per l'annotazione delle perturbazioni che si verificano nell'esercizio degli impianti, delle loro cause, del loro andamento, dei provvedimenti presi per eliminarli, è razionale ed istruttivo istituire uno schedario, poichè tale sistema presenta molti vantaggi, in confronto della elencazione in uno o più libri. — R. Werneburg: « Die Aergerkartei ». In *Zeitshrift für Organisation*. Berlino, 20 ottobre 1930, pag. 542.

---

(1) H. P. Liversidge: « Records for, ecc. », l. c.

(2) Banse: o. c., pagg. 151-171. — Hoffmann: o. c. Cap. VIII. Un saggio del genere offre la Bewag a pag. 58 e segg. del suo J.d.V., 1927.

(3) C. A. Everard Greene: « Les machines tabulatrices et le contrôle budgétaire ». Rapporto della Conf. Int. del b. c. citato. Vol. III-18.
N. Riva: « La contabilità delle Aziende di Elettricità e Gas ». In *L'Organizzazione*, Roma, luglio-agosto 1931, pag. 215.
Per la descrizione dei mezzi meccanici (calcolatrici, perforatrici, duplicatrici, selezionatrici, tabulatrici, interpretatrici, ecc.) e per la loro applicazione alla statistica industriale, cfr. A. Schad: « Das Lochkartenverfahren im industriellen Rechnungswesen ». C. E. Poeschel ed . Stuttgart 1930.

(4) B. Biegeleisen e M. Seifert: « La razionalizzazione del lavoro nella Officina del Gas di Cracovia ». In *Przeglond Organizacji*, Varsavia, gennaio-febbraio 1931, pag. 8 e pag. 63.

(5) Sullo speciale argomento della organizzazione dell'ufficio compere, della determinazione pratica delle giacenze e degli acquisti normali per la gestione economica del magazzino, della centralizzazione della statistica (fornitori, prezzi, quantità fornite e loro valore, consumi), cfr. A. Castellazzi: « L'organizzazione dei magazzini, ecc. ». In *L'Organizzazione scientifica del Lavoro*, Roma, aprile 1930, pag. 193.
Czeslaw Narkiewicz: « L'Organizzazione del servizio compere delle grandi aziende industriali ». In *Przeglond Organizacji*, Varsavia, febbraio 1931, pag. 49.

(6) H. A. Snow: « Management charts, ecc. », l. c.

Quanto alla prima parte lasciamo ad altri di decidere, con più specifica competenza, come meglio mettere in rapporto fra loro gli elementi tratti dalla composizione analitica dei bilanci e ricavare dai quozienti un criterio sussidiario di giudizio sulla saldezza finanziaria di un'impresa.

Nello speciale campo dell'elettricità si può richiamare una nota pubblicata dal Prof. B. T. Livingston (1), della quale è facile riconoscere la derivazione da una teoria generale, ampiamente divulgata fra i cultori delle scienze amministrative. Questa teoria tende a costituire il materiale per un lavoro sulle aziende considerate come organismi viventi e si propone di stabilire periodicamente, mediante proporzioni tra i valori assoluti dei diversi elementi patrimoniali, il grado di elasticità, o, come si suole anche dire, *il grado di liquidità* di una impresa: ciò che non sarebbe consentito dalla semplice enunciazione della cifra del capitale (2).

I trattati riportano delle formule di prospetti statistici, armonici con le tavole di classificazione che si vuole adottare, sui quali devono essere inseriti periodicamente i dati che si ottengono dalla registrazione a giornale-mastro o in p. d. (3).

Quanto alla seconda parte, occorre fissare, attraverso una analisi dei libri inventario, la *fisionomia finanziaria* degli impianti. Questo richiede la classificazione *per servizi* degli immobili e dei materiali di dotazione, coi loro costi (*capitale di installazione*) (4), affinchè dei valori così frazionati si possano poi stabilire gli *indici di composizione* (proporzionalità mutua delle parti fra loro o delle parti al tutto) e gli *indici unitari* (rapporti con la potenza installata, oppure richiesta, con la energia prodotta oppure venduta, col numero oppure con la potenza degli impianti utilizzatori derivati, con la superficie oppure con la popolazione servita) (5).

Secondo che si opera sui costi *globali* degli impianti, oppure sugli *incrementi* di ciascun anno, si ottengono due famiglie di indici unitari di costo capitale, riflettenti rispettivamente i mutamenti a carattere evolutivo, oppure le oscillazioni transitorie che avvengono nelle immobilizzazioni.

A loro volta gli indici unitari fondamentali delle consistenze di ciascun servizio possono, volendo, essere suddivisi ulteriormente nei loro valori elementari: si ricavano degli *indici componenti* (produzione idrica o termica, distribuzione urbana o rurale, ad alta o a bassa tensione, ecc.), che combinati insieme, in modo quanto più possibile corrispondente allo sfruttamento che ciascuna specie di utenti fa degli impianti — dalla produzione fino ai diversi punti di erogazione dell'energia interessanti per l'analisi — formano i diversi *indici risultanti* di costo capitale della clientela.

Sebbene la valutazione di un impianto sia operazione più complessa che non il semplice rapporto fra costo e producibilità, tuttavia gli indici componenti e risultanti dei costi-capitale hanno un significato concreto tecnico, finanziario, commerciale, nel senso che le quantità unitarie di capitali investite nelle nuove installazioni si potranno mettere in relazione con l'accurato studio dei progetti e con la diligente parsimonia delle costruzioni; e che esse daranno — con le opportune rettifiche per le fluttuazioni dei prezzi — una norma per i preventivi dei nuovi impianti (6) e per l'analisi preventiva e consuntiva dei capitoli

---

(1) B. T. Livingston: « Eastern utilities subjected to ratio analysis ». In *E. W.*, N. Y. 20 aprile 1929, pag. 778.

(2) Sul concetto della *statistica dinamica* in correlazione alla *statistica statica*, cfr. Banse: o. c., pag. 41. — Più ampio sviluppo ha la teoria in Schilling: o. c.

(3) U. Torlai: « La liquidazione, la trasformazione e la fusione delle Aziende sociali ». Unione Tip. Ed. Torinese, 1921, pag. 165.

(4) Per lo schema del conto « Costruzioni » cfr. H. Gisi: « Entreprises industrielles ». Librairie Polytecnicque, Parigi 1917, pag. 32 e segg.

(5) Il numero degli impianti utilizzatori è una variabile priva evidentemente di significato per la parte che riguarda la produzione, trasmissione e trasformazione primaria, ed eventuali servizi speciali, ma per la distribuzione ecc. essa da generalmente gli indici unitari meglio definiti. Al n. 1 è stato accennato alla convenienza di adottare la stessa variabile per misurare le densità della distribuzione.

Per le linee di trasmissione si usano le variabili « kVA-km », « kW-km », « kWh-km », le quali rappresentano il lavoro da quelle eseguito, meglio che non lo possano rappresentare da soli il carico o la energia e la lunghezza.

(6) P. O. Moore: « Analyzing utility construction cost ». In *E. W.* 25 luglio 1925, pag. 168.

G. Ganassini: « I numeri indici negli impianti idroelettrici ». In *L'Energia Elettrica*, aprile 1928, pag. 497.

Lo stesso: « Determinazione del numero indice del costo capitale specifico dell'energia idroelettrica in funzione di cifre indici fondamentali ». *Ivi*, gennaio 1929, pag. 56.

dei costi dell'energia di carattere permanente (1). Gli stessi capitali fissi classificati per servizi, progressivamente diminuiti nei rispettivi fondi di ammortamento accumulati e aumentati dell'ammontare delle nuove opere, conducono — con procedimento analogo — agli *indici del valore di registro* degli impianti.

Altre serie di indici saranno suggerite più avanti, e precisamente le correlazioni sistematiche e dettagliate fra spese di esercizio e capitali investiti, fra rendite e capitali (2).

Un'appendice del paragrafo dovrebbe essere costituita dalla *statistica del Servizio Costruzioni* (studi, progetti, lavori d'impianto), del quale in molte aziende è sommamente importante definire l'attività ed il funzionamento economico (3).

4 - *Spese consuntive degli esercizi e utili* (Tavola IV). – Questo paragrafo, insieme ai due seguenti, riflette la gestione economica, e più particolarmente la gestione industriale e commerciale delle imprese, e si vale degli elementi tratti dai Conti profitti e perdite (4).

L'analisi delle spese segue due direttive: anzitutto vuole fornire uno strumento di giudizio critico per il funzionamento dei vari Servizi, e fa capo, mediante combinazioni di numeri indici elementari analoghe a quelle testè indicate per gli indici patrimoniali, a delle medie dei costi dell'energia resa nei diversi punti degli impianti e alle diverse classi di utenti (5).

Secondariamente vuol stabilire in cifre i rapporti fra i diversi fattori dei costi di esercizio e d'impianto e giungere, come conclusione, ad un *coefficiente economico* (supposto convenzionalmente eguale al rapporto fra le spese di carattere industriale e i prodotti) che si può assumere come *indice globale dei risultati consuntivi dell'esercizio* (6).

Le due direttive della indagine esigono due diverse classificazioni delle spese:

---

A. Roncaldier: « Costo attuale degli impianti idroelettrici ». *Ivi* maggio 1930, pag. 421.

G. Cenzato: « Costo della distribuzione nei grandi centri ». *Ivi*, pag. 425.

(1) « Distribution costs derived by survey ». In *E. W.* 12 settembre 1931, pag. 467.

Per lo studio consuntivo dei costi dell'energia, più che il *costo tecnico* degli impianti, importa conoscere il *costo finanziario*, ossia il costo del capitale per imposte, ammortamenti, interessi, il quale si ricava meglio dai conti economici degli esercizi, come vedremo al n. 4.

(2) B. T. Livingston: « Utility income statements are analyzed ». In *E. W.* 1° giugno 1929, pag. 1109.

Lo stesso: « Unit costs of operation ». *Ivi*, 13 luglio 1920, pag. 53.

Lo stesso: « Expenses and sales per costomer ». *Ivi*, 24 agosto 1929, pag. 38.

(3) Sul sistema di controllo delle spese d'impianto durante le costruzioni, cfr: O. W. Gatchell: « Control of Construction costs ». In *E. W.* 10 dicembre 1927, pag. 1193.

Y. V. B. Duer: « How the Pennsylvania organised for electrification ». *Ivi*, 22 marzo 1930, pag. 594.

(4) Per lo schema del conto « Spese di esercizio », cfr. Gisi, o. c., pag. [illegible] e segg. — G. L. Fano: « Criteri di gestione delle Società elettriche ». In *L'Energia Elettrica*, ottobre 1925, pag. 971.

(5) Vedasi nota (3) pagina precedente. Inoltre H. A. Snow: « Management charts, ecc. » e H. P. Liversidge: « Records for, ecc. », l. c.

(6) Le spese di carattere industriale sono il totale delle spese consuntive di esercizio, meno le spese per ammortamenti, interessi e imposta R. M. sul reddito, ed eventualmente altre spese analoghe.

Della seconda categoria di spese tratta diffusamente l'Ing. Fano nel suo studio testè citato, a pag. 972 e segg.

« In linguaggio meno tecnico il *coefficiente economico dell'esercizio* « è il numero di centesimi per lira incassata, che deve essere pagata per « le spese di esercizio e manutenzione, prima che si possa provvedere « al servizio del capitale. È un indice abbastanza preciso della pro- « sperità finanziaria di un'azienda.

« Al diagramma del coefficiente economico si può conferire una « apparenza più rappresentativa, dividendo la parte superiore del « foglio in cinque zone orizzontali, mediante delle parallele alla linea « di base. La zona superiore, dove il coefficiente cade quando le spese « quasi pareggiano i prodotti, può essere intitolata: *indispensabile* « *aumentare i prezzi*. Le altre quattro zone possono essere ordinata- « mente intitolate: « *pericolo, tranquillità, prosperità* e infine, *indispe-* « *sabile diminuire i prezzi* » (Snow).

La combinazione delle spese di carattere patrimoniale con quelle di carattere industriale diminuirebbe il valore rappresentativo di questi indici economici, poichè le forme e le condizioni di finanziamento sono diverse dall'una all'altra impresa, ed anche per una stessa impresa in periodi differenti.

*per servizi* : sono i cosidetti *conti di controllo*, con raggruppamenti che seguono gli stessi criteri accennati al n. 3 per le consistenze patrimoniali;

*per categorie* : è il solito conto destinato agli azionisti, con la ripartizione delle spese consuntive secondo le loro due caratteristiche fondamentali, finanziaria ed industriale (1).

Per le aziende elettriche, dato il carattere loro, queste due classificazioni escludono, agli effetti pratici, la necessità di una terza divisione delle spese, d'interesse prevalente per altre industrie, in *spese fisse*, le quali rimangono — entro larghi intervalli — costanti al variare della attività produttiva, e *spese aggiunte*, le quali seguono la produzione nelle sue mutazioni.

La prima classificazione merita speciale attenzione, poichè le modificazioni che inevitabilmente si introducono di anno in anno nei criteri di formazione dei bilanci, vizierebbero i risultati se non si facessero le opportune rettifiche, mentre ogni eterogeneità è tanto meno ammissibile in quanto gli indici unitari dei costi, che discendono dalla medesima classificazione, dovranno essere messi a confronto con gli indici unitari dei prezzi, di cui diremo al successivo n. 6.

Altre avvertenze sono necessarie, per gli elementi di imprecisione che questi conti industriali hanno in sè.

Così i criteri di attribuzione delle spese generali e tributarie a ciascun servizio, non sono sempre intuitivi, nè applicabili in modo invariabile a tutte le aziende. Conviene giudicarne caso per caso, ma col preconcetto — in linea di massima — di attenersi alle formole più semplici fra quante sono suggerite in argomento. Infatti la pratica dimostra che, se la Contabilità sistematica è attenta nell'impostazione delle spese che all'atto stesso della loro rilevazione possono essere attribuite senza difficoltà a voci specifiche, e se i servizi ausiliari (laboratorio verifiche, officina meccanica, falegnameria, trasporti, ecc.), mediante un opportuno sistema di « consuntivi », mandano a carico di ciascun capitolo le quote che effettivamente lo riguardano, l'importo dei valori non immediatamente imputabili ad una determinata fase produttiva non è percentualmente molto elevato rispetto al complesso delle « spese dirette », così che una soverchia complicazione di calcoli porterebbe nei risultati a differenze praticamente trascurabili (2).

Piuttosto che il criterio distributivo del costo dei servizi generali, ha importanza invece il suo accertamento globale, per giudicare come si riduca la quota risultante sulla massa delle somministrazioni di energia, con l'intensificarsi di queste.

Quanto alle variabili cui proporzionare le medie dei costi dell'energia resa alle diverse classi di consumatori, è ancora più evidente che nel caso delle consistenze patrimoniali, la opportunità di ricorrere non solo alle unità di *potenza* e di *energia*, ma anche all'unità *utente* (esclusa sempre la parte che riguarda la produzione, la trasmissione e trasformazione primaria, i servizi speciali), per averne dei valori specifici meglio definiti (3).

Non si deve tuttavia esagerare la portata di questi rapporti, dando loro il significato di *costi reali*, anzichè di *medie di costi*. Abbiamo già accennato al concetto che — le imprese elettriche essendo piuttosto dei vettori che dei produttori — il problema dell'assegnazione delle spese per le loro prestazioni, anche solo per gruppi di consumatori, non può essere impostato con la medesima esattezza con cui si imposta la contabilità dei costi di produzione nelle industrie trasformatrici. Pertanto bisogna accontentarsi di stabilire delle *gamme di costi*, delle *marche* dell'energia, degli indici, insomma, del maggiore o minore pregio in cui questa va tenuta, secondo la disciplina di tempo e le particolarità con cui è erogata (4). La statistica, con le proprie indagini, fornisce molti elementi utili a tale fine, ma non è suo compito approfondire lo studio, poichè essa dovrebbe discriminare — con determinati sistemi e regole che appartengono a un diverso campo dell'economia industriale — oltre le spese consuntive, anche altri fattori, quali per esempio: posizione topografica dell'utenza rispetto alle centrali di produzione, coefficienti di simultaneità, rendimento della distribuzione, caratteristiche elettriche (alta, media o bassa tensione, fattore di potenza), fattore di carico, periodicità della utilizzazione (continua, stagionale, ecc.), orario d'uso (diurno, serale, notturno, ecc.), frazionamento delle installazioni (grandi, medi e piccoli consumatori), condizioni di pagamento, ecc.

Anche senza arrivare a questo, le medie dei costi dell'energia consentono da sole di chiarire i termini del problemi fondamentali di convenienza tecnico-economica per le varie categorie di consumatori e di far delle previsioni riguardo a nuove applicazioni, per talune delle quali (talvolta di importanza nazionale) la possibilità dipende dal costo dell'elettricità.

I cambiamenti che avvengono nella struttura dei bilanci — massime se di carattere continuativo — devono rivelarsi all'analisi dei fattori componenti, tanto considerati nei loro valori assoluti e mutui, quanto nelle loro relazioni con altri fatti dell'impresa.

Gli incrementi assoluti e reciproci delle spese, resi apprezzabili mediante gli *indici di sviluppo* e gli *indici di composizione*, possono trovare origine nella istituzione di servizi nuovi, nella espansione o nel miglioramento dei servizi vecchi; le economie, invece, in restrizioni o eliminazioni di servizi, oppure in una azione improntata a criteri di raccoglimento ecc. (1).

Le oscillazioni nelle distribuzioni relative delle spese, in quanto non siano la naturale conseguenza delle stesse cause di cui sopra, devono dare degli elementi di giudizio sull'essenza dell'ordinamento della gestione, sulla sua attività e sui mutamenti dell'ambiente tecnico, economico, finanziario, sociale, in cui la detta attività si svolge.

Nel nostro schema, per esempio, le spese dei servizi sono state messe in rapporto, voce a voce, con i valori risultanti dalla classificazione per servizi degli immobilizzi. È chiaro che in queste proporzioni (le quali sembrano accettabili anche come *indici del capitale di esercizio*) si riflettono contemporaneamente i fattori di variazione più disparati dell'impresa.

Naturalmente occorre la massima cautela nel porre in evidenza tali fattori, per evitare errori di giudizio grossolani. Ma per convincersi dell'utilità della indagine basta accennare a un solo argomento, vitale per le aziende e sul quale abbiamo insistito al Capo III: quello cioè della attribuzione del reddito e della determinazione delle quote che da esso si traggono per risarcire, riprodurre, rimunerare il capitale (2).

Invero — all'infuori delle prescrizioni di legge o statutarie e delle formole aritmetiche applicabili in pochi casi — le valutazioni e le impostazioni per i fondi di riserva e per le anticipazioni passive (deperimenti, rinnovazioni, ammortamenti, manutenzioni straordinarie, accantonamenti per imposte, per crediti inesigibili, per controversie in corso, per oscillazioni valori e dividendi, per imprevisti, fondo licenziamento personale, ecc.), dal cui complesso dipende la schiettezza dei bilanci e, in parte non trascurabile, la contabilità dei costi dell'energia, sono di natura previsionale. Le figure nelle quali si concentrano le constatazioni del passato possono, all'occasione, richiamare la attenzione degli organi responsabili dell'amministrazione su aspetti non rassicuranti della situazione patrimoniale e sulla opportunità di modificare i propri metodi: comunque essi hanno un valore documentario agli effetti fiscali e preparano una base sperimentale sistematica per la stabilizzazione dei criteri di valutazione delle consistenze (3).

---

(1) C. G. RENOLD: « Le budget considéré comme instrument de contrôle de l'exécution ». Rapporto della Conferenza Internazionale de b. c. citato. Vol. II-6.

E. LANDAUER: « Détérmination des bases d'un budget de dépenses ». *Ivi*.

(2) Come esempio della sottigliezza a cui taluno ama giungere nell'analisi dei tempi e delle spese dei servizi, cfr. « Cost of opening and closing Customers' accounts ». In *E. W.* 18 luglio 1931, pag. 116.

(3) L. R. NASH: « Electric rate analyses ». In *E. W.* 28 giugno 1930, pag. 1336.

(4) A. C. MARSHALL and. H. A. SNOW: « Residence service costs ». In *E. W.* 13 giugno 1931, pag. 1120.

---

(1) Un controllo simile può aver luogo progressivamente anche durante l'anno finanziario, per confronto delle cifre consuntive con le cifre preventive. Chiarendo le ragioni degli scarti che inevitabilmente si producono fra i due conti, si può influire, se del caso, sui criteri di gestione per il tempo rimanente e migliorare le conclusioni finanziarie dell'anno.

(2) HOFFMANN: o. c. Cap. V.

(3) SCHILLING: o. c., pag. 195 e segg. — FANO: « Criteri di gestione, ecc. » l. c.

Il bilancio economico e il bilancio tributario sono mutuamente collegati, ma non identici, poichè differenti sono le loro sfere di interessi (HOFFMANN: o. c., pag. 286 e segg.). Le discussioni più frequenti, in sede di accertamento fiscale, vertono sulle riserve in genere, e in particolare sul valore attuale delle esistenze di magazzino e delle scorte e sulle svalutazioni degli impianti. Per la sincera interpretazione di un bilancio economico in senso tributario è fondamentale la istituzione di un conto speciale che combini le quote di ammortamento inerenti ad un esercizio con quelle inerenti agli esercizi precedenti, poichè esiste una correlazione fra i vari stanziamenti annui che devono concorrere alla completa costituzione del fondo di riserva industriale per le varie parti degli impianti, in rapporto al periodo della loro efficienza presunta (eventualmente complicati dalla durata limitata della concessioni) e al valore di spoglio.

La ponderazione delle quote annue secondo il valore progressivo degli investimenti mette in evidenza le proporzioni del carico derivante a ciascun bilancio dalle riserve volta a volta accantonate, e gli spostamenti, da uno ad altri, che possono per avventura verificarsi in conseguenza dei diversi metodi di costituzione del detto fondo di

5° *Lavoro* (Tavola V). – Riferendosi al *quadro di organizzazione* — che rappresenta l'insieme dell'organismo industriale, la costituzione e i limiti dei servizi, i capi ai quali un agente obbedisce e i subordinati ai quali comanda, e serve a facilitare la creazione e la sorveglianza del corpo sociale (1) —nonchè ai libri di paga questo paragrafo documenta la situazione numerica del personale; redige i numeri indici della occupazione, della qualificazione, della anzianità media, della mobilità; discute — separatamente dagli altri titoli di spesa — le prestazioni d'opera le retribuzioni (stipendi, salari, straordinari partecipazioni ai benefici dell'impresa, premi per le economie, competenze accessorie), i carichi tributari, di previdenza sociale, di tutela del lavoro (assicurazioni, contributi assistenziali, ecc.); compila la statistica degli infortuni.

Una indagine separata di questo titolo di spesa è giustificata dalla incidenza abbastanza rilevante del costo dei servigi sui costi dell'energia e dal concetto che — secondo i dettami delle moderne teorie e senza detrimento, ma anzi con elevazione del suo valore morale — anche il lavoro umano deve essere sottoposto a misure matematiche e il regolamento dei rapporti economici fra le due categorie produttrici presuppone uno studio accurato dell'efficienza e del trattamento del personale.

Facendo le proporzioni fra prestazioni e produzione, fra mercedi e produzione, fra valore del prodotto e prestazioni, e riducendo le mercedi in moneta ai loro valori reali secondo i numeri indici del costo della vita, si ottiene appunto un complesso di medie che riflette nettamente i rendimenti produttivi del personale e — almeno per quanto è consentito dal criterio di calcolo, sempre relativo, degli indici del costo della vita — il livello delle paghe; che quindi non solo attesta il grado di evoluzione e di organizzazione raggiunto dall'industria e il grado di benessere che essa procura ai propri dipendenti, ma può anche servire di guida per la revisione sistematica degli organici e per lo studio di nuovi metodi di rimunerazione e delle altre condizioni di lavoro (2).

Quantunque i problemi economici del lavoro non abbiano, per l'industria elettrica, la medesima urgenza come per le altre industrie che richiedono più larghe prestazioni d'opera, tuttavia essi rimangono anche qui in prima linea, poichè si tratta pur sempre di raggiungere, con la successiva semplificazione e con il coordinamento dei quadri, la massima economia di uomini e di mezzi, mentre con le innovazioni ai patti di lavoro e di mercedi si mira a stimolare l'abilità, l'attività e nello stesso tempo ad accrescere la prosperità del personale, compatibilmente con la potenzialità delle aziende e col giusto prezzo dell'energia.

Posta adunque la importanza di queste riforme, in cui si contemperano le opposte aspirazioni sindacali e l'interesse superiore della produzione e del consumo, è evidente l'utilità di possedere dati statistici di controllo continui e incontrovertibili per la più perfetta conoscenza del fenomeno produttivo.

La rassegna accurata degli infortuni e delle loro conseguenze d'ogni natura, è indicata come un efficace mezzo profilattico.

Nelle pubblicazioni tecniche si può trovare una guida per la impostazione di queste statistiche — in modo da determinare degli *indici di frequenza*, di *gravità*, di *durata*, che riducono ogni serie di rilevazioni a valori paragonabili fra loro e con quelli di altre aziende — ed anche per la creazione di valori base, i quali riportano ad un denominatore comune il rischio di infortuni per le diverse categorie di lavori (3). Questi *indici di rischio*, da ricavare mediante una analisi completa di ciascuna incombenza degli operai e della probabilità e diversa gravità di incidenti che ciascuna di esse presenta, valgono a stabilire il grado di inettitudine relativa praticamente dimostrato nei vari reparti del servizio e ad identificare le operazioni alle quali gli uffici esecutivi devono dedicare la sorveglianza preventiva più rigorosa.

6° *Redditi industriali* (Tavola VI). – Questo paragrafo vuol raggiungere, mediante l'esame quantitativo e qualitativo dei vari cespiti delle entrate industriali, una rappresentazione sintetica del movimento degli affari e definire — integrando gli elementi ricavati ai numeri precedenti, e specialmente ai numeri 1 e 2 — le complesse interdipendenze fra valore degli impianti, utilizzazione, costi dei servizi, prezzi, benefici, per un orientamento dei sistemi di vendita.

Lo schema statistico è concepito correlativamente a quello già esposto per la ripartizione delle spese secondo i servizi.

In primo luogo dai proventi dell'energia venduta per le diverse specie e categorie di impiego, combinati con i rispettivi consumi (in potenza ed energia) e col numero dei consumatori, ricava i *prezzi medi* di vendita e i *getti medi*.

In secondo luogo considera i fattori del reddito nel loro comportamento assoluto (reso evidente dagli *indici di sviluppo*), nel loro comportamento mutuo (*indici di composizione*) e nel loro comportamento relativo ad altri valori, come, per esempio, i rapporti — globali e analitici voce a voce, fin dove è possibile — fra redditi e consistenze patrimoniali (*indici di giro del capitale*) e i rapporti dei prezzi medi ai rispettivi costi medi (*indici del beneficio dell'impresa*) (1).

Il significato economico-commerciale di questi ultimi indici non può sfuggire: oltre a porre in termini genuini i rapporti che passano fra produttori e consumatori dell'energia, essi forniscono una norma per lo studio teorico delle tariffe di vendita.

Conviene chiarire i limiti di tale affermazione. Le stesse restrizioni fatte a proposito del valore pratico delle medie di costo, valgono per le medie dei prezzi, non solo quando esse conglobano i redditi di diverse classi di utenti (poichè delle differenze radicali nei prezzi dell'energia per le diverse prestazioni sono ritenute condizione indispensabile alla sua diffusione), ma anche quando si tratta di appplicazioni della medesima specie. In questo caso ciascuna media è la risultante di una *gamma di prezzi* e in essa si confondono e scompaiono tutti quegli elementi differenziali delle tariffe, dipendenti dalle diverse caratteristiche di prelievo, che si concretano generalmente, caso per caso, in clausole contrattuali accessorie (costante della tariffa di Hopkinson, minimi garantiti, sconti scalari, limitazioni orarie e stagionali, sovraprezzo termico) (2).

Ma nonostante queste restrizioni, è certo che il maggiore o minore grado di aderenza delle medie dei costi — ottenute con la semplice riduzione aritmetica dei principali elementi e prescindendo dalla speciale ricerca accennata al n. 4 — alle rispettive medie dei prezzi (per quanto e le une e le altre rappresentino, in senso assoluto, un'astrazione) potrà dare una giustificazione economica delle tariffe generali e ispirare gli eventuali ritocchi, intesi a ristabilire quell'equilibrio globale fra redditi, spese e benefici, che è, dopo tutto, l'adattamento fondamentale cui tende praticamente l'esercente.

Altri indici degni di rilievo sono quelli che definiscono le *variazioni dei getti medi* (o meglio dei consumi medi) *in relazione alle variazioni delle tariffe unitarie*, di interesse pratico tanto maggiore, in quanto tutti i tentativi di indagine analitica sull'andamento del consumo in funzione del prezzo si sono dimostrati fallaci (3).

C'è pure la consuetudine di fare la riduzione delle tariffe di vendita dal loro valore in moneta al loro contenuto reale, secondo i numeri indici del costo della vita.

Investigazioni del medesimo ordine, ma non di esclusiva pertinenza delle imprese elettriche, sono quelle che tendono a misurare il grado di utilità relativa dell'elettricità per le varie

---

ammortamento — anche se in definitiva equivalenti fra loro — riportandosi in ogni caso al metodo delle percentuali annue costanti.

Se poi è ammesso di proporzionare le svalutazioni degli impianti al loro valore corrente, invece che al loro valore di acquisto, i risultati si rettificheranno in base alle fluttuazioni subite dai prezzi e dalla moneta.

(1) FAYOL: o. c., pag. 112.

S. R. TREVES: « L'organizzazione scientifica dei servizi nelle Società elettriche e telefoniche ». In *Atti del III Congresso Internazionale di Organizzazione Scientifica del lavoro*, pag. 469. Roma, 1927.

(2) Le possibilità di riferimenti sono molteplici e variamente adattabili caso per caso. Cfr., per esempio: BEWAG, *J. d. V.*, 1927, pag. 49 e segg.

In una statistica ufficiale inglese il rapporto fra il valore dell'energia erogata, meno il costo dei materiali usati e il numero delle persone addette all'esercizio, è stato assunto come numero indice dell'industria per ciascun anno. Cfr. *The Electrician*, Londra, 14 ottobre 1927, pag. 463.

In alcuni studi si è tratto partito anche dal rapporto del capitale impiegato col numero delle persone dipendenti. Cfr. MAX HALLER: « Problemi finanziari dell'industria elettrica ed elettrotecnica della Germania ». In *L'Energia Elettrica*, aprile 1931, pag. 348.

(3) W. R. TURNER: « Accident statistics should all be on the same basis ». In *E. W.* 20 dicembre 1930, pag. 1136.

Los Angeles Gas and Electric Corporation: « Accidents prevention pays dividends ». *Ivi*, 23 maggio 1931, pag. 949.

LELAND W. MILLER: « Hazard index method for comparing accident risk ». *Ivi*, 19 dicembre 1931, pag. 1099.

(1) Vedasi nota (3).

(2) E. CESÀRI: « La distribuzione d'energia come fatto economico », l. c.

(3) « La differenziazione dei prezzi — ha concluso l'Ing. CESÀRI nel « suo studio in argomento or ora citato — deve essere il risultato di « un lentissimo lavoro di adattamento; e neppure può essere stabile « ma va soggetta ad una continua evoluzione, risultante dall'azione « di forze economiche esterne, anch'esse lentamente variabili ».

Sul procedimento, cfr. BANSE: o. c., pag. 157 e 172.

applicazioni e il risparmio che i sistemi meccanici portano nel lavoro produttivo e nei costi di produzione; oppure a calcolare l'incidenza del costo dell'energia sui costi dei prodotti (o delle lavorazioni) per le singole industrie e la variazione dell'incidenza stessa al variare di quello e di questi (1) ecc. Da siffatte ricerche si traggono gli elementi che consentono di formarsi un'opinione sulla capacità di scambio fra l'industria elettrica da un lato, e l'una o l'altra industria manifatturiera dall'altro.

7° *Equivalenze in lire carta, lire-oro, lire-merce*, dei principali elementi patrimoniali ed economici.

*Indici generali di valutazione dell'impresa* (Tavola VII). — La riduzione in unità omogenee di tutte le espressioni numeriche dei valori patrimoniali, economici e commerciali più significativi ottenuti nei capitoli precedenti, al fine di renderle interpretabili in modo uniforme e continuo, si impone, nelle statistiche poliennali riflettenti il periodo dalla guerra in poi, per le vicende monetarie e le riforme avveratesi nei vari Paesi.

Sopratutto appropriata, per un esatto accertamento delle reali condizioni di fatto, appare cotesta correzione nel caso della industria elettrica, la quale (come già è stato rilevato), mentre ha spiccato carattere immobiliare a lento ciclo di ricostituzione e di ammortamento dei capitali investiti, è d'altra parte sottoposta a contratti di fornitura a lunga scadenza e a molteplici vincoli politici e giuridici, per cui essa può essere sottratta con suo danno al libero gioco delle forze economiche e incorrere talvolta in stridenti sperequazioni.

La riduzione sulla base del potere d'acquisto della moneta rispetto alle merci (accettando qualche ipotesi semplificativa) sembra più esatta che quella sulla base del suo valore legale, avuto riguardo alla graduale inflazione dell'oro, fino al 1925, e alla lenta deflazione successiva e, per l'Italia, in considerazione della quasi stabilizzazione convenzionale della lira prima del 1919, con le brusche ripercussioni che seguirono nel 1920-1921.

È ben vero che anche le variazioni dei prezzi delle cose e delle prestazioni subirono delle limitazioni, e che l'indice dei materiali e servizi occorrenti all'industria elettrica non coincide con l'indice di variazione generale dei prezzi all'ingrosso; ma questa è una discussione che ci porterebbe troppo lontano dal tema assunto (2).

La parte più complessa è l'apprezzamento del reale valore patrimoniale delle Aziende: alla necessità di questa determinazione non sfuggono neppure coloro che negli anni scorsi hanno effettuato il conguaglio monetario delle proprie attività, poichè la statistica ha bisogno di stabilire non un valore isolato, ma la serie continua di tali valori.

È da escludere che si possa attribuire valore di indice al solo importo del capitale azionario delle Anonime od Accomandite (rispettivamente: capitale di primo impianto per le imprese individuali; capitale di dotazione per le imprese pubbliche), l'industria elettrica ricorrendo anche ad altre forme di finanziamento, che hanno un peso dello stesso ordine di quello del capitale azionario (obbligazioni, prestiti, debiti diversi, sconto di annualità da pagare dallo Stato in conto sussidi, investimenti di riserve di esercizio e di ammortamenti); ed essendo, d'altra parte, il totale delle attività sociali quasi sempre una quantità eterogenea, poichè riflette, attraverso il portafoglio titoli e le partecipazioni, più gestioni distinte.

Un significato patrimoniale abbastanza preciso hanno invece gli investimenti degli impianti, stimati, naturalmente, non al loro valore di inventario, ma secondo il loro effettivo contenuto intrinseco. Pertanto non basta calcolare l'equivalenza pura e semplice dei valori di costo, in base alle risultanze dei vari anni e alla annuale capacità di acquisto della lira (*costo di ricostruzione*) (1), ma secondo i medesimi numeri caratteristici devono essere variati anche i fondi stanziati per ammortamento e riserve relative alle installazioni, la valutazione monetaria netta di queste risultando dal saldo delle due cifre così rettificate, moltiplicato per l'indice dei prezzi in grosso.

Avremo in tal modo ottenuto un *indice degli investimenti*: una stima vera e propria di tutta la compagine patrimoniale richiederebbe poi analoghe revisioni di altre partite, così all'attivo come al passivo della situazione contabile.

Di proposito nei paragrafi precedenti non si è parlato della valutazione commerciale delle aziende, come pure sarebbe stato il caso. Riprendiamo ora l'argomento: si tratta di fissare un procedimento facile per la rilevazione di un *indice del valore commerciale*, da contrapporre alle figurazioni statistiche del valore degli investimenti.

Per le stesse ragioni dette a proposito del capitale azionario per la valutazione patrimoniale, le quotazioni del mercato di borsa (se pure esistono) non sono indici abbastanza sinceri del valore commerciale. Anche se esenti da cause speculative, le sopravalutazioni o le sottovalutazioni dei titoli singoli non scontano soltanto le previsioni circa l'assegnazione dei dividendi, ma sono la risultante di elementi disparati (2).

È ovvio dunque ricorrere, per lo scopo che perseguiamo, ai risultati annui di bilancio (dividendi distribuiti, più riserva ed eventuali riporti a nuovo saldo utili), capitalizzandoli a tassi convenzionali.

I tassi di capitalizzazione possono essere stabiliti, per esempio, sulla base delle medie retribuzioni generali dei capitali investiti nella industria, desunte dalle pubblicazioni ufficiali.

Anche qui giova ripetere che si otterrà un indice verosimilmente ben fondato, ma parziale come criterio di giudizio della forza interna dell'impresa, non potendo l'esame degli avanzi consuntivi essere separato dall'esame di altri fattori, i quali risultano non tanto dall'accertamento del passato, quanto dalla presunzione di valori e di possibilità economiche future. Nè si allude solamente ai fondi impostati per la conservazione del patrimonio, di cui abbiamo altre volte discorso, ma anche all'apprezzamento che si deve fare della utilità supposta degli elementi *attività personale* e *ambiente* di cui l'organizzazione

(1) R. Norsa: « Energia elettrica ed energia umana nell'economia nazionale ». Bologna, Zanichelli ed, 1928. Capitolo II.

A. Taccani: « Incidenza della spesa dell'e. e. sui vari bilanci ». In *L'Energia Elettrica*, maggio 1930, pag. 442.

L. W. W. Morrow: « One price for power ». In *E. W.*, 28 giugno 1930, pag. 1332.

W. J. Hagenah: « Productivity and electrification rise together ». *Ivi*, 19 luglio 1930, pag. 145.

G. Motta: « L'incidenza del prezzo dell'e. e. ». In *L'Energia Elettrica*, settembre 1930, pag. 798.

(2) E. Cesàri: « La produzione e l'impiego dell'energia elettrica in Italia nell'annata 1928 ». In *L'Energia Elettrica*, agosto 1929, Cap. X, pag. 825.

Lo stesso: « La produzione e il consumo dell'energia in Italia nell'annata 1929 ». *Ivi*, agosto 1930, pag. 661.

Lo stesso: « La produzione dell'energia in Italia nell'annata 1930 ». *Ivi*, agosto 1931, pag. 545.

(1) E. De Benedetti: « Le industrie elettriche e la quota di stabilizzazione ». In *Echi e Commenti*, Roma, 5 febbraio 1928, pag. 11.

Relativamente ai *capitali di bilancio* si può osservare che il loro valore reale dipende dal pregio della moneta corrente all'atto del conferimento. Un indice rappresentativo si ottiene mediante la riduzione dei conferimenti in lire-oro e la loro ritrasformazione in lire correnti secondo il corso dell'oro, con procedimento analogo a quello usato per la riduzione degli investimenti in lire-merci e loro ritrasformazione come sopra, secondo gli indici dei prezzi in grosso.

Se è possibile ammettere, almeno per approssimazione, la equivalenza e la simultaneità fra ciascuna impostazione di capitale e il rispettivo impiego, un *indice di primo estimo immobiliare* del capitale investito sarà dato dal rapporto fra gli indici degli investimenti-merci e dei capitali-oro, ritrasformati, anno per anno, il primo in base al corso delle merci, il secondo in base al corso dell'oro in lire correnti.

L'indice precedente non deve essere considerato come *un indice di attività immobiliare* del capitale investito; per ottenere questo scopo esso va ancora ridotto in funzione delle quote di svalutazione assegnate agli impianti. Il seguente procedimento è in pratica abbastanza semplice: i fondi che alla fine di ciascun anno risultano effettivamente accantonati per le svalutazioni, si pesano in ragione delle sommatorie delle consistenze successive degli impianti, ridotte in lire merci — esercizio per esercizio, dall'origine fino all'anno considerato — e ritrasformate (le sommatorie) in lire correnti, e le quote risultanti si confrontano con le quote di svalutazione teorica — stabilite per ciascuna categoria di impianti in base al concetto di mantenere il patrimonio a valore costante e secondo il metodo delle annualità uguali — e parimenti pesate secondo i tempi di funzionamento. Le differenze fra le quote pesate di svalutazione teoriche e le quote effettive rappresentano percentualmente le eccedenze o le deficienze delle riserve tecniche stanziate: i loro complementi a 100 sono appunto i fattori di correzione occorrenti per passare dagli indici di primo estimo agli indici di attività immobiliare del capitale investito.

D'altra parte il rapporto fra l'indice di valutazione commerciale e l'indice del capitale-oro ritrasformato in carta, dà un *indice di attività commerciale* del capitale investito.

(2) Dei procedimenti piuttosto complessi, per quanto empirici e soggettivi, furono escogitati per passare dai valori patrimoniali assoluti — che considerano il patrimonio sotto l'aspetto che chiameremo statico — ai valori relativi (applicazione dei *coefficienti di realizzabilità*) e quindi alla rappresentazione di una *situazione patrimoniale relativa*, la quale offra un più giusto strumento di comprensione del funzionamento amministrativo delle Aziende e del loro stato di equilibrio in regime di vita normale.

Cfr. U. Torlai: o. c.

dispone (efficienza degli impianti, opportunità per lo sviluppo del servizio, bontà della direzione, possibilità di revisione delle tariffe di vendita o di convenzioni con altre aziende, rapporti con gli Enti pubblici ecc.) e alla possibilità di trarre risorsa dalla loro combinazione in gruppi fecondi.

È quanto dire che, se si volesse raggiungere il fine di una stima commerciale periodica relativamente rigorosa, non si potrebbe prescindere dalla compilazione di un bilancio apposito, i cui fattori sono bensì noti alla Direzione, ma, in parte, non figurano nei rendiconti ufficiali (1). E ancora poi con l'avvertenza che una tale stima rimarrebbe valida fino a quando l'impresa è considerata come una fonte di reddito avvenire: ma se (per motivi che non rientrano, del resto, nei confini del presente studio) il punto di vista avesse a mutare, muterebbero necessariamente anche i criteri di apprezzamento dei valori di bilancio.

Accade spesso che gli indici immobiliare e commerciale abbiano un comportamento reciprocamente contraddittorio. Di fatto essi non stanno fra loro necessariamente in una relazione diretta: anzi, sotto certi riguardi, si potrebbe dire che essi stanno in relazione inversa, dato che lo sviluppo delle vendite segue con ritardo lo sviluppo degli impianti.

Ciò porta a concludere che nessuno dei due indici, preso singolarmente, possiede i requisiti per rappresentare, oltre al grado di prosperità istantaneo, la capacità di reddito potenziale di un'impresa, in modo da poter interpretare, sintetizzandoli, tutti gli altri indici — più o meno analitici — che siamo andati mano mano elencando nel corso del presente saggio.

Solo parzialmente probatorio è anche il rapporto fra gli stessi indici di valore commerciale e di valore immobiliare, poichè esso riflette con chiarezza l'intensità di sfruttamento attuale degli impianti, ma non dà alcuna indicazione di carattere tendenziale. La tendenza, anno per anno, ad una maggiore o minore valorizzazione della attrezzatura produttiva si riflette invece bene nell'andamento crescente o decrescente della tangente dell'angolo di inclinazione del diagramma del detto rapporto.

In altri termini le ordinate positive o negative o nulle (per fare tutti i casi) del diagramma derivato del rapporto dei due indici, spostata di un anno in avanti per metterla in fase con la realtà del fenomeno, esprime il miglioramento o il peggioramento o la stabilità dei risultati dell'impresa. Il modo di variare delle stesse ordinate può dare anche un indizio dello stadio di saturazione, della stabilità degli affari e delle possibilità di sviluppo.

Al diagramma derivato dei rapporti fra gli indici commerciale e immobiliare sembra adunque potersi riconoscere il carattere di linea degli *indici di capacità di reddito* di una impresa.

Questa linea gode nello stesso tempo di alcune proprietà, che la raccomanderebbero anche per il caso di statistiche collettive. Esse sono: semplicità di confronti reciproci fra i risultati di due o più aziende o gruppi di aziende; facilità di distinguere le deviazioni di indole generale (concordanti con il « trend » di tutti i gruppi) da quelle particolari (discordanti); in caso di discordanze, possibilità di decidere se queste dipendono da cause costituzionali (deviazioni a carattere persistente) od occasionali (deviazioni a carattere transitorio). Sempre rigorosamente posto, com'è naturale, un criterio stabile nella formazione dei bilanci di una stessa azienda, e identico per aziende diverse.

## CAPO VI.

## CENNO SULL'ORGANIZZAZIONE DELL'UFFICIO PER LA STATISTICA INDUSTRIALE E IL « BUDGETARY CONTROL », DI UNA IMPRESA ELETTRICA.

Rimarrebbe da fare qualche considerazione di chiusura sull'organizzazione dell'Ufficio che ha il compito di raccogliere ed elaborare il materiale statistico e di verifica.

(1) M. PANTALEONI: « Alcune osservazioni sulle attribuzioni di valori in assenza di formazioni di prezzi di mercato ». In *Scritti vari di economia*. Remo Sandron ed.

Per quanto riguarda l'esperimento pratico sul quale ci siamo finora intrattenuti, possiamo dire che, se la prima impostazione del sistema è stata alquanto laboriosa, oramai esso prosegue rapidissimo, poichè gli aggiornamenti sistematici delle tabelle e dei diagrammi sono oltremodo facili.

Più complessa sarebbe naturalmente l'organizzazione nel caso di un Ente finanziario, il quale assommi in sè la direzione e il controllo di numerosi enti industriali insieme coordinati nelle loro molteplici attività con intento unitario, anche perchè allora si potrebbe dare al procedimento la sua massima estensione (1).

In linea generale si può dire che una statistica di gestione non si improvvisa da un giorno all'altro, ciò che del resto non è nemmeno necessario.

Una discussione sulla struttura dell'Ufficio (accentramento o decentramento, con i diversi sottocasi (2)) non pare concepibile per le imprese elettriche. Tutti i Servizi cooperano alla raccolta dei dati, ma il solo Servizio Utenti (e soltanto per la parte relativa alla vendita dell'energia) concorre alla successiva elaborazione. Le altre statistiche, speciali e generali, rimangono affidate a una Sezione apposita, dove peraltro non è indispensabile l'impiego di personale specializzato, all'infuori del Dirigente.

La sorveglianza più facile, la necessità che la trasmissione del materiale, reso tangibile per la gestione traverso l'organizzazione e i congegni statistici, sia rapida e precisa, e che il suo contenuto si converta immediatamente in un mezzo di conoscenza amministrativa, crea una stretta interdipendenza fra Ufficio Statistica e Direzione Generale e ne fa un tutto, per ciò che attiene alla procedura budgétaire e ai relativi collegamenti con le Commissioni espressamente costituite per l'esame dei budgets particolari avanzati dai Capi servizio (3).

Altre considerazioni, poi, consigliano di non separare l'Ufficio stesso dalle Sezioni: « Ricerche », « Istruzione tecnica », « Organizzazione scientifica del Lavoro », le quali, come si sa, hanno l'incarico, presso i Gruppi importanti, di ricercare le più recenti innovazioni nel campo scientifico ed applicativo, di promuoverne la diffusione fra i tecnici, ai fini del costante perfezionamento dell'attrezzatura industriale, dell' incremento della produzione, del migliore disciplinamento e rendimento della gestione (4).

Nelle maggiori « holdings » queste Sezioni dispongono anche di corsi centrali scolastici di pratica specializzata, per il personale tecnico di vario grado.

« Per realizzare i benefici che possono risultare dalla organiz-
« zazione di un tale Servizio, non basta peraltro congegnare
« schemi adatti, aggiungere un ufficio, creare una procedura
« per raccogliere e studiare i dati e per distribuire le informa-
« zioni utili alle persone designate. Il denaro così speso sarà
« sprecato se, oltre a tutto questo, i Dirigenti e i Capi reparto
« non saranno coordialmente disposti per la buona riuscita del-
« l'esperimento, non eserciteranno una assidua sorveglianza e
« non faranno opera di persuasione sugli organi da essi dipen-
« denti, per rendere il sistema una parte vitale del lavoro del-
« l'impresa » (Liversidge).

*Roma, ottobre* 1931-IX. G. L. CASES.

(1) H. P. LIVERSIDGE: « Records for, ecc. », l. c.

(2) BANSE: o. c., pag. 57 e segg.

(3) J. O. MCKINSEY: « Budgets et programmes d'action des entreprises ». Rapporto della Conf. Int. del b. c. citato. Vol. II-11.
H. VINTON COES: « Difficultés et résistences, ecc. », l. c.
H. FAYOL: o. c., Parte II, Cap. 11: « Prévoyance ».
H. NICKLISCH: « Förderung der Praxis, ecc. », l. c.
BANSE: o. c., pag. 59.

(4) H. FAYOL: o. c., pag. 92 e segg.

# I. - CONTROLLO DELLA PRODUZIONE E DELLA DISTRIBUZIONE EROGAZIONE E PERDITE

**Catasto degli impianti**

1) Primari:
   a) kW disponibili nelle centrali
   b) idem nelle sottostazioni
   c) Elettrodotti

2) Di distribuzione e trasformazione:
   a) Linee ad alta tensione
   b) Cabine di trasformazione
   c) Trasformatori (numero e potenza complessiva e media)
   d) Linee a bassa tensione
   e) Prese stradali
   f) Colonne montanti
   g) Derivazioni ecc.

3) Di telecomunicazione

| | |
|---|---|
| Urbani | Illumin. pubblica |
| | Servizi privati |
| Rurali | Illumin. pubblica |
| | Servizi privati |

**Incrementi percentuali**

---

**Produzione e distribuzione**

1) kW:
   a) Diagrammi giornalieri del carico
   b) Diagrammi-tipo mensili del carico
   c) Curve di durata mensili e annue
   d) Diagrammi annui a linee di uguale disponibilità e sfruttamento
2) kWh.

| | |
|---|---|
| Prodotti nelle Centrali | Rapporti dei kW e dei kWh singoli ai complessivi |
| immessi nelle reti | ad alta tensione |
| | a bassa tensione |

**Incrementi percentuali dei kW e dei kWh**

---

**Catasto delle utenze e classificazione secondo le prestazioni dei kW e dei kWh immessi nella rete ad alta tensione**

1) Venduti per servizi pubblici:
   a) Trazione
   b) Illuminazione pubblica
2) Venduti per servizi privati:
   a) Illuminazione privati
   b) Forza motrice
   c) Riscaldamento, ecc.
3) Servizi interni e perdite (reali e teoriche):
   a) Impianti primari
   b) Rete ad alta tensione e trasformatori
   c) Distribuzione a bassa tensione

| | |
|---|---|
| Urbani | per categorie |
| Rurali | |

| Incrementi percentuali dei kW e dei kWh | Rapporti dei kW e dei kWh singoli ai complessivi |
|---|---|

Potenze impegnate secondo le prestazioni.

Fattori di simultaneità dei carichi.

---

**Utilizzazioni medie giornaliere, mensili e annue delle massime potenze rispettive (in ore o in percentuali dei massimi)**

| delle Centrali (singole e complessive) | delle sottostazioni primarie | complessiva alla vendita | | dei trasformatori secondari | | | | ai morsetti dei contatori (complessivamente e per categorie di utenze) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | urbani | | rurali | | |
| | | urbana | rurale | illum. pubbl. | servizi priv. | illum. pubbl. | servizi priv. | |

| Osservazioni climatologiche | Utilizzazione dei bacini: | Portate giornaliere dei fiumi in mc. | Consumi complessivi e specifici: |
|---|---|---|---|
| a) temperatura<br>b) piovosità | 1) dei bacini imbriferi in kWh/mq<br>2) dei bacini d'accumulazione in mc-ore | 1) massime<br>2) minime<br>3) medie<br>4) curve di regime<br>5) curve di durata | 1) dei combustibili<br>2) dei lubrificanti |

---

**Rendimenti in kW e in kWh**

| della produzione | della erogazione | della distribuzione | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | rete alta tensione | | rete bassa tensione | |
| | | urbana | rurale | urbana | rurale |

Num. dei centri serviti

Riferimento alla zona servita:
a) dei kW max
b) dei kWh prodotti
c) del numero delle utenze

| per abitante | per kmq |
|---|---|

**Densità della distribuzione (in kW, in kWh e possibilmente in numero di fanali pubblici o di utenti privati):**

| per ciascuna cabina di trasformazione | per ciascun trasformatore | per ciascun km di linea ad alta tensione | | per ciascun Km. di linea a bassa tensione | | | | per ciascuna presa stradale | per ciascuna colonna montante |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | urbana | | rurale | | | |
| | | urbana | rurale | illum. pubbl. | servizi priv. | illum. pubbl. | servizi priv. | | |

---

**Diagrammi elettrici di consumo**

| frequenza | tensione | fattore di potenza |
|---|---|---|

Interruzioni del servizio dovute a guasti degli impianti (per numero, durata e ore del giorno, estensione):

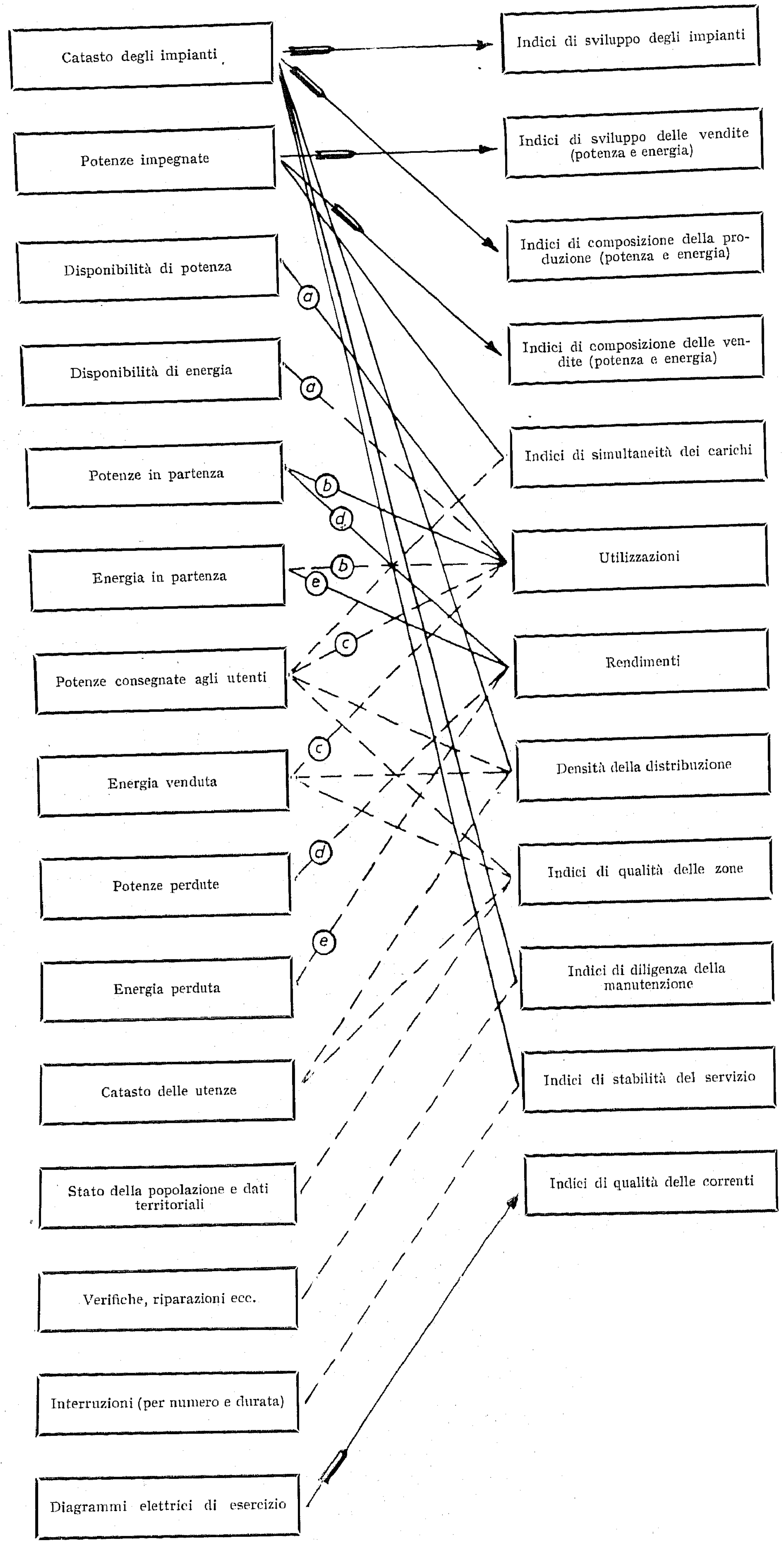
| Impianti primari | Reti di distribuzione | Impianti di telecomunicazione |
|---|---|---|

Collaudi - Verifiche - Riparazioni delle linee:

| primarie | rete ad alta tens. | rete a bassa tens. | telefoniche |
|---|---|---|---|

# SCHEMA DEI RAPPORTI

*I seguenti numeri fondamentali* *servono per il calcolo dei* *seguenti valori caratteristici*




Spiegazione delle linee:
– – – – il numero fondamentale sta al numeratore del rapporto
——— » » » » » denominatore » »

# II. - ANALISI DEL MERCATO

**Catasto della illuminazione pubblica per tipi di lampade**

| urbana | rurale |
|---|---|

- Riparazioni

**Catasto delle utenze private**

| Illuminazione (per tariffe) | | Forza motrice | | Riscaldamento | |
|---|---|---|---|---|---|
| a contatore | a forfait | ad alta tensione | a bassa tensione | ad alta tensione | a bassa tensione |

- Numero degli utenti – Incrementi annui
- Potenze richieste dalle varie categorie
- Potenze richieste specifiche
- Energia consumata dalle varie categorie
- Consumi specifici

**Statistica dei contatori in opera per:**

1) destinazione
2) portate
3) Ditte fornitrici

**Densità delle utenze, delle potenze e dei consumi**

| per abitante sotto rete | eventualmente: per Kmq. sotto rete |
|---|---|

**Analisi delle variazioni**

*a*) di sviluppo della clientela
*b*) di congiuntura
*c*) stagionali
*d*) giornalizrie
*e*) accidentali

# II BIS. - ATTIVITÀ DEI SERVIZI PER LA VENDITA E MOVIMENTO SERVIZI SPECIALI

**Servizio commerciale**

*a*) propaganda
*b*) installatori autorizzati

**Preventivi, contratti, collaudi, allacciamenti, manutenzione impianti**

Numero di:

*a*) domande di utenze
*b*) preventivi
*c*) contratti
*d*) collaudi
*e*) nuovi allacciamenti
*f*) sostituz. d'utenza

*a'*) disdette d'utenza
*b'*) misuratori tolti d'opera
*c'*) derivazioni inattive

*a''*) colonne montanti verificate
*b''*) misutatori cambiati

- Statistiche dei tempi medi dei lavori di allacciamento, ecc.
- Dettaglio dei costi del servizio (dal Capo IV) e indici di costo

**Laboratorio di taratura e riparazione misuratori.**

Numero delle verifiche e tarature misuratori:
*a*) contatori provenienti: dai fornitori dall'esercizio
*b*) limitatori
*c*) apparecchi speciali
*d*) a domicilio

- Statistica degli errori dei contatori:
  *a*) per entità
  *b*) per Ditte fornitrici
- Statistica dei tempi medi di taratura
- Dettaglio dei costi del servizio (dal Cap. IV) e e indici di costo

**Letture, fatturazioni, esazioni consumi**

*a*) numero delle letture
*b*) numero delle bollette e fatture
*c*) numero delle esazioni coattive
*d*) numero delle inesigibilità

- Servizio legale
- Statistica dei tempi medi delle letture, fatturazioni, esazioni consumi
- Dettaglio dei costi del servizio (dal Cap. IV) e indici di costo

**Reclami e posto di guardia**

Numero dei:
*a*) reclami
*b*) sopraluoghi
*c*) riparazioni
*d*) chiamate per cause estranee all'Azienda

**Approvigionamenti magazzini materiali e scorte combustibili e lubrificanti**

*a*) carico
*b*) scarico
*c*) consistenze
*d*) rapporti $\frac{b}{c}$

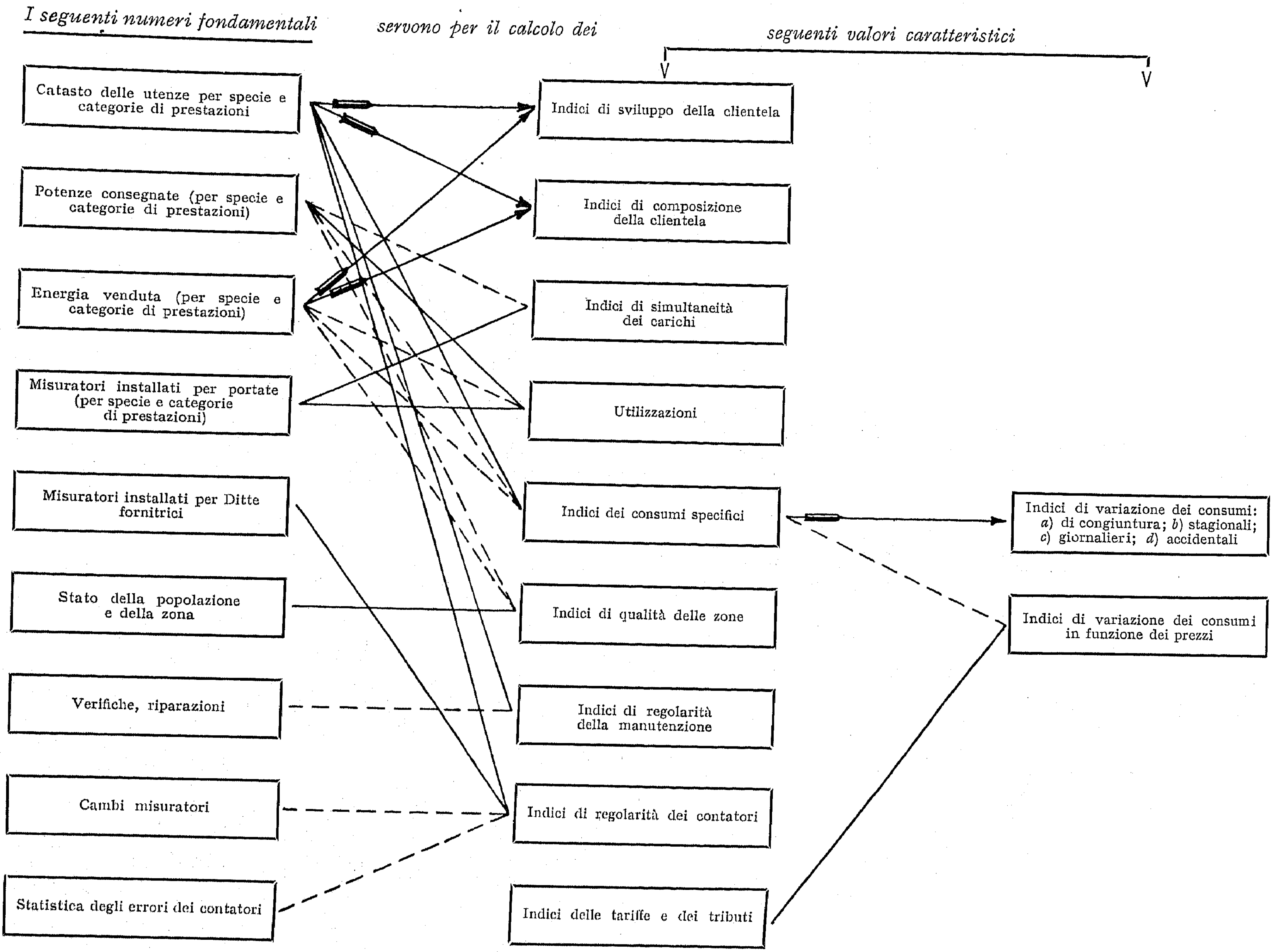
Dettaglio dello scarico:
1) costruzioni
2) esercizio
3) vendita
1) e 2) suddivisi per servizi

- Statistica degli acquisti e dei prelevamenti
- Dettaglio dei costi del servieio (dal Cap. IV) e indici di costo per:
  *a*) acquisti, collaudi
  *b*) magazzinaggio
  *c*) distribuzione
  *d*) contabilizzazione
  *e*) svalutazioni

**Economato**

**Trasporti**

# SCHEMA DEI RAPPORTI




Spiegazione delle linee:

- - - - il numero fondamentale sta al numeratore del rapporto

——— » » » » » denominatore » »

# III. - FINANZA E PATRIMONIO

ATTIVO

*a*) Capitali investiti (compresi magazzini e opere in costruzione) e concessioni
*b*) Proprietà immobiliari
*c*) Disponibilità in cassa e presso banche o terzi
*d*) Conteressenze e titoli di proprietà
*e*) Totali

PASSIVO

*a*) Capitale azionario
*b*) Riserve patrimoniali (compreso fondo ammortamenti)
*c*) Obbligazioni
*d*) Conti correnti passivi, depositi utenti per garanzia, fondo quietanza personale, saldo debiti-crediti, ecc.
*e*) Totali

Rapporti vari fra attività e passività (1)

Corso di borsa dei titoli del Gruppo

Confronti con i corrispondenti numeri indici delle quotazioni dei titoli elettrici

CONSISTENZE PATRIMONIALI DEGLI IMPIANTI IN ESERCIZIO E DEI MAGAZZINI, RIPARTITE SECONDO I PRINCIPALI RAMI DEI SERVIZI (2)

*a*) Servizi generali
*b*) Produzione, trasporto e trasformazione primaria
*c*) Trasformazione e distribuzione sulle reti
*d*) Illuminazione pubblica
*e*) Vendita a privati
*f*) Servizio commerciale
*g*) Totali

| Incrementi percentuali | Rapporti delle consistenze singole alle totali | Riduzione ai loro valori unitari: *a*) delle consistenze globali per servizi totali *b*) degli incrementi annui per servizi totali | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Per kW di max. carico | Per kWh venduto | Per unità utilizzatrici [numero di utenti (trasf. II distribuz. vendita ai privati) o di fanali, ecc.] |

COMPONENTI DELLE CONSISTENZE DEI SINGOLI RAMI DEI SERVIZI:
*a*) globali
*b*) incrementi annui

| Produzione ecc. | Trasformazione e distribuzione sulle reti | Illuminazione pubblica | Vendita ai privati |
|---|---|---|---|
| *a*) Idrica<br>*b*) Termica | 1) Urbana:<br>*a*) Linee A.T.<br>*b*) Cabine trasfor.<br>*c*) Trasformatori<br>*d*) Rete B.T. illuminaz. pubblica<br>*e*) Rete B.T. servizi privati<br>2) Rurale:<br>idem. | 1) Lampade in derivazione:<br>*a*) intensive<br>*b*) normali<br>2) Lampade in serie:<br>idem. | *a*) Prese<br>*b*) Colonne montanti<br>*c*) Derivazioni<br>*d*) Misuratori<br>*e*) Laboratorio di taratura e riparazioni<br>*f*) Servizio commerciale |

Riduzione delle consistenze componenti ai loro valori unitari.

N.B. - A seconda dei casi si scelgono unità: di potenza, di energia, di lunghezza, di numero.

RISULTANTI DELLE CONSISTENZE UNITARIE DEGLI IMPIANTI, FINO ALLE UTENZE SITUATE NEI DIVERSI PUNTI DI EROGAZIONE:
*a*) Globali
*b*) incrementi annui
N.B. - Tenere conto delle perdite

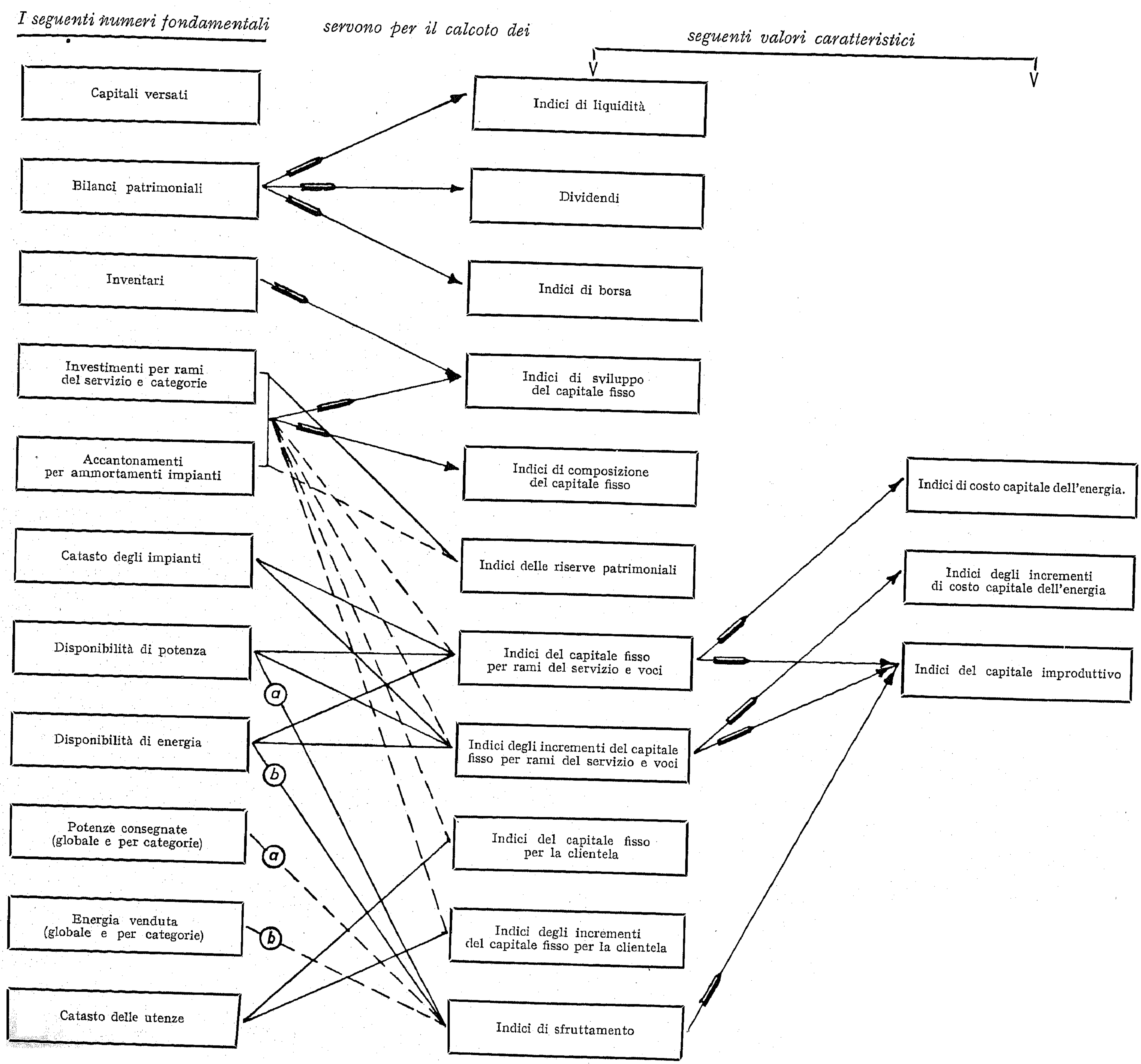
| Per kW di max carico | | Per kWh venduto | | Per unità utilizzatrici (numero di utenti, di fanali, ecc.). | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Erogazione nelle Centrali | Erogazione sulla rete urbana | | | Erogazione sulla rete rurale | | |
| | ad alta tensione | a bassa tensione | | ad alta tensione | a bassa tensione | |
| | | illum. pubbl. | servizi priv. | | illum. pubbl. | servizi priv. |

Incrementi percentuali

(1) Cfr. B. T. LIVINGSTON: « Eastern utilities subiected to ratio abalysis ». In *Electrical World*, 20 aprile 1929, pag. 778.

(2) Per l'uso a cui questi dati sono destinati conviene che la classificazione per servizi degli investimenti patrimoniali corrisponda a quella delle spese degli eserczi, classificazione che a sua volta è in relazione con i capitoli della contabilità economica.

# SCHEMA DEI RAPPORTI




Spiegazione delle linee:

– – – – il numero fondamentale sta al numeratore del rapporto

——— » » » » » denominatore » »

# IV. - SPESE CONSUNTIVE DEGLI ESERCIZI E UTILI

### Per categorie

1) Spese di carattere patrimoniale:

*a)* Ammortamenti
*b)* Interessi sui capitali investiti (si calcolano in base a un tasso da stabilire)
*c)* Imposta R. M. sul reddito ecc.
*d)* Totali

2) Spese di carattere industriale:
*a)* Stipendi, salari e altri oneri per il personale
*b)* Combustibili e lubrificanti
*c)* Energia acquistata da terzi
*d)* Materiali per manutenzione e riparazioni
*e)* Materiali per esercizio
*f)* Spese generali, ecc.
*g)* Spese commerciali
*h)* Totali

3) Utili e perdite nette (=utili o perdite di registro, diminuiti o aumentate rispettivamente degli interessi di cui alla lettera 1-*b*) comprensivi della parte da imputare a riserve.

| Incrementi percentuali | Rapporti delle spese per categorie e per voci e degli utili | | | Riduzione delle spese per categoria e globali ai loro valori unitari |
|---|---|---|---|---|
| | alle spese totali | alle consistenze degli impianti in esercizio | ai capitali versati | Per kW di max carico; per kWh venduto; per unità utilizzatrici. |

### Indici economici degli esercizi

(ossia: rapporti delle spese di carattere industriale ai prodotti)

### Per servizi

(Comprese le rispettive quote per ammortamenti e interessi)

*a)* Servizi generali
*b)* Produzione, trasporto e trasformazione primaria
*c)* Trasformazione e distribuzione sulle reti
*d)* Illuminazione pubblica
*e)* Vendita ai privati
*f)* Totali

| Incrementi percentuali | Rapporti delle spese per servizi | | Riduzione delle spese per servizi ai loro valori unitari |
|---|---|---|---|
| | alle spese totali | alle consistenze dei rispettivi impianti in esercizio | Per kW di max carico; per kWh venduto; per unità utilizzatrici |

### Componenti delle spese globali per i principali servizi

| Produzione ecc. | Trasform. e distrib. sulle reti | Illuminazione pubblica | Vendita ai privati |
|---|---|---|---|
| *a)* Idrica<br>*b)* Termica<br>*c)* Acquisto energia da terzi<br><br>Costo dei combustibili:<br>*a)* all'acquisto<br>*b)* medie dell'esistenza | *a)* Urbana<br>*b)* Rurale | *a)* Urbana<br>*b)* Rurale | *a)* Preventivi, contratti, collaudi<br>*b)* Distribuzione negli impianti interni<br>*c)* Laboratorio<br>*d)* Letture, fatturazioni, esazioni consumi<br>*e)* Servizio di guardia |

| Riduzione delle spese componenti ai loro valori unitari | | |
|---|---|---|
| per kW di max carico | per kWh venduto | per numero di utenti di fanali, ecc. |

### Risultanti dei costi unitari medi dei servizi, per i diversi tipi di utenza

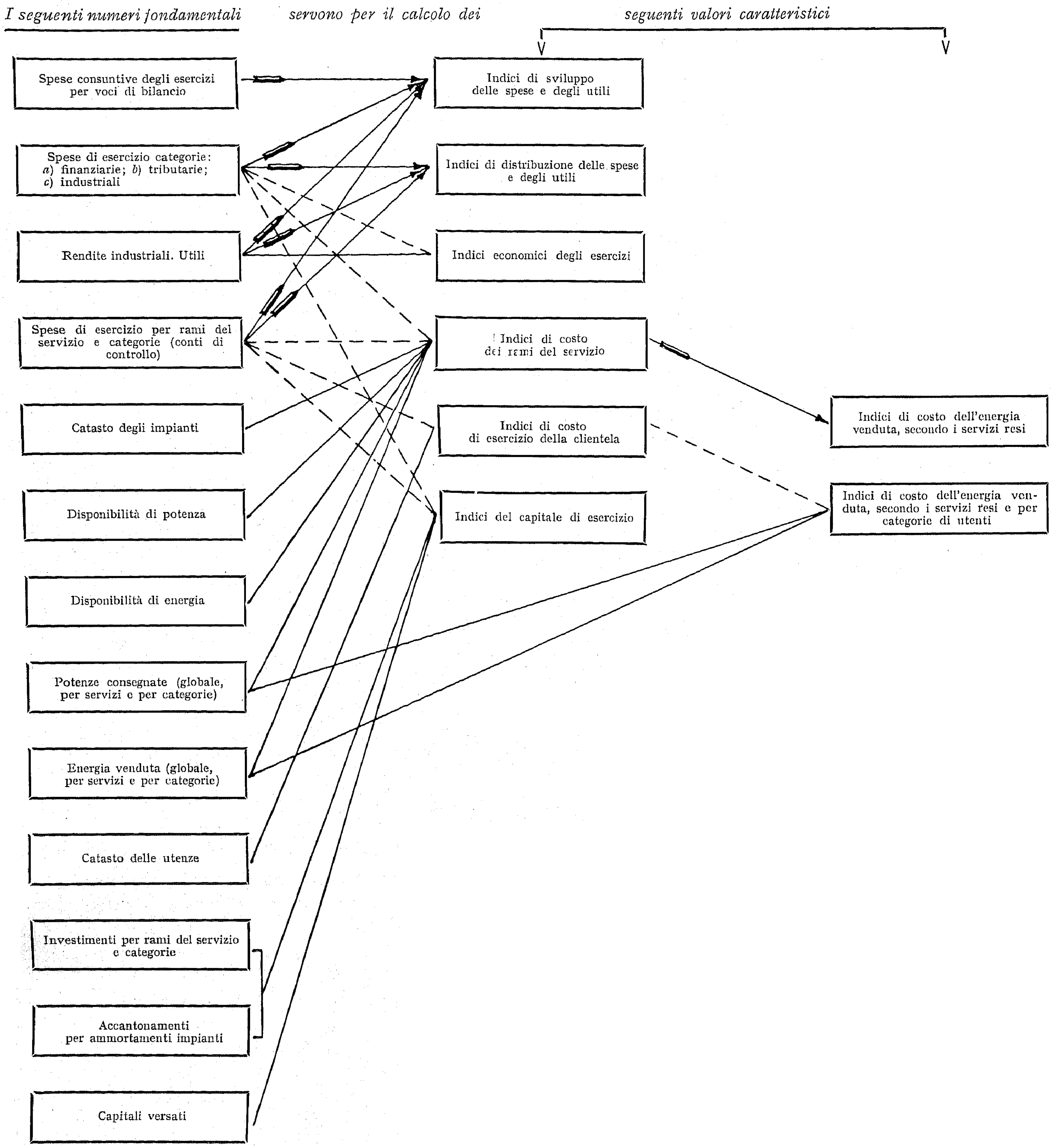
(N.B. - Tenere conto delle perdite)

| Per kW di max carico | | | | | | | Per kWh venduto | Per numero di utenti di fanali, ecc. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| erogazione nelle centrali | erogazione sulla rete urbana | | | erogazione sulla rete rurale | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ad alta tensione | a bassa tensione | | ad alta tensione | a bassa tensione | |
| | | illum. pubblica | servizi privati | | illum. pubblica | servizi privati |

| Incrementi percentuali | Loro rapporti alle rispettive consistenze unitarie degli impianti |
|---|---|

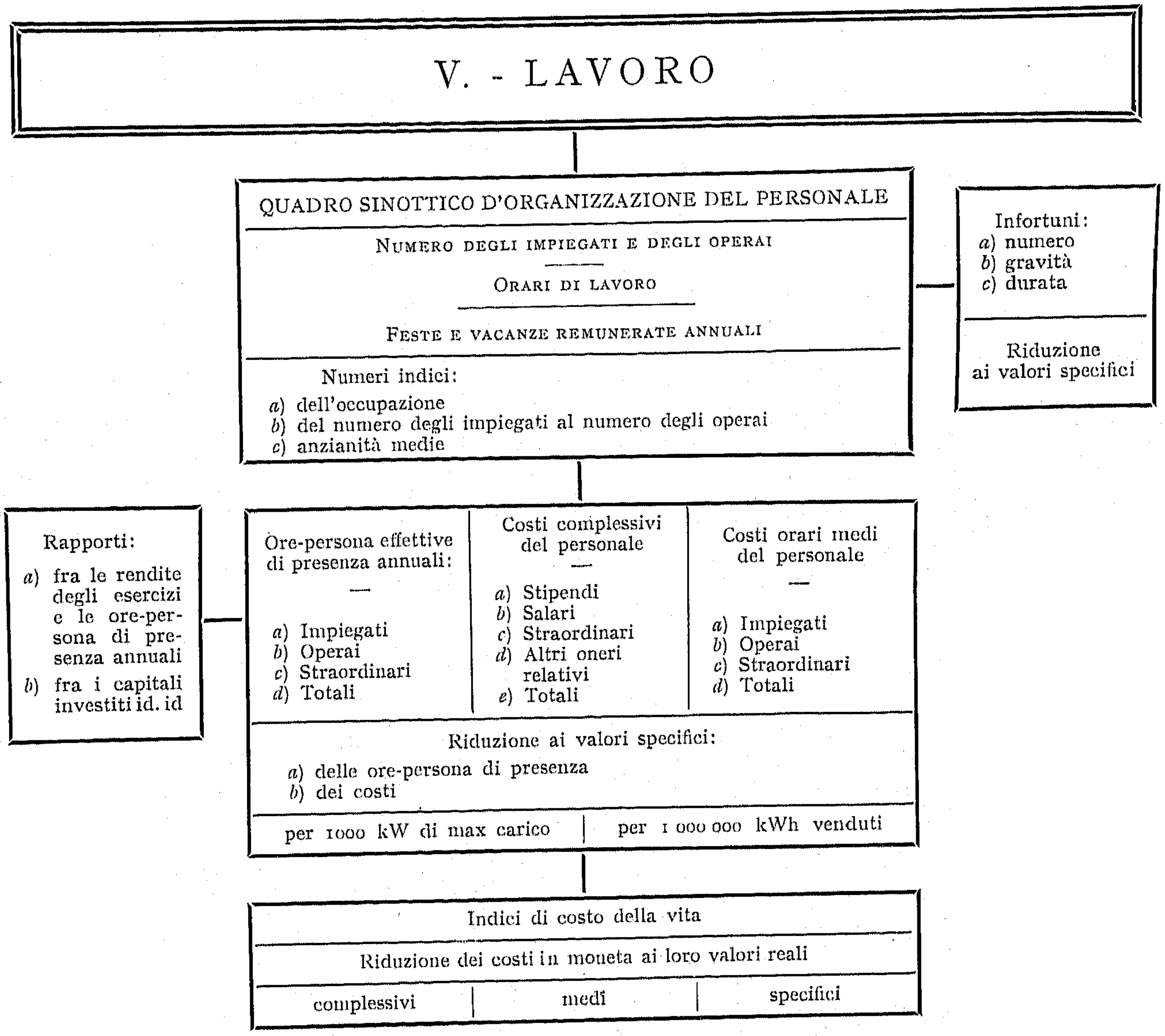
# SCHEMA DEI RAPPORTI



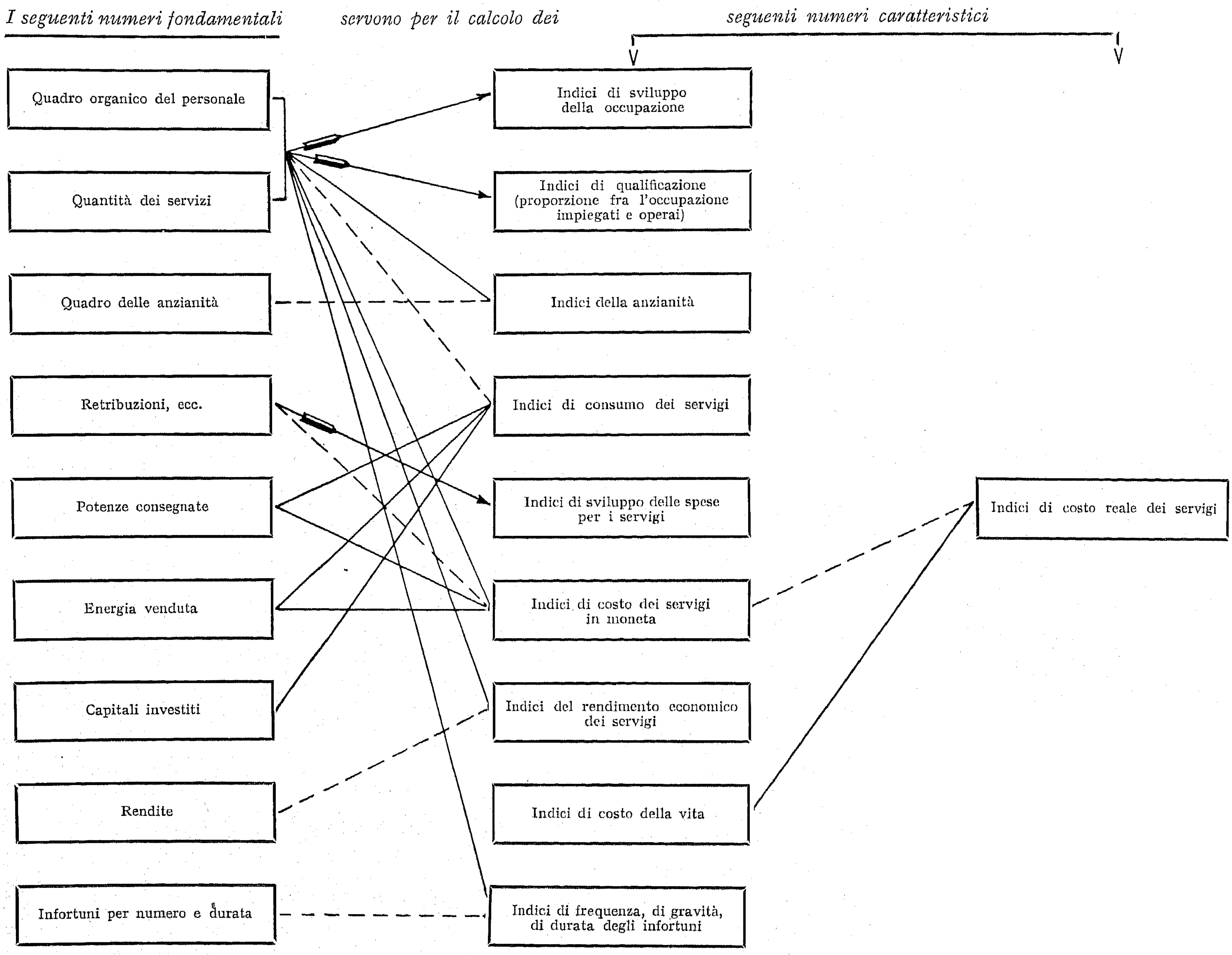

Spiegazione delle linee:

– – – – il numero fondamentale sta al numeratore del rapporto

▬▬ » » » » » denominatore » »


V. - LAVORO
QUADRO SINOTTICO D'ORGANIZZAZIONE DEL PERSONALE
NUMERO DEGLI IMPIEGATI E DEGLI OPERAI
ORARI DI LAVORO
FESTE E VACANZE REMUNERATE ANNUALI
Numeri indici:
a) dell'occupazione
b) del numero degli impiegati al numero degli operai
c) anzianità medie
Infortuni:
a) numero
b) gravità
c) durata
Riduzione ai valori specifici
Rapporti:
a) fra le rendite degli esercizi e le ore-persona di presenza annuali
b) fra i capitali investiti id. id
Ore-persona effettive di presenza annuali:
a) Impiegati
b) Operai
c) Straordinari
d) Totali
Costi complessivi del personale
a) Stipendi
b) Salari
c) Straordinari
d) Altri oneri relativi
e) Totali
Costi orari medi del personale
a) Impiegati
b) Operai
c) Straordinari
d) Totali
Riduzione ai valori specifici:
a) delle ore-persona di presenza
b) dei costi
per 1000 kW di max carico
per 1 000 000 kWh venduti
Indici di costo della vita
Riduzione dei costi in moneta ai loro valori reali
complessivi
medi
specifici

# SCHEMA DEI DIAGRAMMI




Spiegazione delle linee:

---- il numero fondamentale sta al numeratore del rapporto

—— » » » » » denominatore » »

# VI. - REDDITI INDUSTRIALI

**Tariffe generali di vendita:**
*a*) Prezzi
*b*) Sovraprezzi
*c*) Noli

**Tributi:**
*a*) Tasse
*b*) Dazio

**Redditi complessivi per specie e categorie di prestazioni:**

1) Servizi pubblici:
   *a*) Trazione
   *b*) Illuminazione pubblica
2) Servizi privati:
   *a*) Illuminazione privati
   *b*) Forza motrice
   *c*) Riscaldamento, ecc.
   *d*) Noli
3) Sovraprezzi
4) Totali

**Esazioni tributarie**
*a*) per imposta governativa
*b*) per Dazio comunale

Incrementi percentuali

Rapporti dei redditi per specie e categorie di prestazioni ai redditi totali

Riduzioni dei redditi per specie a categorie di prestazioni ai loro valori unitati (prezzi medi)

| per kW di max carico | per kWh venduto | per unità utilizzatrici |
|---|---|---|

Rapporti di prezzi unitari per specie e categorie di prestazioni alle consistenze unitarie dei rispettivi impianti in esercizio (giro del capitale)

**Componenti del reddito per alcune specie di prestazioni**

**Servizi privati**
*a*) Urbani
*b*) Rurali

**Illuminazione privati**
1) A contatore:
   *a*) abitazioni
   *b*) negozi
   *c*) amministraz. pubbliche, ecc.
2) A forfait
   *a*) scale
   *b*) abitazioni, ecc.
3) Noli

**Impianti industriali**
Per categorie di industrie

Riduzione dei redditi componenti ai loro valori unitari (sub-analisi dei prezzi medi)

| per kW di max carico | per kWh venduto | per utente, fanale, ecc. |
|---|---|---|

Indici di beneficio dell'impresa (Rapporti dei prezzi unitari ai rispettivi costi unitari medi)

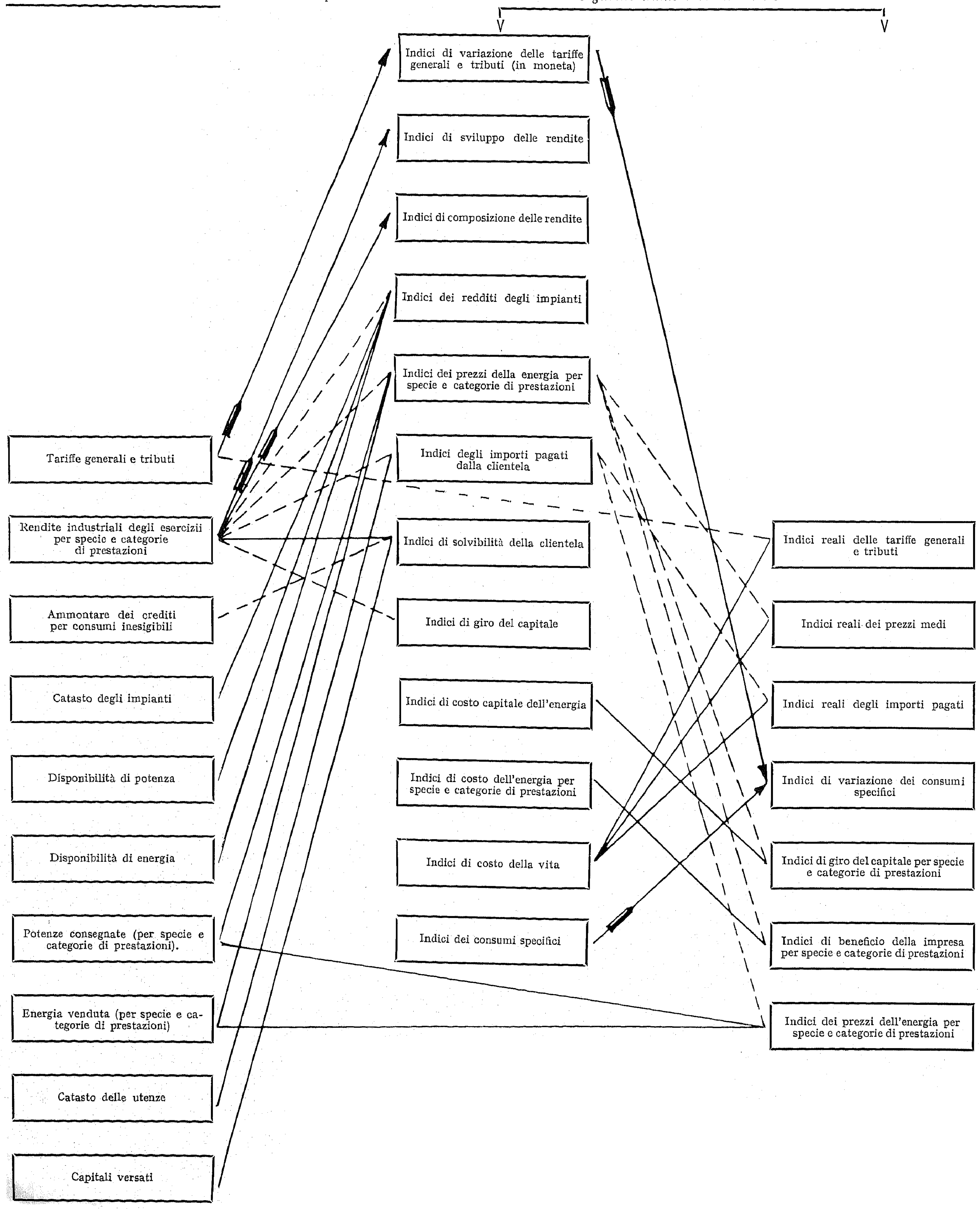
**Riferimenti delle variazioni delle tariffe ai consumi medi**

Numeri indici:
*a*) delle tariffa in moneta (prezzi, sovraprezzi aliquote, noli, tributi)
*b*) dei consumi medi
*c*) degli importi medi

Riduzioni dei valori in moneta a valori reali secondo gli indici del costo della vita
*a*) tariffe
*b*) prezzi medi

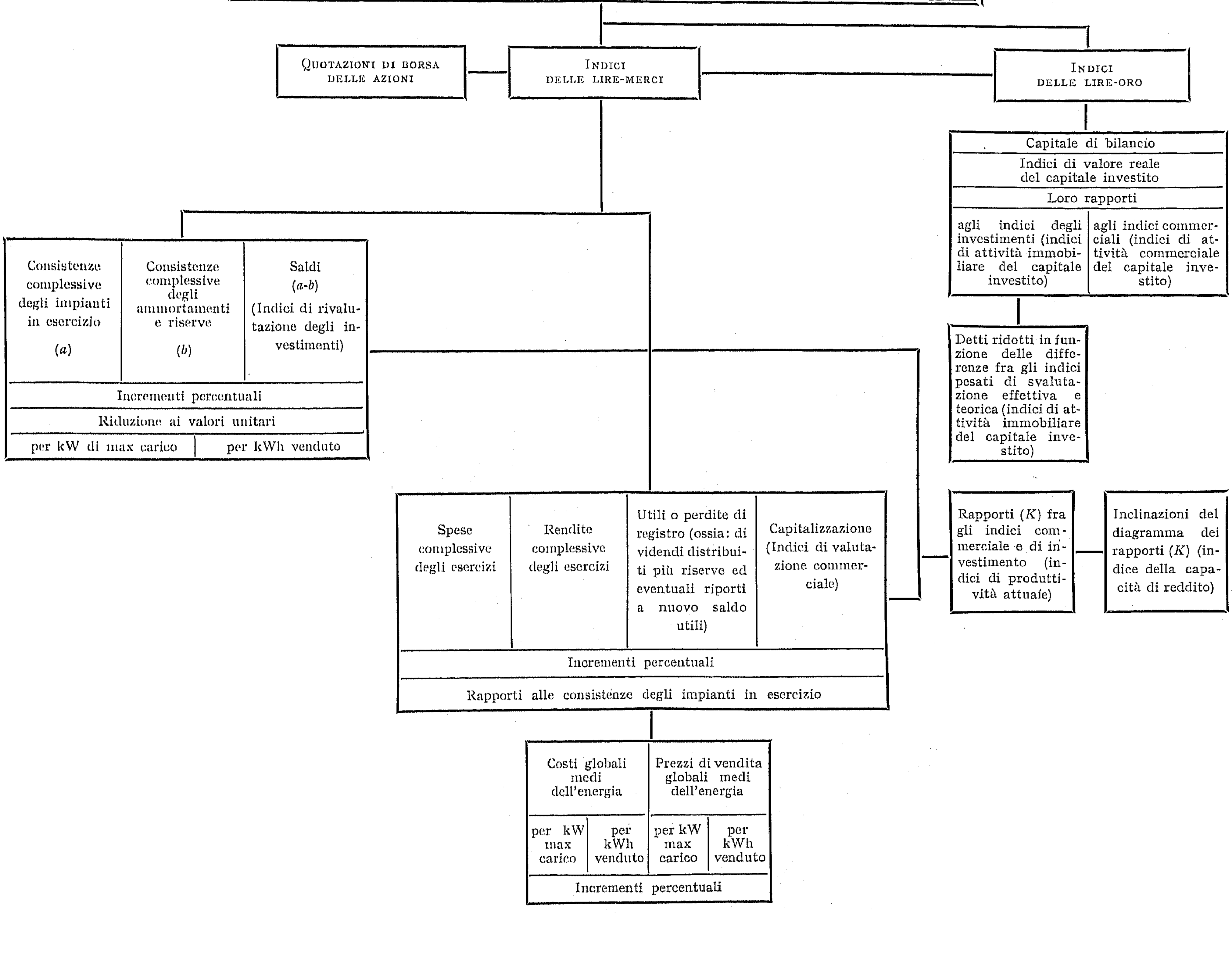
# SCHEMA DEI RAPPORTI

*I seguenti numeri fondamentali*    *servono per il calcolo dei*    *seguenti numeri caratteristici*

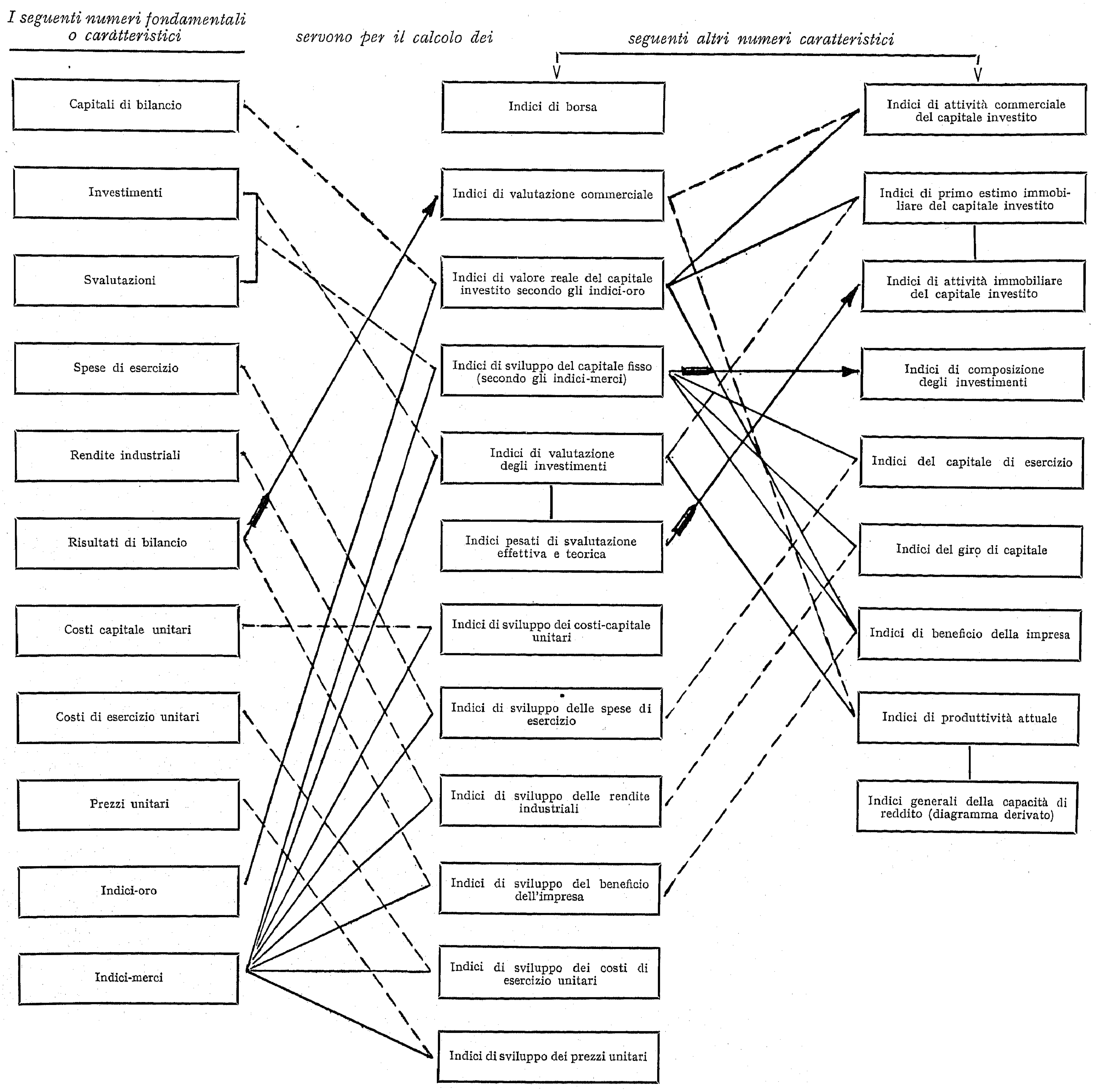



Spiegazione delle linee:
- - - - il numero fondamentale sta al numeratore del rapporto
——— » » » » » denominatore » »

# VII. - EQUIVALENZE ESPRESSE IN LIRE-CARTA, LIRE-ORO, LIRE-MERCE DEI PRINCIPALI ELEMENTI PATRIMONIALI ED ECONOMICI INDICI GENERALI DI VALUTAZIONE



# SCHEMA DEI RAPPORTI




Spiegazione delle linee:

---- il numero fondamentale sta al numeratore del rapporto

—— » » » » » denominatore » »

ING. UMBERTO PITTALUGA
DIRETTORE DELLA S. P. E. S.

# Un esperimento di 25 cucine elettriche installate in una casa di Torino

Le considerazioni di Samuele Ferguson, Presidente dell'Hartford Electric Light Company, che trovo esposte alla fine della relazione presentata dallo stesso al 54° Congresso della N.E.L.A. tenutosi ad Atlantic City nel giugno scorso, dovrebbero farmi rinunciare all'idea di dare comunicazione dei dati che sono stati raccolti sull'impianto di 25 cucine elettriche che la Soc. Elettricità Alta Italia ha installato, a scopo sperimentale, in una casa di Torino, fin dal novembre del 1929.

Egli dice, in conclusione, che dati del genere, perchè siano convincenti, cioè perchè possano essere utili al distributore, debbono essere frutto di esperienza diretta, perchè quelli che sono raccolti dagli altri, riescono difficilmente a persuadere dal momento che, a proposito di queste indagini, ognuno pensa che sono troppe le vie che permettono di arrivare alle conclusioni che fanno più comodo.

Ma siccome prima ancora che leggessi la relazione del Ferguson mi ero lasciato indurre a promettere che avrei comunicato ai colleghi della Sezione Tecnologica dell'UNFIEL i risultati della nostra esperienza di Torino, ed ancora recentemente essendo stato sollecitato in proposito, così vincendo ogni esitazione, affido alle pagine de *L'Energia Elettrica* queste note augurandomi di ritrovare sulle stesse i risultati di analoghe indagini che altre Società elettriche italiane potrebbero certo fornire.

E rifacciamoci un po' dalla cronaca, che risale come ho accennato al 1929. Da quell'anno, si può dire, dato l'interesse che la maggioranza delle Società elettriche distributrici in Italia cominciò a portare al problema delle applicazioni elettrodomestiche. Mercato di possibilità limitate, in tutti i Paesi, ma tanto più ridotto nel nostro nel quale, per condizioni particolari tante volte esaminate, due sole applicazioni elettriche, una volta scartato il riscaldamento degli ambienti, possono aspirare a generalizzarsi nella casa italiana: la cucina e il riscaldamento dell'acqua.

La soluzione del problema del riscaldamento dell'acqua a mezzo dell'elettricità, per il principio stesso al quale si ricorse, l'accumulazione, impegnando piccoli carichi con utilizzazioni continue o prevalentemente notturne, non offrì speciali preoccupazioni e fu considerato sin dal principio carico desiderabile, anche se per conquistarlo si dovette ricorrere a tariffe del tutto modeste.

La cucina elettrica a elementi o a piastre radianti (fallita in tutti i Paesi per gli inconvenienti oramai noti, la pretesa di ricorrere per la cucina, allo stesso principio dell'accumulazione) per i suoi alti carichi e la sua utilizzazione limitata e contemporanea non doveva raccogliere che un limitato favore sopratutto perchè, per renderne possibile la convenienza economica a confronto di altri sistemi, fu subito evidente che le tariffe avrebbero dovute essere ridotte a valori tali che non sarebbe stato poi possibile compensare le spese che appunto per gli alti carichi impegnati si sarebbero rese necessarie quando si fosse allargata la richiesta di energia per tale uso.

Tuttavia dai paesi nei quali una certa esperienza in fatto di distribuzione dell'energia elettrica per uso di cucina era stata fatta, giungevano dati e relazioni che permettevano al distributore di considerare il problema stesso con un certo ottimismo.

Fu a quell'epoca che la direzione della Società Elettricità Alta Italia, seguendo lo stesso concetto che troviamo espresso nella relazione citata dal Ferguson tre anni più tardi (*my recommandation would be to go out and obtain such a group of customers even if you have to equip the houses at your own expense*) decise di effettuare un piccolo, ma completo esperimento di distribuzione di energia elettrica per uso di cucina sulle proprie reti, per saggiare, almeno entro certe condizioni, quali fossero veramente le difficoltà che la soluzione del problema avrebbe comportato.

Come fu impostato l'esperimento abbiamo già raccontato sul « Sincronizzando » del maggio 1931.

L'Istituto delle Case Popolari in Torino, mise a disposizione della Soc. Elettricità Alta Italia un caseggiato allora in costruzione, in Via Arquata 23, che comprendeva 25 appartamenti composti in parte di tre camere e una cucina, in parte di due camere e una cucina. Al caseggiato stesso fu evitata la distribuzione del gaz e in tutte le cucine dello stesso, prima ancora che gli appartamenti fossero occupati dagli inquilini, fu installata una cucina elettrica.

Fig. 1. - La casa ove furono installate le cucine elettriche.

Si trattava dunque complessivamente di 25 fornelli: dapprima furono utilizzati tipi a 2 piastre, una da 22 cm di diametro e 1500 W di potenza, altra da 18 cm di diametro e 1000 W di potenza, che vennero successivamente sostituiti con altri tipi a 3 piastre con diametri e potenza così ridotti: 2 piastre da

18 cm di diametro e 1000 W di potenza, la terza di cm 14,5 di diametro e 700 W di potenza cambiata ancora più tardi con altra da cm 12 circa e 500 W di potenza (fig. 2).

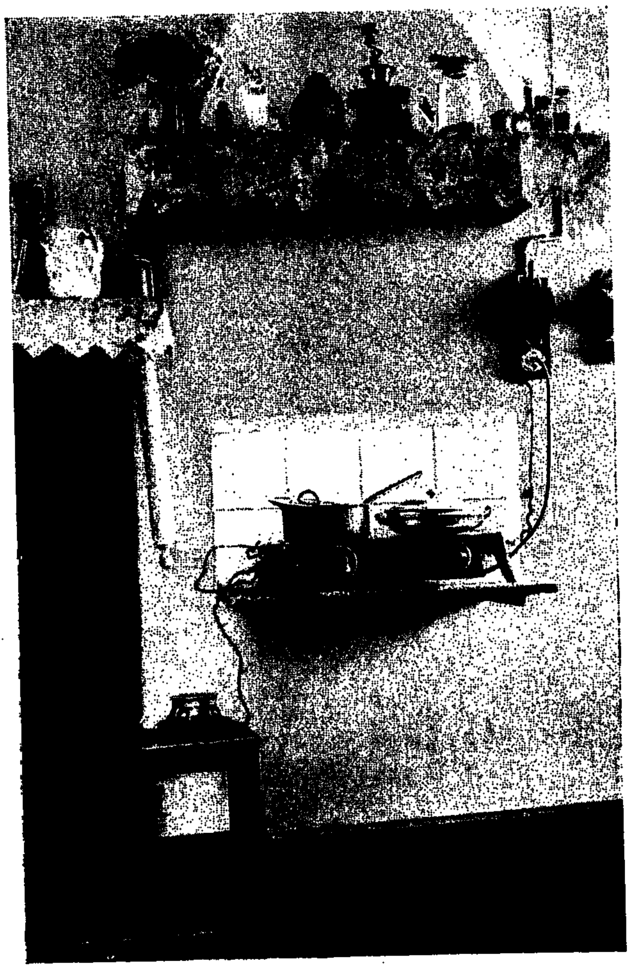


Fig. 2. - Al fornello a 2 piastre è di aiuto un fornellino.

Alle sostituzioni alle quali abbiamo accennato fummo costretti perchè essendo cucine destinate a famiglie di operai o di impiegati di 3 o 4 persone, il più delle volte, una o due in molti casi, piastre del diametro di 22 cm risultarono assolutamente esuberanti, mentre sopratutto nel caso del fornello a 2 piastre,

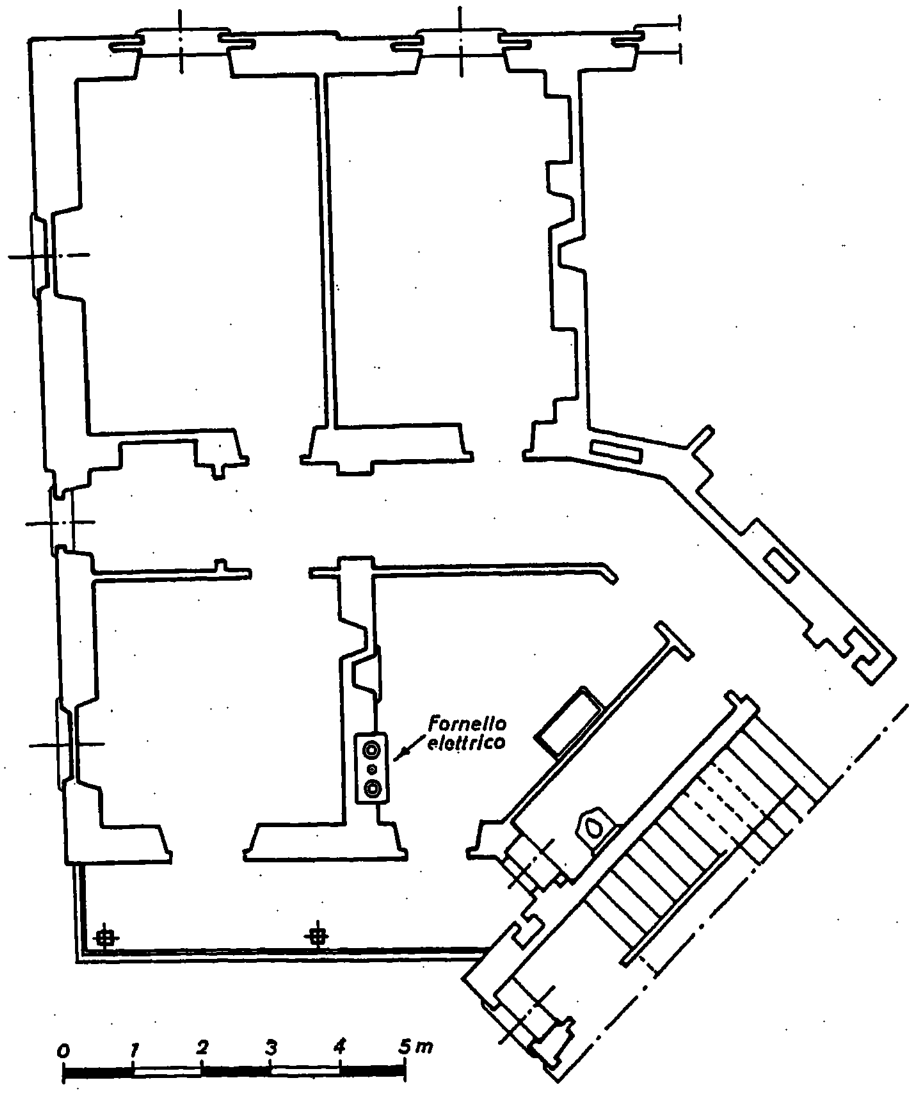



Fig. 3. - Pianta di un appartamento del caseggiato.

veniva lamentata la mancanza di una piastra di diametro ridotto per il riscaldamento sollecito di piccole quantità di liquidi od altro.

Diciamo subito che l'esperimento tentato dalla Società elettrica non fu gradito affatto dagli inquilini che nel frattempo avevano occupato gli appartamenti e la cucina elettrica fu come « sopportata » dagli stessi, anche quando la maggioranza dovette ammettere la bontà del servizio che veniva fornito e la mitezza della spesa ch'esso comportava: questo sopratutto perchè le cucine elettriche furono imposte, e perchè dalla larghezza con la quale la Società elettrica provvide a installare i fornelli e a curarne la manutenzione, i più s'immaginarono che fosse ordita ai loro danni qualche colossale speculazione.

In realtà la Società elettrica voleva arrivare soltanto a controllare:

*a*) se si poteva contare sul carico diversificato nella misura che veniva comunicata dall'estero;

*b*) se il carico cucine veniva a sommarsi pericolosamente al carico luce;

*c*) se i consumi per persona-giorno, constatati altrove, trovavano conferma anche per il tipo di cucina e per le abitudini italiane.

A questo scopo i consumi dei 25 fornelli distribuiti opportunamente con allacciamento monofase sulle tre fasi di una linea proveniente da una stessa cabina, furono sistematicamente rilevati e riferiti al numero delle persone componenti le varie famiglie. La media di tali consumi per persona-giorno oscillarono da un minimo di kWh 1,12 nel luglio-agosto del '30 ad un massimo di 1,31 nel febbraio-marzo del '31. La media complessiva del primo anno di esercizio (novembre 1929-novembre 1930) registrò kWh 1,17 per persona-giorno; quella dell'anno seguente (novembre 1930-settembre 1931) kWh 1,22 (Tav. I).

Tav I.

Media del consumo giornaliero per persona-giorno per l'intero gruppo di famiglie rilevato dalla periodica lettura dei contatori

| ANNO DI ESERCIZIO | | | |
|---|---|---|---|
| 1929-1930 | | 1930-1931 | |
| Data della lettura | kWh | Data della lettura | kWh |
| 14 gennaio 1930 | 1,177 | 21 gennaio 1931 | 1,312 |
| 14 marzo » | 1,129 | 17 marzo » | 1,310 |
| 8 maggio » | 1,156 | 13 maggio » | 1,224 |
| 15 luglio » | 1,166 | 8 luglio » | 1,220 |
| 20 agosto » | 1,22 | 12 settembre » | 1,048 |
| 20 novembre » | 1,195 | — | — |
| Media totale .. | 1,174 | Media totale .. | 1,223 |

Tali valori debbono considerarsi sufficientemente favorevol perchè essi furono ottenuti da famiglie la cui composizione m dia non raggiunge le 3 persone e mezzo. Nè si deve tralascia di fare rilevare come nella detta cifra sia compreso il consum per l'uso del ferro da stiro pel cui comodo impiego fu previst come appare anche da una delle fotografie (fig. 4), un'apposi presa; inoltre in uno degli appartamenti funziona anche reg larmente un riscaldatore d'acqua ad accumulazione di 1500 di potenza.

Di fronte a questi valori medi del consumo trovammo tu tavia valori singoli notevolmente superiori a quelli ammis bili. Alcuni, conseguenza di non pratica utilizzazione dell'app recchio, poterono più tardi essere ridotti a un ordine di grandez

normale con l'assistenza pratica che fornimmo sul principio agli inquilini, mentre, per due o tre casi, i nostri sforzi non approdarono a nulla e per essi i consumi persistettero ad andare fino ad

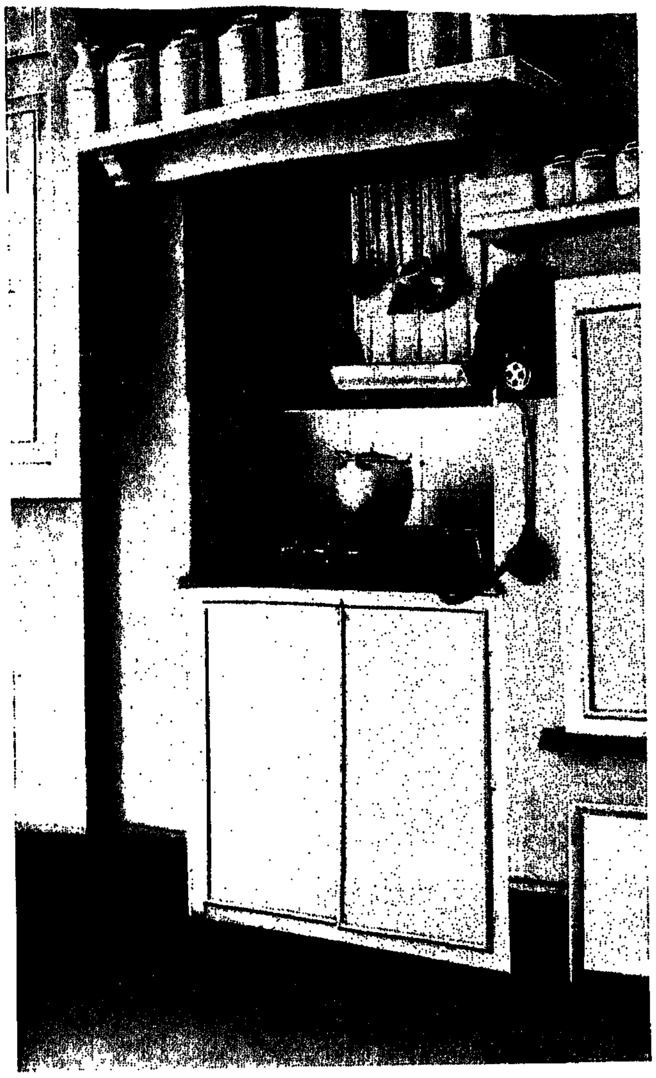


Fig. 4. - Nella linda cucina: è evidente il dettaglio di installazione del fornello elettrico.

oltre i kWh 2,5 per la sistematica irregolare e trascurata utilizzazione degli apparecchi.

Parallelamente alla raccolta dei consumi condotta sulla scorta delle registrazioni dei contatori, furono in più riprese installati alcuni strumenti registratori per rilevare gli altri dati che c'interessavano.

Così per esempio nella scorsa estate fu installato sull'impianto in istudio un wattmetro registratore, totalizzante l'energia fornita, attraverso alle 2 colonne montanti, ai 25 fornelli della casa.

L'apparecchio rimase inserito in tale occasione per 19 giorni consecutivi (dal 23 giugno al 10 luglio) e dall'integrazione dei diagrammi si sono potuti dedurre i seguenti risultati:

| | | |
|---|---|---|
| Giorni d'inserzione | N. | 19 |
| Energia totale assorbita | kWh | 1640,70 |
| Media giornaliera | » | 86,30 |
| Massimo prelievo giornaliero (martedì 30/6/31) | » | 95,40 |
| Minimo » » (venerdì 3/7/31) | » | 80,10 |
| Persone servite | N. | 80 |
| Medio consumo per pers.-giorno | kWh | 1,08 |
| Massimo » » » » | » | 1,19 |
| Minimo » » » » | » | 1. |

Se si tiene conto del periodo durante il quale i dati furono raccolti (estivo) che fa prevedere che delle 80 persone normalmente presenti qualcuna era forse in villeggiatura, i dati sopra rilevati stanno a confermare quelli ai quali siamo giunti con la registrazione dei consumi rilevati dai contatori.

Tenendo conto ancora che la potenza istallata è di kW 62,5 e che la punta massima raggiunta è di kW 22,20, si rileva un fattore di massima richiesta uguale a 0,355 pari a poco più di un terzo della potenza installata. Infine le ore di utilizzazione della punta massima riferita alla giornata risultarono 3,90.

La curva di carico delle nostre 25 cucine rilevata in una domenica qualunque (vedi fig. 5, curva *b*), giorno generalmente di maggior utilizzazione, assume ben modeste proporzioni se la confrontiamo con altra analoga che il Ferguson presenta nella sua relazione citata (fig. 6).

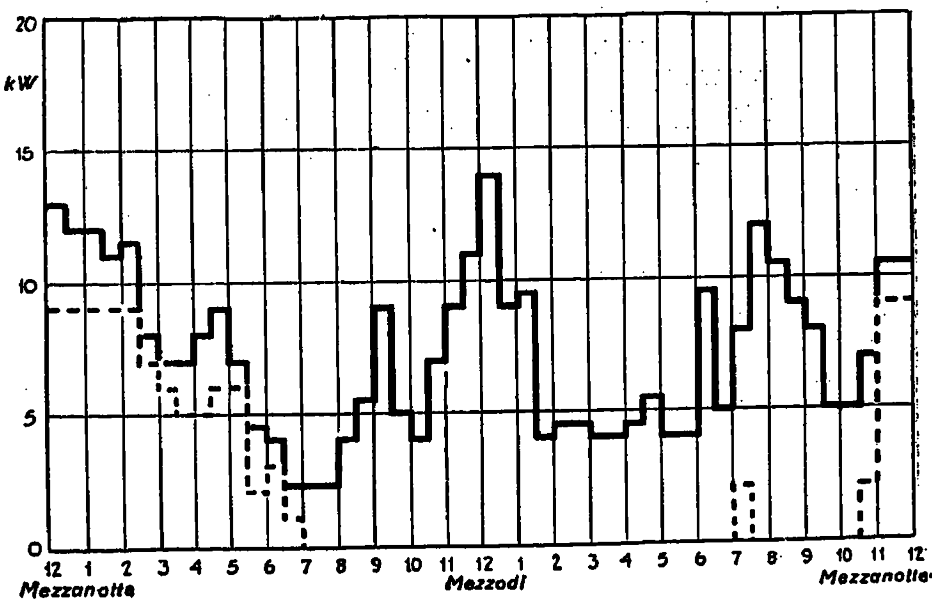



Fig. 6. - Curva di carico rilevata dal Ferguson.

Anche in quel caso si tratta di allacciamento a 25 casette di privati sul cui impianto, precisamente al secondario di un trasformatore da 15 kW, l'Hartford Electric Light Company ha tenuto installato il wattmetro registratore. La punta massima che appare sul diagramma raggiunge in quel dato giorno i 14

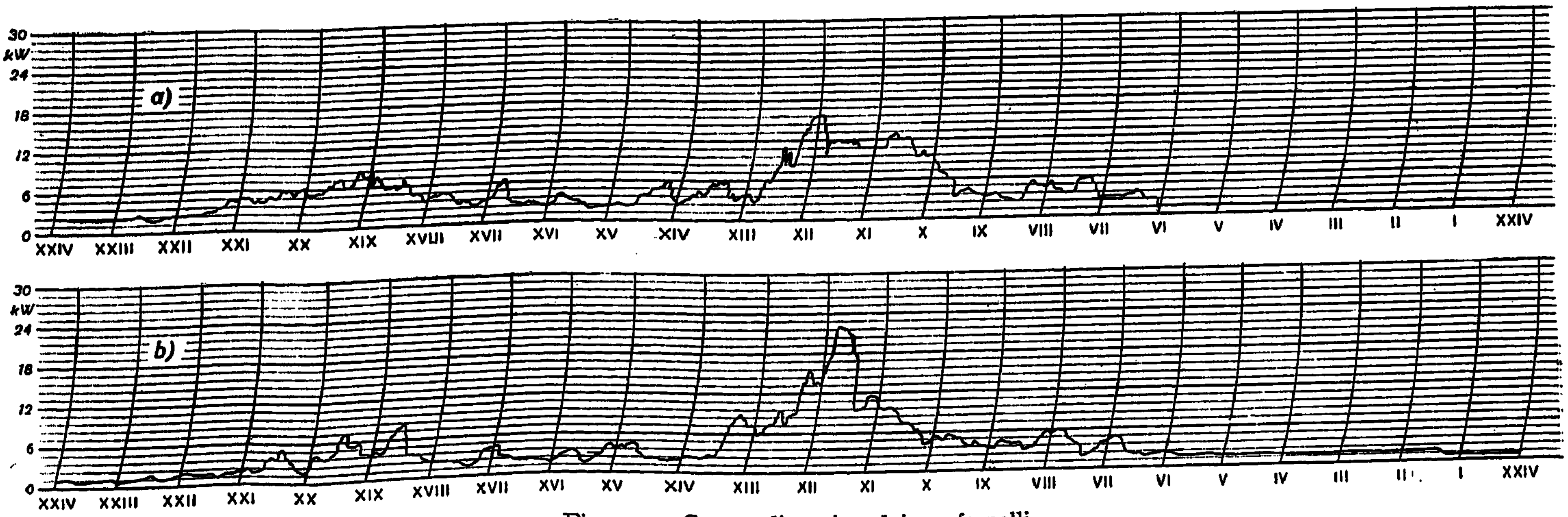



Fig. 5. - Curve di carico dei 25 fornelli.

*a*) in un giorno feriale invernale (giovedì 26-11-31) *b*) in un giorno festivo estivo (domenica 28-6-31).

kW, ma l'autore s'affretta a segnalare che raramente fu raggiunto un valore simile e di solito sulla mezzanotte e che non fu mai superato, almeno nel periodo che furono condotte le prove che va dal dicembre 30 all'aprile 31. Lo straordinario è che questa curva di utilizzazione si riferisce a un carico installato complessivo, compresa la luce, di 125 kW!

Non si può sulla base dei dati offerti da un esempio simile, negare l'importanza del carico ripartito, ma una conoscenza un po' più precisa dell'impianto sperimentato, è sufficiente a convincerci che ci troviamo di fronte a un caso di circostanze eccezionalmente favorevoli: l'inserzione dei riscaldatori d'acqua è effettuata soltanto durante le ore notturne (il carico relativo è quello che appare sul diagramma punteggiato), ma sopratutto, nel caso dell'impianto considerato, sono presenti apparecchi a carico continuativo in numero così notevole, a integrazione della stessa curva, quale non potremo sperare di ritrovare tanto di sovente in una installazione italiana:

20 refrigeratori ....... (80% degli appartamenti)
20 bruciatori di nafta . (80% » » )
10 cucine ............. (40% » » )
8 riscaldatori d'acqua (24% » » )

La nostra curva invece si riferisce quasi esclusivamente al carico di cucine (esiste come abbiamo visto un riscaldatore d'acqua ed è da tenere presente l'uso dei ferri da stiro); come potrebbe reggere al confronto dell'altra?

Nessuna preoccupazione invece è giustificata per la richiesta serale, perchè nell'ora di maggior rilievo il nostro impianto ha rilevato che la punta cucina più quella luce, non riesce a raggiungere quella massima del mattino.

Per i 25 fornelli del nostro impianto il prezzo del kWh fu quello normale a Torino per applicazioni domestiche: L. 0,25 tra estate e inverno; il nolo del contatore fu fissato in L. 2,50 mensili. Dopo i primi mesi di funzionamento tuttavia il prezzo del kWh fu ridotto di qualche centesimo, perchè la Società elettrica, che aveva di mira sopratutto la continuità dell'esperimento, si addossò l'onere di una riduzione accettando come buona l'affermazione di una certa parte degli inquilini che dichiarava di spendere, con l'elettricità più che con gli altri sistemi. Oggi, dopo circa due anni di esercizio ininterrotto delle cucine, le medie dei consumi si sono stabilizzate e quella riduzione non pare giustificata. Per averne conferma basterebbe confrontare la spesa che qualcuna delle famiglie ora servite dall'elettricità incontrava quando ancora si serviva del gaz, prima cioè che si installasse in Via Arquata, 23. Abbiamo riportate sull'ultima colonna della tav. II qualche cifra in nostro possesso e non manchiamo di fare notare che mentre quelle che riguardano la spesa con l'elettricità rappresentano la media di 22 mesi, quelle che si riferiscono al gaz sono ricavate da poche bollette soltanto, ottenute dagli inquilini, i quali non c'è dubbio, debbono averle scelte con tutta accortezza sapendo che dall'esame delle stesse si sarebbe venuti o meno ad una riduzione del prezzo dell'energia elettrica.

In conclusione, (se proprio vogliamo trarre delle conclusioni dai dati raccolti su questo impianto), diremo:

1) che il carico di punta di cucina non raggiunge che raramente il terzo della potenza installata e questo in ora nella quale è generalmente già caduta la punta industriale;

2) che il carico cucina non si somma a quello luce in condizioni sfavorevoli;

3) che i consumi medi per persona-giorno non vanno oltre i valori medi già noti: 1,15÷1,20 per famiglia di 3÷4 persone.

4) che a un prezzo del kWh uguale a 1/3 del metro cubo di gaz è possibile la parità economica fra i due sistemi.

Tav. II.

Consumi medii per famiglia e spesa relativa con confronto della corrispondente spesa con il gaz

| Numero progr. | Numero dell'alloggio | Persone per famiglia | Consumo per famigl. nov. 29-nov. 30 kWh | Consumo per famigl. nov. 30-sett. 31 kWh | Consumo medio mensile per famigl. kWh | Spesa mensile per famiglia compreso nolo contatore coll'elettr. Lire | Spesa mensile per famiglia compreso nolo contatore col gas Lire |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 493 | 4 | 1555 | 844 | 109 | 25,50 | — |
| 2 | 494 | 4 | 1995 | 1720 | 168 | 37,75 | 35,20 |
| 3 | 495 | 4 | 1470 | 1240 | 123 | 28,30 | 32,70 |
| 4 | 496 (1) | 4 | 2410 | 2140 | 207 | 45,95 | — |
| 5 | 497 | 4 | 1100 | 1525 | 119 | 27,50 | 31,70 |
| 6 | 498 | 3 | 791 | 768 | 71 | 17,40 | — |
| 7 | 499 | 3 | 980 | 671 | 75 | 18,25 | 22,70 |
| 8 | 500 | 3 | 1361 | 776 | 97 | 22,85 | 23,20 |
| 9 | 501 | 5 | 2855 | 2540 | 245 | 63,95 | 36,70 |
| 10 | 502 | 3 | 1235 | 988 | 101 | 23,70 | — |
| 11 | 503 | 2 | 675 | 975 | 75 | 18,25 | 22,70 |
| 12 | 504 | 5 | 930 | 875 | 81 | 19,50 | 26,70 |
| 13 | 505 | 3 | 1080 | 895 | 90 | 21,40 | 15,20 |
| 14 | 506 | 4 | 1590 | 1260 | 129 | 29,60 | 32,20 |
| 15 | 507 | 4 | 1400 | 965 | 107 | 25,— | — |
| 16 | 508 | 4 | 1425 | 1370 | 127 | 29,15 | 25,70 |
| 17 | 509 | 3 | 1082 | 1430 | 114 | 26,45 | 26,20 |
| 18 | 510 | 2 | 844 | 685 | 69 | 17 | 17,50 |
| 19 | 511 | 2 | 1300 | 810 | 95 | 22,45 | — |
| 20 | 512 | 4 | 1500 | 1440 | 133 | 30,40 | — |
| 21 | 513 | 1 | 320 | 625 | 43 | 11,50 | — |
| 22 | 514 | 4 | 678 | 975 | 75 | 18,25 | 19,50 |
| 23 | 515 | 3 | 1150 | 580 | 78 | 18,90 | — |
| 24 | 516 | 3 | 310 | 805 | 51 | 13,20 | — |
| 25 | 517 | 2 | 1500 | 1045 | 115 | 26,65 | — |

(1) Nell'alloggio funziona uno scaldabagno da 150 litri.

Non mi nascondo che in tali condizioni di prezzo del kWh, l'utenza cucina, in considerazione della scarsa utilizzazione della potenza installata, sia ben poco desiderabile dal distributore, specialmente se, come purtroppo, per molto tempo è ancora da prevedere in Italia, l'utilizzazione cucina, sarà con quella del ferro da stiro la sola capace di generalizzarsi nella casa.

Tuttavia non vorremo ricordare che la lampada ha finito d'imporsi sugli altri sistemi, sebbene in condizione economicamente d'inferiorità? Anche il kWh cucina può quindi sperare di essere venduto, alla fine, come già ora accade in qualche caso, con quel margine d'utile che gli è indispensabile.

Sopratutto teniamo presente che si tende, anche in Italia, ogni giorno di più al benessere: è questa aspirazione incalzante che porterà fatalmente la cucina elettrica a sostituire anche nelle nostre case ogni altro sistema.

Ing. Umberto Pittaluga.

*Torino, 22 novembre 1931.*

# FATTI E TESTIMONIANZE

## GLI ENTI PUBBLICI VOGLIONO REALMENTE IL BASSO PREZZO DELL'ENERGIA ELETTRICA?

Un giornale di Roma, fra i più serî, pubblicava verso la fine del dicembre 1931 un articolo intitolato « Problemi dell'ora ».

Nello scritto si presentavano come degni di studio tre problemi che, secondo il giornale, potrebbero essere risolti con un diverso orientamento dello spirito piuttosto che tenendo conto esclusivamente delle ragioni economiche.

*a*) L'abbondanza degli appartamenti sfitti porta il giornale a rimproverare i proprietari di casa, i quali « preferiscono il loro « sicuro danno, che ritengono temporaneo, dell'avere un appar« tamento sfitto, pur di non acconciarsi ad un minore reddito « costante (*sic*). Ed è chiaro che così facendo essi danneggiano « non solo se stessi, ma i cittadini in cerca di casa, e l'economia « edilizia e, in definitiva, la stessa economia generale ».

Ci guarderemo bene dall'entrare in polemica su questo terreno che non riguarda l'industria elettrica. Chiediamo tuttavia alla altrui sopportazione di permetterci una modesta osservazione: l'odiato padrone di casa ha avuto modo di provare cosa sono i sistemi vincolistici; il Governo ha giustamente vantato ad un certo momento di aver abolito ogni vincolo; successivamente con un criterio di opportunità politica difficilmente discutibile, il Governo stesso ha imposto ai padroni di casa una diminuzione del dieci per cento negli affitti. Se adesso si torna a disegnare nell'opinione pubblica l'idea di imporre ai padroni di casa la pigione che più piaccia all'inquilino, non vediamo, o per meglio dire vediamo troppo chiaro, dove si andrebbe a finire.

*b*) Il secondo problema additato dal giornale romano ai suoi lettori consiste nell'esortazione « a scegliere fra due buoni prodotti il prodotto nostrano ».

Qui è più facile andare d'accordo con l'articolista. Basta resistere alla tentazione di considerare che questa teoria nazionalistica spinta all'estremo è proprio quella che ha generato l'attuale disagio mondiale, e che se sarà ulteriormente esagerata non sappiamo quali altri mali potrà produrre. Con tutto ciò non vorremmo essere fraintesi. Non ci passa neanche per la mente di pensare che siano proprio gli italiani a fare applicazione di una teoria di porta aperta che non persuade nessuno al mondo.

*c*) Infine (volevamo ben dire) il terzo caso grave, per il giornale romano, « è quello di alcuni elementi di consumo generale e indispensabile, quali la luce ed il gas ».

« Ecco due titoli di spesa (scrive) che rientrano nel bilancio di « tutte le famiglie, e *che proseguono a vivere indisturbati in un « clima economico inflazionistico, superato da tutti gli altri ele« menti della produzione e del consumo.* È questo possibile fra « tanta rarefazione dei consumi e tanta diminuzione dei redditi? « Noi non vogliamo ancora scendere ai dettagli, ma sarà pur « necessario farlo a un dato momento. Quel che non si può « negare è *che questi due titoli di spesa non solo non hanno su« bito riduzione alcuna,* ma gravano sempre di più sui bilanci domestici ».

Tirati in campo questa volta da un giornale serio, facciamo eccezione alla regola e discutiamo.

In primo luogo, propagandare il prodotto nazionale è un'azione benemerita e che, in ogni modo, non fa male a nessuno.

Chiedere poi che ai padroni di casa sia imposta una pigione minore di quella che essi credono lecita e giusta fa parte di quel sistema di interventismo, che a parole venne qualche volta deprecato e condannato (ricordatevi la giusta glorificazione dell'azione che culminò nella caduta delle bardature di guerra). Ma in fondo all'animo dell'utente, consumatore, inquilino, rimarrà perpetuamente il desiderio di imporre la propria volontà a chi gli rende servizio o gli vende mercanzia. Ed i giornali saranno sempre i portavoce di costoro perchè sono in numero infinitamente maggiore dei loro contraenti. E, fino ad un certo punto, l'insistenza anche ingiusta nel voler pagare poco l'affitto si comprende, perchè l'affitto, specialmente per le borse modeste e più che modeste, rappresenta sempre una percentuale notevole delle spese da sostenere per sbarcare il lunario, ossia costituisce un grosso grattacapo.

Ma che la spesa per la luce o per il gas abbia il privilegio di essere parificata a quella dell'affitto, e che contro la luce ed il gas si stampi e si ristampi, senza neppur riflettere, una fila di luoghi comuni l'uno meno fondato dell'altro, riesce veramente incomprensibile. Ecco qua: dice l'articolista che *queste spese entrano nel bilancio di tutte le famiglie.* È una scoperta modesta se si prende alla lettera; è un'affermazione gratuita se si prende nello spirito, cioè se si intende nel senso che si tratti di titoli di spesa considerevoli. Il bollettino della città di Milano (bisogna diventare noiosi forzatamente a furia di ripeterci) dice che per quei due titoli di spesa la famosa famiglia tipo, considerata dal Decreto L. 20/2/1927, spende annualmente L. 405,95 (delle quali però L. 95.— rappresentano tasse) sopra un bilancio di L. 11 278,30 cioè 2,75 % escluse le tasse.

In particolare poi la luce, se si tolgono le tasse di cui è gravata per conto del Comune e del Governo, non arriva a rappresentare che l'1,1 % della spesa totale. Ciò vuol dire che una famiglia la quale spenda 20 lire al giorno, non spende che 22 centesimi per luce, in media, s'intende.

Ma andiamo avanti. L'articolista dice poi che *questi due articoli di spesa continuano a vivere indisturbati in un clima inflazionistico abbandonato da tutti gli altri elementi della produzione e del consumo.* Qui non c'è soltanto una affermazione gratuita; c'è un'inesattezza che, se fosse accompagnata dalla conoscenza del problema, si potrebbe definire bugia.

Intanto, a partire dal 1° Gennaio 1931 un terzo della tassa governativa, e cioè dieci centesimi per kWh, è passato a carico dei venditori di luce; e siccome il prezzo medio di vendita è poco superiore a una lira in tutta Italia, si può dire che la diminuzione verificatasi per questo motivo negli incassi dei venditori di luce elettrica è poco inferiore al 10 %, cioè poco inferiore alla stessa percentuale di cui i padroni di casa sono stati indotti a far beneficiare i loro inquilini.

Ma c'è qualche cosa di ben più importante da ricordare all'articolista. Inflazionisti, egregio nonchè ignoto collega, sono stati in generale i produttori ed i venditori di tutti gli articoli di consumo, a cominciare dagli alimenti e dagli indumenti, i quali per lunghi anni hanno moltiplicato i prezzi anteguerra dei loro prodotti per dei fattori variabili fra 6 e 10. Ed inflazionate sono state le retribuzioni di alcune categorie di prestatori d'opere (specialmente alcuni tramvieri e ferrovieri) per le

quali oggi ancora il fattore di moltiplicazione rispetto all'anteguerra è spesso superiore a 5. *Ma questo non è mai successo per la luce elettrica*, la quale ha impiegato un decennio di fatiche per *arrivare* al livello attuale, nel quale in lire odierne (pari a 0,27 centesimi della lira antebellica) il prezzo incassato dal venditore non è mai superiore a due volte e mezzo il prezzo dell'anteguerra.

Come si possa accusare di inflazionismo (persistente, poi) la luce elettrica dati questi elementi di fatto non ignoti e facilmente controllabili da ciascuno appena voglia riflettere, rimane un mistero psicologico. La verità è che, per la mancata adeguazione del prezzo del servizio al rinvilito potere d'acquisto della moneta, gli utenti elettrici hanno risparmiato dal '920 in poi, somme enormi, miliardi di lire. Per dirne una, se la luce a Roma e Milano fosse pagata oggi al venditore l'equivalente in lire carta del prezzo anteguerra, le due cittadinanze spenderebbero annualmente almeno cinquanta o sessanta milioni di più. Qual'è il servizio pubblico che possa vantare un'altrettale benemerenza? E quando il cambio era a 500 e il grano si pagava 180 lire al quintale, gli utenti luce risparmiarono il doppio almeno della somma indicata.

Infine l'articolista dice che questi due titoli di spesa (luce e gas) gravano **sempre più** sui bilanci domestici. Un'affermazione che fa sempre piacere ai consumatori, ma che ha lo stesso fondamento di chi dicesse che sulla terra il sole splende di notte. Non soltanto perchè, come abbiamo più sopra ricordato, l'incidenza relativa è modestissima, ma perchè l'articolista, si vede, ignora del tutto quell'ammenicolo del costo della luce che è costituito dalle imposte governativa e comunale, le quali, a Roma, dove lo scrittore ci sgridava, hanno raggiunto oggidì la bellezza di 90 centesimi per kWh contro L. 1,05 incassate dal venditore.

Ma il fatto più interessante, e nello stesso tempo più buffo, è questo: che il giorno 30 dicembre usciva l'articolo di cui si discute, e proprio il giorno successivo, 31 dicembre, usciva sui giornali di Roma il seguente comunicato: **La Consulta, presieduta dal Principe Buoncompagni Ludovisi, ha proceduto ad un ritocco dell'imposta di consumo sull'energia elettrica ad uso di luce, portandola da cent. 45 a cent. 60 al kWh.**

Il lettore è pregato di ricordare che qui si parla dell'imposta comunale e che a questa imposta comunale si devono aggiungere 30 centesimi per kWh dovuti allo Stato. Totale dunque 90 centesimi al kWh.

E sapete come il Governatorato ha giustificato l'aumento di 15 centesimi al kWh nel costo della luce per l'utente. Ecco qua; ricopiamo testualmente:

> **« Il lieve aumento di questa voce di imposta di consumo « costituirà un aggravio quasi insignificante per le famiglie « più modeste, e riuscirà di poco rilievo anche per la gene- « ralità della cittadinanza, data la larghissima base che « esso ha, mentre il gettito che ne deriverà alla finanza « governatoriale consente in compenso di rinunciare a ina- « sprimenti del valore locativo ecc. ecc. ».**

Alla buonora; finalmente troviamo un organo ufficiale e nientemeno che la Consulta del Governatorato della capitale d'Italia (l'unica città che abbia sorpassato in Italia il milione di abitanti) il quale, si può dire, ha copiato *ad litteram* ciò che noi andiamo stampando da molto tempo: che cioè l'incidenza della luce elettrica è talmente modesta che 15 centesimi di più per kWh non hanno proprio nessuna importanza.

I nostri più vivi e deferenti ringraziamenti al Governatore Principe Buoncompagni Ludovisi per la ispirata, autorevolissima doppia dimostrazione data: che il prezzo dell'energia per luce è talmente basso da poterci mettere sopra una nuova tassa del 15 % e che l'incidenza della spesa sui bilanci famigliari è trascurabile.

Sarà rimasto male l'articolista del giorno innanzi; ma questi sono incidenti di viaggio che non hanno importanza. Per noi ha un'importanza enorme la dichiarazione della Consulta romana ed è perciò che l'abbiamo inquadrata in cornice.

Intanto, a conservare memoria degli avvenimenti che si susseguono rapidamente, prendiamo buona nota qui dei seguenti fatti:

1° Il Comune di Brescia, alcun tempo fa, nel 1927, preoccupato del caro-luce ha diminuito il prezzo del kWh di 5 centesimi; disgraziatamente aveva l'anno prima aumentato la tassa di 15 centesimi cosicchè agli utenti è rimasta la soddisfazione di pagare 10 centesimi di più.

2° La Emiliana chiese un bel giorno di poter vendere energia elettrica a Modena impegnandosi a ridurre di 20 centesimi il prezzo della luce; ma le autorità hanno impedito questa vendita avendo il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici trovato dannoso (*sic*) alla economia nazionale che la Società Emiliana avesse costruito nuove linee per vendere energia elettrica.

3° L'Ente Adige-Garda è invece in stato comatoso proprio per avere appunto creato doppioni di linee e di impianti coi quali vende energia *sotto costo*.

4° Il Comune di Brescia recentemente, avendo bisogno di rinforzare il proprio bilancio, ha deliberato di aumentare di 30 centesimi il prezzo del kilowattora luce (il quale costa a Brescia 2,00 lire, di cui 0,95 per tasse ! !) aumentando così l'imbarazzo di tutti i cittadini pensosi e riflessivi, i quali non sanno più scegliere fra le contradittorie direttive.

5° Buon ultimo giunge il Governatorato di Roma con una deliberazione che, confermando i fatti di Brescia e di Modena, costituisce la più aperta condanna delle ragioni con le quali si vorrebbe giustificare lo spreco di danaro pubblico che si è fatto e si continua a fare con l'Ente Adige-Garda.

Questa collana di fatti potrebbe essere messa utilmente a riscontro di un'altra molto dolorosa: la crisi grave di cui è colpita l'industria elettrica per regresso dei consumi e la conseguente riduzione o soppressione di dividendi, già così poco valutati dal mercato che tutti i titoli elettrici sono oggi sotto la pari, salvo uno.

Ma di questo ci occuperemo un'altra volta.

*x. y.*

---

## I NOSTRI AVVERSARII

**1.** Il « Memento » pubblicato nel numero di novembre della Rivista, non poteva non dare sui nervi a certi messeri, i quali, sui soliti giornali facili a falsificare la verità quando si tratta di nuocere all'industria elettrica, hanno creduto di poterci cambiare le carte in tavola scrivendo, fra altro, che a torto li rimproverammo di aver contribuito a determinare in pochi giorni, esattamente dal 22 ottobre al 7 novembre 1931, una perdita di quasi un miliardo nei titoli elettrici, perchè (state a sentire) dal 1° gennaio 1925 (attento proto: 1925) al 30 settembre 1931 i titoli azionarii italiani avevano perduto in borsa un valore ben maggiore, nientemeno che 39 miliardi! Un miliardo, in confronto di 39 miliardi! Come si fa a lamentarsi ?

**2.** Se ci decidiamo a commentare questa manipolazione audacissima e puerilissima della verità, è soltanto perchè non vogliamo perdere l'occasione per dimostrare in cifre la incredibile leggerezza, per non dir peggio, dei nostri avversarii; non certo perchè ci possiamo neanche lontanamente illudere di persuaderli.

Diciamo dunque a costoro che, se il rispetto di sè stessi fosse una regola obbligatoria di vita, non si sarebbe dovuto confron-

tare le perdite subìte DAI TITOLI ELETTRICI NEL PERIODO DAL 22 OTTOBRE AL 7 NOVEMBRE 1931 con le perdite subìte *da tutti i titoli italiani nel periodo dal 1° gennaio 1925 a tutto il settembre* 1931; manifestamente questo confronto è piuttosto bislacco; e quando si voglia escludere la mala fede, rimane spudorato.

**3.** Nello specchietto seguente (1) sono riportate le diminuzioni intervenute DAL 22 OTTOBRE AL 7 NOVEMBRE 1931 nel valore complessivo delle undici più importanti categorie di titoli trattati nella borsa di Milano.

| CATEGORIE DI AZIENDE | Numero Società | Capitale sociale nominale (in milioni) | Capitale secondo il compenso 22-X (in milioni) A | Variazione intervenuta in Borsa dal 22-X al 7-XI (in milioni) B | Percentuale A/B |
|---|---|---|---|---|---|
| Bancarie | 5 | 2.050 | 3.580 | — 17,500 | — 0,49 |
| Mobiliari e finanziarie | 4 | 900 | 598 | — 29,460 | — 4.93 |
| | 9 | 2.950 | 4.178 | — 46,960 | — 1,12 |
| Trasporti | 10 | 1.767 | 1.338 | — 98,509 | — 7,36 |
| Cotone, lana, seta | 21 | 893 | 1.105 | — 94,214 | — 8,52 |
| Minerarie e metallurgiche | 7 | 1.380 | 1.353 | — 165,301 | — 12,22 |
| Elettrotecniche ed applicazioni elettriche | 5 | 319 | 211 | + *0,160* | + *0,076* |
| Alimentari | 6 | 414 | 608 | — 20,175 | — 3,32 |
| Agricole e Immobiliari | 7 | 595 | 481 | — 2,712 | — 0,56 |
| Industrie diverse | 12 | 628 | 649 | — 59,442 | — 9,16 |
| | 68 | 5.996 | 5.745 | — 440,194 | — 7,66 |
| Meccaniche ed automobilistiche | 6 | 312 | 87 | — 15,132 | — 17,39 |
| Chimiche | 5 | 360 | 125 | — 18,525 | — 14,82 |
| | 11 | 672 | 212 | — 33,657 | — 15,87 |
| Elettriche | 24 | 7.418 | 6.210 | — 857,876 | — 13,81 |
| TOTALE GENERALE | 112 | 17.036 | 16.345 | — 1.378,688 | — 8,43 |

(1) Nello specchietto di pagina 1007, della rivista, è incorso qualche errore, che viene corretto nello specchietto attuale.

**4.** Dunque i fatti intervenuti in borsa dal 22 ottobre al 7 novembre, dimostrano che la generalità dei titoli italiani ha subìto una diminuzione percentuale di valore molto minore dei titoli elettrici. Alla diminuzione di questi ultimi si sono avvicinate soltanto le seguenti tre categorie: minerarie e metallurgiche; meccaniche e automobilistiche; chimiche.

Ma non sarà fuori di luogo aggiungere:

*a*) L'industria della produzione e distribuzione di energia elettrica è, per natura e per consenso universale, fra quelle che dovrebbero subìre minori oscillazioni di apprezzamento. Da questo punto di vista essa dovrebbe essere meglio giudicata che non le aziende bancarie e finanziarie, le quali mediamente, come risulta dallo specchio, hanno diminuito in quel periodo, di poco più dell'uno per cento contro il 13,81 % sofferto dall'industria elettrica.

*b*) Notoriamente le industrie meccaniche ed automobilistiche e le industrie chimiche sono, non soltanto in Italia, ma specialmente qui, le più aleatorie. Grande avvilimento dunque per le industrie elettriche essere state trattate dalla Borsa alla stregua delle industrie più aleatorie in quel periodo di tempo! Tanto grande che diventa necessario spiegare il fatto ricorrendo appunto alla iniqua campagna giornalistica d'allora; questa spiegazione non può meravigliare alcuno, perchè ha tutti i caratteri della probabilità logica, e può essere ritenuta vera.

*c*) Ma c'è di più; se si astrae dalle due categorie meccaniche e chimiche, le altre avevano ancora al 22 ottobre complessivamente un valore di borsa o superiore o poco inferiore al valore nominale. Invece le industrie elettriche erano già inferiori al valore nominale per il 16 % circa, onde ancora meno spiegabile apparirebbe la ulteriore grave falcidia sofferta se non si sapesse della campagna giornalistica sferrata contro di esse.

*d*) Infine, mentre tutte le altre azioni trattate in borsa, nel periodo considerato, hanno subìto una diminuzione di valore globale di poco più di 500 milioni sopra una valutazione superiore a 10 miliardi, alle industrie elettriche è stata causata invece una svalutazione di 857 milioni sopra una valutazione di soli sei miliardi. La diversissima falcidia è altro indice dell'esistenza di una causa particolare estranea alla sfiducia generale, e che noi abbiamo cercato di individuare nel nostro « *Memento* ».

**5.** Ricostituito il confronto nella sua genuina obiettività, non abbiamo difficoltà a riconoscere che per coloro i quali avevano cominciato a mettere le mani avanti dichiarando (mentre sferravano il noto attacco) che non intendevano subire il ricatto morale della minaccia di panico in borsa, è piuttosto seccante trovare che effettivamente la loro azione ha prodotto l'effetto sconfessato a priori. Ciò vuol dire che essi pure sanno non avere alcun valore l'alibi che cercarono di crearsi proclamando, *post factum*, che *non si debbono fare degli attacchi avventati perchè questi vanno a toccare il credito delle aziende e perciò la fiducia degli azionisti, cioè dei risparmiatori*!

Da che pulpito!

# DIRITTO E GIURISPRUDENZA

**Condutture elettriche - Denunzia di nuova opera.**

MASSIMA

*La denuncia di nuova opera prevista dall'art. 698 Cod. Civ. è ammissibile da parte della Società proprietaria di un elettrodotto, contro l'impianto di altrui condutture che possano recare indebito pregiudizio alle sue linee.*

Tribunale Padova, 31 marzo - 7 aprile 1931; Pres. Alpago, Est. Carlini, in causa Soc. EUGANEA DI ELETTRICITÀ (Avv. Lancerotto) c. ENTE AUTONOMO FORZE IDRAULICHE ADIGE-GARDA (Avv. Gambarin).

FATTO

Mediante citazione 5 settembre 1930 dello Uff. Giud. della R. Pretura di Verona, la Società Euganea di Elettricità, con sede in Padova, nella persona del Direttore Ing. Barone Giuseppe Lassatovitch, convenne dinanzi alla Pretura di Este l'Ente Autonomo Forze Idrauliche Adige Garda, con sede in Verona, nella persona del Senatore Enrico Corsi, chiedendo la sospensione dei nuovi impianti iniziati da detta Società per conduttura aerea ad alto potenziale, perchè, specialmente nei punti di incrocio non idonei a garantire, la sicurezza delle proprie linee di distribuzione d'energia e la incolumità di coloro che se ne servono. Con sentenza 25/11/1930 - 28/11/1930 il Pretore respinse la domanda, condannando la Società Euganea nelle spese del giudizio. Mediante citazione 12/12/1930 dell'Uff. Giud. Ghedin Martino la Società Euganea contro la predetta sentenza ha prodotto appello a questo Tribunale. (*omissis*).

DIRITTO

Considerato in via pregiudiziale, che non può dirsi improponibile l'appello della Società Euganea, per il fatto che la Società stessa abbia data la propria approvazione, dopo la pubblicazione della sentenza impugnata, ai progetti d'impianto che le furono comunicati dall'Ente Autonomo Forze Idrauliche Adige-Garda.

Dal fatto, allegato dall'Ente, deve argomentarsi non già l'accettazione tacita della sentenza per parte della Società appellante, ma il riconoscimento effettuato dall'Ente appellato che la denuncia di nuova opera, quando fu proposta, era perfettamente fondata; non è infatti da supporre che l'Ente Autonomo, durante la pendenza del giudizio di prima istanza, abbia presentato alla Società Euganea per averne l'approvazione, un progetto d'impianto tale che, mandato ad effetto, fosse per produrre gli inconvenienti affermati dalla Società Euganea a fondamento della denuncia: l'Ente Autonomo evidentemente si sarebbe con ciò esposto a vedersi rifiutata l'approvazione; ragionevole è invece pensare, come appare dalla lettera 20 dicembre 1930 diretta dalla Società Euganea al proprio avvocato Comm. G. B. Lancerotto, che l'Ente abbia introdotto nel progetto o nei progetti qualche modificazione tale da indurre la Società Euganea a prestare la propria adesione ai progetti stessi. Considerato, in merito, che, in seguito al riconoscimento implicito, ma necessario per parte dell'Ente Autonono del buon fondamento della denuncia non è il caso di ammettere particolari mezzi istruttori per provare gli inconvenienti lamentati dalla Società Euganea, inconvenienti, i quali, allo stato di mero pericolo, potevano essere argomentati dalla disposizioni stessa e dalla consistenza della palificazione senza che fosse necessario all'uopo l'applicazione dei fili conduttori di energia; che le autorizzazioni amministrative richieste per l'impianto di linee distributrici di energia, preordinate come sono alla tutela dell'interesse pubblico, appunto per questo non escludono l'esercizio delle azioni concesse dalla legge per la tutela degli interessi privati.

Che le modificazioni introdotte nei progetti ed approvate dalla Società Euganea, rendono, almeno per ora, inutile la sospensione dell'opera o la imposizione all'Ente di particolari misure di sicurezza e di cautela.

P. Q. M. (*omissis*).

---

**Derivazione di acque pubbliche - Ricorso contro i provvedimenti amministrativi di concessione - Competenza.**

MASSIMA

*Il Tribunale Superiore delle Acque Pubbliche in sede amministrativa (composto nei sensi dell'art. 70 R. D. L. 9 ottobre 1919, n. 2161) è incompetente a conoscere del ricorso per annullamento di provvedimenti amministrativi in materia di acque pubbliche, quando tale ricorso, pur avendo per immediato oggetto il detto annullamento, trovi la sua ragione, presupposto e fondamento, nella pretesa violazione di un diritto individuale a derivazioni od utilizzazioni di acqua pubblica.*

*In tal caso, mirando la impugnativa dell'atto amministrativo alla tutela non già di un semplice interesse legittimo, ma di un vero e proprio diritto individuale, per il che si rende necessaria la preliminare indagine in ordine alla sussistenza del diritto vantato, la controversia è di competenza del Tribunale territoriale delle acque pubbliche in sede giudiziaria (art. 67 lettera C del citato D. L.).*

*Nè ha rilevanza in contrario l'argomento che il Tribunale territoriale delle acque pubbliche, competente a riconoscere il diritto subbiettivo che si pretende leso, manchi poi di giurisdizione per la richiesta pronuncia di annullamento dell'atto amministrativo, bastando la declaratoria di illegittimità dell'atto in relazione al diritto leso, salvi gli ulteriori effetti in sede amministrativa.*

*La decisione sulla questione preliminare circa la sussistenza del diritto invocato non rientra fra quelle che possono essere devolute al Tribunale superiore delle acque in sede amministrativa ai sensi dell'art. 24 del R. D. L. 27 novembre 1919, n. 2235 trattandosi non già di semplice questione pregiudiziale, bensì di controversia di competenza esclusiva del Tribunale territoriale* (1).

Tribunale Superiore delle Acque Pubbliche, 17 giugno - 28 luglio 1931; Pres. Salucci, Est. Frugiuele; in causa COMUNE DI BRESCIA, CONSORZIO UTENTI DEL CHIESE E LL. CC. c. COTONIFICIO BRESCIANO, SOC. LAGO D'IDRO, SOC. ELETTRICA BRESCIANA, MINISTERI DEI LAVORI PUBBLICI E DELLE FINANZE.

FATTO

Con Decreto Luogotenenziale 25 ottobre 1917 veniva accordata, congiuntamente, all'Università del Naviglio Grande Bresciano ed alla Società Elettrica Bresciana, la concessione di ridurre il lago d'Idro a serbatoio, per derivare acqua a scopo di utilizzazione per forza motrice, e propriamente nella misura di mc. 12 al minuto secondo da settembre a maggio e di mc. 30 da maggio a settembre, per ricavarne, mediante un salto utile di m. 41,27, la forza di HP 5502,67 da trasformarsi in elettrica per distribuzione di forza e di luce, con restituzione in sinistra del Chiese, mentre il quantitativo di acqua superiore ai mc. 10 il minuto secondo, doveva essere scaricato nella località del Ponte Canale e lasciato defluire nell'alveo del fiume.

Con atto 22 marzo 1922 per notar Cantoni fu costituita la Società « Lago di Idro » avente per scopo di costruire e gestire le opere di riduzione del Lago di Idro a serbatoio, lasciando ad altra Società di provvedere all'impianto idroelettrico.

Con istanza del 16-20 maggio 1925 i rappresentanti della Società Elettrica Bresciana, della Società Lago d'Idro, e del Naviglio Grande Bresciano, richiesero:

*a*) che la concessione per la costruzione e per l'esercizio del serbatoio fosse intestata alla Società Lago d'Idro;

*b*) che la concessione industriale fosse invece fatta alla sola Società Elettrica Bresciana;

*c*) che la erogazione del lago fosse stabilita dal settembre al maggio in un minimo di metri cubi 10 al minuto secondo, con media giornaliera non inferiore a mc. 12 al minuto secondo, e dal maggio al settembre in un minimo di 25 mc. al minuto secondo elevabile sino a 40, con erogazioni contemporanee dalla galleria di svaso e da quella industriale.

Intanto, poichè fin dal 1919 la Società Elettrica Bresciana aveva presentata una istanza per l'approvazione di due varianti alla precedente concessione, intese a consentire una più vasta e razionale utilizzazione, una per le opere di regolazione del lago, l'altra per la maggiore sua utilizzazione industriale, la Società del Lago di Idro e la Società Elettrica Bresciana presentarono i relativi progetti definitivi.

In sede d'istruttoria dell'istanza predetta furono prodotte varie opposizioni, fra cui quella del Consorzio degli industriali del Chiese, il quale domandò:

*a*) che la derivazione dal lago fosse mantenuta il più possibile costante, durante le 24 ore;

*b*) che la portata minima fosse di mc. 12 anzichè come era stato richiesto dagli Enti interessati di mc. 10;

*c*) che fosse fisssato un deflusso minimo, e non medio, costante per la erogazione del lago;

*d*) che fosse sospesa la concessione dell'invaso in attesa dell'esito dell'istruttoria di una ulteriore domanda avanzata nel luglio 1926 dalla Società predetta per la utilizzazione irrigua della maggiore portata ricavabile.

Interveniva il R. Decreto 8 dicembre 1927 il quale, riservato ogni provvedimento sulla parte relativa all'utilizzazione industriale, riconobbe la Società Lago d'Idro cessionaria delle due Società intestatarie della concessione del 1917, limitatamente alle opere di invaso del lago, previste nel progetto originario, modificato da quello del marzo 1926: concesse la sanatoria per le varianti al progetto originario, a termini dell'art. 36 del R. Decreto 9 ottobre 1919, n. 2161: rigettò le opposizioni del Consorzio degli utenti del Chiese, osservando, circa la domandata sospensiva, che non fosse da accogliersi, sia perchè gl'istanti potevano far valere i loro eventuali diritti, la concessione venendo fatta con la salvezza dei diritti dei terzi; sia perchè essi avrebbero potuto presentare le loro opposizioni, nell'istruttoria della domanda del 10 luglio 1926: sia perchè i limiti della erogazione dell'acqua s'intendevano fissati in *via provvisoria*, in attesa del riconoscimento dei diritti di uso dell'acqua del Chiese.

Contro questo decreto gli industriali del Chiese e vari consorti di lite, fra cui il Comune di Brescia rappresentati e difesi dagli Avv. Ferruccio Ghia e Ambrogio Vigoretti, hanno prodotto ricorso a questo Collegio, notificato il 27 agosto 1928 ai Ministeri dei Lavori Pubblici e delle Finanze ed alla Società del Lago d'Idro.

In questo gravame, premesso che ai ricorrenti spetta, o per regolare concessione, o per antichi diritti in corso di riconoscimento, l'uso dell'acqua del fiume Chiese, per quantità che per taluni di essi raggiungono i metri cubi 16 al minuto secondo, sostengono che l'impugnato decreto, contrario alla legge ed emanato con eccesso di potere, ferisce i diritti loro spettanti in forza delle dette concessioni, e comunque quelli loro garantiti dal decreto predetto del 25 ottobre 1917, ed in base al quale essi hanno dato corrispondente sviluppo ai loro impianti industriali, e soggiungono che non vale a mitigare tale loro pregiudizio la eccepita provvisorietà del provvedimento preso fino al giorno in cui saranno discusse le opposizioni concernenti la utilizzazione industriale in sede di esame del progetto 2 maggio 1926, perchè il decreto impugnato, nel frattempo, produce i suoi dannosi effetti.

Si conclude chiedendo che voglia questo Tribunale Superiore:

1°) dichiarare, nella parte almeno *de qua*, riflettente i diritti degli industriali del Chiese, nullo e senza effetto il decreto impugnato col relativo disciplinare, e per conseguenza, pronunziando in merito a termine degli art. 69 e 70 della legge sulle derivazioni delle Acque pubbliche, dichiarare dovere tenersi ferma la erogazione costante in mc. 12 al minuto secondo delle acque del Lago d'Idro così come al precedente decreto 25 ottobre 1917;

2°) stabilire le opportune provvidenze perchè sia ammesso l'intervento di un rappresentante dei ricorrenti nella manovra dei manufatti dell'incile;

3°) in via subordinata, dichiarato nullo l'impugnato decreto, rimettersi alla competente autorità amministrativa la pratica, per la decisione nei sensi su espressi;

4°) condannarsi la Società Lago d'Idro alle spese.

Posteriormente intervenne il R. Decreto 17 ottobre 1929, con cui fu provveduto sulla parte delle istanze della Società Elettrica Bresciana, relativa all'utilizzazione industriale, lasciata in sospeso dal precedente decreto.

Con questo ultimo provvedimento:

*a*) fu riconosciuta la Società Elettrica Bresciana concessionaria dell'Università Generale Bresciana per la parte a quest'ultima pertinente dalla concessione del 1917, limitatamente all'autorizzazione industriale;

*b*) respinta ogni opposizione, di cui non fosse stato tenuto conto sia nel disciplinare che nel decreto stesso, e fatti salvi i diritti dei terzi, fu concesso alla predetta Società Elettrica Bresciana, a modifica del Decreto Legge del 1917, di derivare dal Lago d'Idro moduli massimi 250 e minimi 163,80 di acqua, per produrre la potenza nominale di HP 22.893 da trasformare in energia elettrica a scopi industriali.

Fra le opposizioni respinte vi furono quelle del Consorzio utenti idraulici del Chiese, e nel respingerle il decreto considerò, che tali opposizioni, per la parte riguardante l'invaso, erano state esaminate e respinte col R. Decreto 8 dicembre 1927; mentre per la parte riguardante l'utilizzazione industriale, gli opponenti trovavano ampia tutela nelle vigenti disposizioni di legge, e nelle clausole introdotte nel disciplinare, fra le quali, l'obbligo imposto alla Ditta concessionaria di compiere tutti i lavori necessari per preservare le ***utenze in atti***, risarcendo ogni ***eventuale danno***; l'obbligo di fornire l'acqua per gli usi potabili, domestici civili ed agricoli che venissero menomati dalla esecuzione o dall'esercizio dell'impianto: l'obbligo di lasciare defluire dallo scarico dell'impianto senza interruzione, la portata minima di 100 moduli dal dicembre al marzo, di 120 dall'aprile al maggio e dal settembre al novembre, e di 250 dal maggio al settembre.

Anche contro questo secondo R. Decreto il Consorzio Industriale del Chiese ed altri hanno prodotto a questo Collegio, ricorso notificato il 27-28 e 30 marzo 1930 alla Società del Lago d'Idro alla Società Bresciana ed ai Ministeri dei Lavori Pubblici e delle finanze.

Con esso si dichiara che per quanto l'impugnato decreto abbia provveduto soltanto sulla domanda di utilizzazione industriale della Società Elettrica Bresciana, pure, decidendo per implicità, in via definitiva, sulle opposizioni dei ricorrenti circa il modo di erogazione del lago, ha ferito, come già aveva fatto il precedente decreto, i loro *diritti* dipendenti da decreti anteriori, ed ha dichiarato contro realtà che fossero state respinte in antecedenza le loro opposizioni.

Si formularono pertanto conclusioni identiche a quelle contenute nel primo ricorso giurisdizionale, soggiungendosi, con atto depositato il 16 ottobre 1930, che voglia questo Tribunale, in via subordinata di istruttoria ammettere gli opportuni incombenti peritali con designazione di tecnici, allo scopo di stabilire:

*a*) che atteso il modo di utilizzazione delle acque del fiume Chiese per le diverse industrie dei Consorziati, il regime di 10 metri cubi al minuto secondo dal 1° dicembre al 31 marzo determina gravissimi danni per gli industriali, con conseguenti riduzione di produzione e licenziamento di operai, e dà luogo pel Comune di Brescia a necessità di acquisto di maggiore energia elettrica per la illuminazione;

*b*) che per la natura degli impianti e pel lavoro che viene eseguito negli stabilimenti, non ha alcuno effetto compensativo il fatto che essi possono essere garantiti dal godimento di un minimo di 10 mc. durante 120 giorni del periodo invernale.

A sviluppo dei due ricorsi è stata poi dai ricorrenti depositata il 17 dicembre 1930 una memoria con cui si confermano le precedenti conclusioni.

Si sono costituiti resistenti i Ministri dei Lavori Pubblici e delle Finanze, rappresentati e difesi dalla R. Avvocatura Generale dello Stato, la quale ha depositata, oltre ad un fascicolo di documenti, il 7 maggio 1930 una comparsa conclusionale e nel 13 giugno 1931 una diffusa memoria a stampa.

Con l'una e con l'altra, premessa che l'istanza in data 10 luglio 1926 e le domande di riconoscimento di alcune antiche utenze del Chiese, sono tuttora in sede di esame amministrativo, si eccepisce preliminarmente l'incompetenza di questo Tribunale Superiore ad interloquire sugli attuali due ricorsi, con cui gli istanti sostanzialmente sostengono che i due decreti impugnati avrebbero violato il loro diritto quesito in virtù del Decreto Legge 25 ottobre 1917, lo che rientra nella ipotesi prevista dall'art. 67 lettera *e* del R. Decreto del 1919, n. 2161, cioè di una controversia avente per oggetto un preteso diritto, relativo a derivazione ed utilizzazione di acque pubbliche: giudizio di merito demandato dalla legge al Tribunale delle acque pubbliche competente per territorio.

Ed egualmente incompetente sarebbe questo Collegio a pronunziarsi circa il domandato intervento di un rappresentante di essi ricorrenti nella manovra dei manufatti dell'incile, non

potendo essere determinate, in sede giurisdizionale o giudiziaria, le modalità di esercizio di una derivazione o di un'opera di invaso, in quanto trattasi di disposizione di indole tecnica demandata all'apprezzamento discrezionale ed insindacabile della pubblica amministrazione.

Si soggiunge poi che, sotto il profilo della legittimità i ricorsi sarebbero irricevibili, in quanto non denunciano, in alcun modo, la specifica violazione di disposizioni di legge.

Nel merito poi si rileva:

*a*) che è infondata la pretesa irretrattabilità del R. Decreto 25 ottobre 1917, ogni concessione amministrativa essendo revocabile o modificabile, come si desume dall'art. 36 che autorizza l'utente a chiedere, e l'amministrazione a concedere, varianti, come nella specie;

*b*) che questa variante fu consentita in base all'art. 36, perchè ritenuta non sostanziale;

*c*) che la concessione della variante fu fatta con l'espressa riserva di ogni diritto preesistente, e con declaratoria esplicita per quanto riguarda il R. Decreto 8 dicembre 1927, che i limiti d'erogazione dell'acqua s'intendono fissati solo in via provvisoria, in attesa del riconoscimento dei diritti di uso di acqua del Chiese;

*d*) che non esiste la contraddizione lamentata nel R. Decreto 8 dicembre 1927, perchè, a norma delle vigenti disposizioni, si può bene respingere le opposizioni fatte in sede amministrativa contro domande relative a derivazione ed utilizzazione di acque pubbliche, e nel contempo, dichiarare, in confronto del concessionario, la riserva e la salvezza di eventuali diritti di terzi, che vedessero, con la nuova concessione, ridotte od annullate le concessioni da loro ottenute;

*e*) che se nel dispositivo del decreto stesso non si parla della provvisorietà della misura di erogazione, se ne parla nella motivazione, che lo integra;

*f*) che nel secondo R. Decreto, quello del 17 ottobre 1919, è espressamente detto che le opposizioni circa l'invaso del lago, erano state già respinte, in occasione della emanazione del R. Decreto 8 dicembre 1917 e ciò corrispondeva al dispositivo di questo ultimo;

*g*) che in entrambi i decreti impugnati sono state imposti tutti gli obblighi e le cautele ritenuti necessari a tutela degli interessi dei terzi;

*h*) che all'ammissione dei domandati mezzi istruttori resiste la disposizione dell'art. 83 della legge, il quale stabilisce che gli accertamenti tecnici, siano, occorrendo, eseguiti dal Giudice delegato e dal Giudice tecnico.

Si conclude chiedendo a questo Collegio, in via pregiudiziale, la dichiarazione della propria incompetenza a giudicare dei due ricorsi: in via subordinata la dichiarazione della loro inammissibilità ed in via più subordinata, la loro reiezione, con la condanna, in ogni caso, dei ricorrenti al pagamento delle spese ed onorari.

Si è costituita resistente la Società Anonima Lago d'Idro, nella persona del suo Presidente, Cav. Villa Ottorino, rappresentato e difeso dagli Avv. Arturo Reggis, Enrico Forges Davanzati e Giuseppe Conte, i quali hanno depositato per tutti e due i ricorsi conclusioni principali ed aggiunte ed una memoria difensiva a stampa.

Con esse si svolgono considerazioni ed eccezioni analoghe a quelle mosse dall'Avvocatura dello Stato, principalmente quella d'incompetenza del Tribunale adito, osservando in proposito che il sindacato di merito, invocato dai ricorrenti, da parte di questo Tribunale Superiore è concesso eccezionalmente dalla lettera *f* dell'art. 70 della Legge soltanto pei provvedimenti sul regime delle acque pubbliche di cui all'art. 2 del Testo Unico nelle opere idrauliche e contro i provvedimenti dei Prefetti, previsti dall'art. 378 della Legge stessa.

Si soggiunge che meno per due partecipanti al Consorzio, per tutti gli altri non è stata fornita alcuna prova del diritto ad utilizzare le acque del Chiese, onde la mancanza di tale prova rende improponibile la domanda e impone senz'altro la reiezione dei ricorsi.

Si conclude analogamente alle richieste fatte dall'avvocatura di Stato, anche per la condanna alle spese ed onorari.

Si è costituita in giudizio la Società Elettrica Bresciana, nella persona del suo Consigliere delegato, signor Comm. Eugenio Dente rappresentato e difeso dagli avv. Edoardo Maino ed Alfredo Tamburini, resistendo al primo dei due ricorsi in esame nella qualità d'interveniente, ed al secondo nella qualità di convenuta.

Anche la Società Bresciana ha depositato conclusioni e memorie difensive, sostenendo eccezioni e deduzioni analoghe a quelle degli altri resistenti, e concludendo perchè, previo riconoscimento della legittimità di detto suo intervento, sia dichiarata l'incompetenza di questo Collegio, o quanto meno i due ricorsi siano respinti nel merito, sempre con la condanna in solido dei ricorrenti alle spese ed onorari del giudizio.

Ha replicato la difesa dei ricorrenti con memoria a stampa depositata il 10 giugno 1931.

Con essa si riconosce che materia del presente contendere sono i diritti dei ricorrenti a vedere mantenuta la misura di erogazione di acqua fissata nel 1917: che la controversia in contestazione rientra precisamente fra quelle di cui alla lettera *c* dell'art. 67 della legge, e cioè che ha per oggetto il riconoscimento di diritto legittimamente quesito dai ricorrenti. Ma, si soggiunge, ciò non toglie che la competenza del Tribunale Superiore rimanga ferma, a causa del *petitum*, il quale è la revoca dell'atto amministrativo, che ha violato i diritti. All'uopo si fa richiamo ad una sentenza del 1926 delle Sezioni Unite della Cassazione.

In merito poi si fa presenta che la prova di questi diritti di cui si chiede la reintegra è stata fornita sia dai documenti esibiti, sia dagli esibiti R. Decreti del 1917, del 1927 e del 1929, nei quali è stato sempre riconosciuto nel Consorzio l'Ente che rappresenta gl'interessi di tutti gl'industriali del Chiese, sia con la produzione dell'atto costitutivo del Consorzio.

S'insiste nel sostenere che coi Decreti denunziati si sono lesi i diritti dei terzi, pur dichiarando con insanabile contraddizione di volere farli salvi: che la procedura della sommaria istruttoria seguita non sarebbe stata conforme a legge, non ricorrendo nel caso concreto l'applicazione dell'art. 13, nè dell'art. 36 della legge, e si conclude confermando le precedenti domande.

DIRITTO

Considerato che i due ricorsi in esame, per la evidente loro connessione, furono riuniti, durante il periodo istruttorio, come ne era stato fatto richiesta dalle parti, per provvedere sui medesimi con unica pronunzia.

Considerato che, per l'identica ragione, deve riconoscersi legittimo l'intervento *ad opponendum* al primo dei detti due ricorsi da parte della Società Elettrica Bresciana, già convenuta e costituitasi in giudizio per resistere al secondo di essi.

Considerato che preliminare si presenta l'esame della eccezione d'incompetenza di questo Tribunale Superiore a pronunciarsi su entrambi i gravami, sollevata sia dall'Avvocatura Generale dello Stato sia dalle altre parti resistenti.

L'eccezione è fondata.

Occorre premettere che, come è stato ampiamente svolto nella parte narrativa della presente decisione, le censure d'illegittimità mosse ai due RR. Decreti impugnati coi due gravami sporti a questo Collegio, si sostanziano nella doglianza che con l'aver la Pubblica Amministrazione acconsentito a che le convenute Società potessero ridurre l'erogazione dell'invaso dal Lago d'Idro, in determinate epoche, a mc. 10 al minuto secondo, avrebbe ferito i diritti agli attuali ricorrenti spettanti o per precedenti regolari concessioni di utilizzazione d'acqua dal fiume Chiese, o per antiche utenze sul medesimo, ed in corso di riconoscimento, le une e le altre garantite dal predetto R. Decreto 25 ottobre 1917 col quale veniva fatto obbligo alle stesse Società di mantenere costante detta erogazione in mc. 12 al minuto secondo, ed in base al quale R. Decreto essi avevano dato corrispondente sviluppo ai loro impianti industriali. Sicchè oggetto della contestazione, materia del contendere sono nella fattispecie i *diritti* dei ricorrenti a vedere mantenuta quella misura di erogazione d'acqua fissata coi precedenti decreti e provvedimenti amministrativi.

Se non che i ricorrenti, pur espressamente riconoscendo che la presente controversia rientra precisamente fra quelle di cui alla lettera *c* dell'art. 67 della legge del 1919, demandate alla competenza dei Tribunali territoriali, osservano che ciò non toglie che la competenza del Tribunale Superiore rimanga ferma a causa del *petitum*, il quale è la revoca degli atti amministrativi, che hanno violato i loro diritti.

Ma siffatta tesi non può essere accolta da questo Collegio pei seguenti rilievi.

In dottrina si è molto disputato, e si disputa tuttora, sulla determinazione dei limiti di competenza, in base alle vigenti norme, fra l'autorità giudiziaria e la giurisdizione amministrativa, e cioè se a riconoscere la competenza dell'uno o dell'altro organo debbasi, nella materia controversa, avere riguardo esclusivamente al *petitum* od altresì alla *causa petendi*.

La giurisprudenza delle sezioni giurisdizionali del Consiglio di Stato, ha sempre — salvo qualche isolata sua decisione — ritenuto che vertendo il ricorso sulla lesione di un diritto civile o patrimoniale, esulasse la competenza dell'organo giurisdizionale amministrativo ad interloquire in materia, unica competente a reintegrare i diritti lesi, essendo l'autorità giudiziaria. E che non abbia alcuna influenza in contrario che col ricorso non si chieda tale reintegrazione, ma soltanto l'annullamento del provvedimento impugnato per violazione di legge,

incompetenza, od eccesso di potere, a termini dell'art. 26 del Testo Unico delle leggi sul Consiglio di Stato e cioè agli effetti della sua legittimità, giacchè la competenza della giurisdizione amministrativa, pel noto inciso contenuto nell'articolo medesimo, trova un limite nella competenza dell'autorità giudiziaria: competenza che deve determinarsi dalla sostanza della materia controversa.

Onde, sebbene l'oggetto e la finalità materiale del ricorso sia l'annullamento dell'atto amministrativo, ne resta sempre interdetta la cognizione al Consiglio di Stato *ratione materiae*, mentre alla competente autorità giudiziaria non è precluso l'adito di conoscere anche della legittimità del provvedimento stesso agli effetti, ben inteso, e dentro i limiti degli art. 2, 4 e 5 della Legge del 1865 sull'abolizione del contenzioso amministrativo.

E se la giurisprudenza giudiziaria è stata per qualche tempo oscillante, ammettendo talvolta che, ai fini della competenza, dovesse prevalere il *petitum*, risultante dalla formula terminativa del ricorso, nel senso della richiesta di annullamento dello atto amministrativo, oggi può dirsi concorde con quella amministrativa, avendo la Corte Suprema, anche con recenti pronunzie (Confronta Sentenza Sezione Unite 15 luglio 1930, n. 2680 Ministero - Società Nazionale Ferrovie e Tranvie) riconosciuto « che se è vero che non basta il solo tenore della formula termi« nativa e conclusiva dell'istanza ad attribuire la competenza « alla giurisdizione ordinaria, occorrendo sempre che l'indagine « sia riferita all'oggetto essenziale della pretesa dedotta in giu« dizio, per pari ragione è vera la reciproca che non sia suffi« ciente la formula diretta all'annullamento a giustificare la « competenza di legittimità delle sezioni giurisdizionali del Con« siglio di Stato, richiedendosi egualmente che lo esame sia « riportato all'oggetto della contesa, nel quale poi si sostanzia « il *petitum* rettamente concepito. La libera scelta del rimedio « renderebbe prorogabile contro i principii (art. 68 e 187 Cod. « Proc. Civ.) una competenza stabilita dalla legge per *ragione « di materia*, e cioè una competenza di ordine pubblico ».

Dal che segue che, salvo i casi di *competenza esclusiva* del Consiglio di Stato, rientrano nella competenza dell'autorità giudiziaria le questioni relative ai diritti soggettivi proposti, in via principale, come oggetto della domanda, e sono devolute alla giurisdizione del Supremo consesso amministrativo soltanto le questioni relative ad *interessi*, anche nei casi in cui il Consiglio di Stato sia competente a decidere in merito (cfr. Cassazione Sezioni Unite 25 marzo 1931 - Ferrovie dello Stato c. Prefetto di Lucca).

Ciò nei rapporti fra Consiglio di Stato, in sede giurisdizionale, ed autorità giudiziaria ordinaria.

Analogamente per quello che concerne i limiti di competenza fra questo Tribunale Superiore e i Tribunali territoriali per le acque pubbliche.

Come è risaputo, con la riforma del 1919 della Legge sulle concessioni e derivazioni delle acque pubbliche, in forza della quale fu istituito questo Tribunale Superiore, furono ad esso devolute (art. 70) tutte le controversie, che erano già di competenza del Consiglio di Stato, mentre ai Tribunali territoriali regionali rimase devoluta — e salvo appello al Tribunale Superiore con diversa costituzione — la cognizione delle controversie, che per lo passato era attribuita all'autorità giudiziaria ordinaria (art. 67).

Sicchè anche fra Tribunale Superiore e Tribunale Territoriale rimane ferma, ai fini della rispettiva competenza, la fondamentale distinzione, se nel caso controverso si facesse valere la lesione di un interesse legittimo o quello di un diritto subbiettivo patrimoniale, l'uno e l'altro attinenti al regime amministrativo delle acque pubbliche: distinzione che è pure richiamata, con riferimento al sistema del nostro ordinamento, dall'art. 18 del R. Decreto Legge del 1919.

Dal che discende che se l'interessato, invoca nel suo gravame la tutela giurisdizionale di un proprio *diritto subbiettivo*, garantito dall'ordinamento giuridico delle acque pubbliche, basta ciò a far sorgere la competenza dei Tribunali territoriali, ancorchè egli formuli la domanda di revoca o di annullamento dell'atto amministrativo impugnato, o chiegga statuizioni ad esso equivalenti.

Vero è che non è mancata qualche pronunzia da parte di questo Consesso, con la quale fu ritenuto che non venisse meno la sua competenza, là ove, pur rientrando la controversia fra quelle contemplate nel succitato art. 67, il ricorrente si limitasse a domandare l'annullamento in parola, onde potrebbe affermarsi che la giurisprudenza di questo Tribunale, nella dibattuta materia, non sia stata sempre costante, ma oscillante.

Ma dopo le recenti pronunzie della Suprema Corte regolatrice delle competenze degli organi giurisdizionali (confr. Sentenze 23 luglio 1929, n. 2870 - Società Cartiere Meridionali e 20 aprile 1931, n. 1459 - Ricorso Rampolla) questo Collegio si è uniformato ai principi in esse affermati e confermati, nè dai medesimi reputa di dovere decampare.

Contro il suddetto criterio discriminativo della competenza fra Tribunale Superiore e Tribunale territoriale non ha valore la considerazione, che quest'ultimo non possa accogliere l'istanza di revoca od annullamento dell'atto amministrativo. Pur essendo rispondente al vero, siffatta considerazione non è valida però di per sè a spostare la fondamentale distinzione, a sottrarre al Tribunale territoriale la propria competenza di riconoscere la lesione o meno del diritto subiettivo del ricorrente e di dichiarare conseguentemente l'illegittimità dell'atto amministrativo denunziato, con la condanna, se richiesta, dell'amministrazione al risarcimento dei danni, salvi gli ulteriori effetti della sua pronunzia in sede amministrativa.

Si è invocato, altresì, in contrario, il disposto dell'art. 24 del R. Decreto Legge 27 novembre 1919, n. 2235, il quale demanda alla cognizione del Tribunale Superiore le controversie assegnate dal ricordato art. 67, ai Tribunali territoriali. Ma il richiamo all'art. 24 è fuori di luogo, perchè tale attribuzione di speciale competenza, di natura eccezionale, è riservata soltanto per le questioni di carattere incidentale o pregiudiziale alla questione principale di esclusiva competenza del Tribunale Superiore (lesione di un legittimo interesse) e non già quando, come nella specie, questione principale, se non unica, sia la lesione di un diritto subbiettivo, e, come tale, rientrante nella competenza del Tribunale territoriale.

Considerato che mentre le premesse considerazioni conducono alla dichiarazione da parte di questo Consesso della propria incompetenza ad interloquire sui due interposti ricorsi, non mancano ragioni, precipua quella della surricordata oscillante giurisprudenza, per consigliare la compensazione, fra le parti in causa, delle spese del presente giudizio.

P. Q. M. (*omissis*).

## NOTA

(1) La annotata sentenza del Tribunale Superiore delle acque pubbliche merita di essere particolarmente segnalata. Essa chiaramente prospetta, e risolve con accurata motivazione, una di quelle questioni che si sogliono dire eleganti.

Il nostro legislatore si è giustamente preoccupato di disciplinare con leggi speciali tutta la complessa materia che concerne le acque pubbliche, sia per quanto ha tratto alla definitiva individuazione ed elencazione loro, sia per quanto si riferisce alle loro derivazioni ed utilizzazioni.

Nel promulgare questa speciale codificazione, si credette opportuno di istituire anche una apposita magistratura specializzata, incaricata di applicare la legge con l'ausilio di una illuminata competenza tecnica, di dirimere le controversie concernenti quella particolare materia.

Furono così istituiti i Tribunali territoriali ed il Tribunale Superiore delle acque pubbliche.

Sulla opportunità e convenienza di queste giurisdizioni speciali, su cui molto si è scritto, non è questa la sede di discussione; chè, fedeli al carattere pratico ed informativo della Rivista, ci siamo sempre sforzati di mantenere i nostri commenti sul terreno della delucidazione ed interpretazione del diritto vigente. Basti l'accennare che ai partigiani di questa e di altre giuridizioni speciali (Magistratura del lavoro, Commissari per gli usi civili, ecc.), allettati sopratutto dai pur apprezzabili vantaggi del giudice tecnico e specializzato, fa riscontro la schiera dei critici tradizionalisti, i quali scorgono e deprecano, in ogni sdoppiamento della funzione giudiziaria, il pericolo della incertezza del diritto.

Incertezza, si dirà, limitata nei confini del diritto processuale; ma questo — giustamente si obbietta — è il complemento necessario e potenziatore del diritto sostanziale. Il diritto subbiettivo, sempre di per sè virtuale, in tanto ha valore pratico in quanto possa rendersi attuale, mediante l'azione giudiziaria atta a conseguirne od a mantenerne immuni i pratici effetti (*actio autem nihil aliud est, quam ius persequendi iudicio quod sibi debetur*, Inst. IV, 6). La condizione di efficacia del diritto sta quindi nella certezza dell'azione — e poichè l'azione non può promuoversi che « *apud iudices arbitrosve* » (*ibidem*) la prima condizione di efficacia dell'azione sta nella certezza del

giudice avanti a cui l'azione stessa debba essere introdotta.

È facile, in taluni campi del diritto, eliminare la incertezza con precise attribuzioni di competenza — come avviene (per la diversissima natura e finalità delle due funzioni) nella distinzione fra la competenza del giudice penale e quella del giudice civile.

Men facile, talora difficilissima, la distinzione nelle materie civili, commerciali, amministrative, sì fra di esse che fra le varie lor parti, troppo unite e confuse fra loro, nei giuridici rapporti, da intersezioni e zone di reciproca permeabilità.

Nel tema che ci interessa, questa difficoltà di una precisa determinazione delle competenze, questa incertezza circa il giudice da adirsi per la risoluzione delle singole controversie concrete, si è subito manifestata, in proporzioni invero imponenti, ai primi contatti della legge scritta con la pratica sua applicazione.

Nè si è trattato soltanto di quelle prime transitorie incertezze che sempre accompagnano i primi passi di una legge nuova, e che ben presto vengono eliminate dal chiaro orientarsi della giurisprudenza, chiarificatrice ed integratrice della legge.

Non solo le diverse magistrature hanno spesso separatamente ed in contrario senso risolto le stesse questioni di competenza all'una od all'altra sottoposte dalle parti (a seconda che all'una od all'altra si fosse fatto ricorso) ed hanno creato così conflitti negativi o positivi di competenza.

Anche la Corte di Cassazione, chiamata a decidere in ultimo grado su tali questioni, od a dirimere tali conflitti, non sempre ha tracciato la netta linea di demarcazione fra le due competenze nè sempre ha potuto in massime generali e precise fissare criteri atti ad applicarsi ad ogni fattispecie concreta.

La conseguenza pratica ed il danno di queste incertezze sono facili a comprendersi. Interessi legittimi o diritti non dubbii non hanno trovato assai spesso avanti al magistrato che una tutela insufficiente od in ogni caso tardiva; poichè molte azioni giudiziarie si sono per anni ed anni arenate, senza che si potesse scendere alla discussione del merito, nella sterile controversia circa la competenza del giudice adito. La parte che chiedeva al magistrato il riconoscimento di un suo diritto, si è vista spesso costretta ad anni di lite solo per accertare a quale giudice la sua istanza dovesse essere rivolta.

Si dirà (e la osservazione è esattissima in teoria) che chi adisce giudice incompetente, deve imputare a se stesso le remore o conseguenze dannose che da ciò derivano: *nemo ius ignorare censetur*.

Ma quando di una uguale incertezza danno segno anche gli organi giudicanti, allora è lecito obbiettare che il cittadino non può essere giurisperito maggiore del giudice — e che, d'altra parte, qualunque sia la sua interpretazione della legge scritta, la divergenza delle decisioni giurisprudenziali dimostra la uguale alea che in ogni caso gli si prospetta, scegliendo l'una piuttosto che l'altra delle vie che gli sono aperte.

L'origine dell'incertezza è dunque *in lege ipsa* quantunque la giurisprudenza si sforzi lodevolmente di eliminarla con l'uniformare le proprie direttive e col formulare norme generali.

Ed è pur d'uopo riconoscere che questa materia forse più d'ogni altra si presta alla schermaglia delle eccezioni pregiudiziali di incompetenza per materia.

È noto che il R. D. Legge 9 ottobre 1919, n. 2161 (conosciuto sotto il nome di Codice delle acque pubbliche) deferiva alla cognizione dei Tribunali Territoriali delle Acque pubbliche (in primo grado) e del Tribunale Superiore delle acque pubbliche (in grado di appello) le controversie circa la demanialità delle acque, i limiti, alvei e sponde di corsi d'acqua e bacini, circa i diritti a derivazioni od utilizzazioni di acque pubbliche, le controversie per risarcimento di danni derivati da provvedimenti della amministrazione in tale materia, ecc. (art. 67 e 69). Ciò a modifica dell'art. 35 del Decreto Luogotenenziale 20 novembre 1916, n. 1664 che tali controversie deferiva ad un unico Tribunale delle acque, in un solo grado di giurisdizione.

Tali controversie venivano così sottratte alla autorità giudiziaria ordinaria, alla cui competenza spettavano sino dal 1865 (e cioè dalla legge sulla abolizione del contenzioso amministrativo).

Già questa prima distinzione di competenze fra la autorità giudiziaria ordinaria e la nuova autorità giudiziaria speciale, diede luogo a controversie numerosissime. La più comune (ed in un primo tempo variamente risolta) fu quella relativa alle controversie tra privati in ordine all'impiego, all'utilizzazione, al regime di acque pubbliche derivate. Quando la controversia concerneva esclusivamente, quantomeno nelle sue finalità concrete, rapporti di diritto privato (ad esempio nelle azioni di risarcimento danni fra vicini) ma tali rapporti traevano origine dalla derivazione di acqua pubblica, la controversia doveva intendersi compresa fra quelle devolute alla cognizione della magistratura speciale? Doveva cioè prevalere, per l'accertamento della competenza, la considerazione dell'oggetto della domanda, del *petitum* (di ordine privatistico) o piuttosto la considerazione del fondamento e titolo della domanda, della *causa petendi*, consistente nel diritto alla derivazione od utilizzazione dell'acqua pubblica?

A questo interrogativo la Giurisprudenza ha, da ultimo, risposto secondo direttive costanti. Vi è la competenza del Tribunale speciale sol quando il diritto alla derivazione od utenza dell'acqua pubblica costituisca « oggetto » della controversia (secondo la dizione dell'art. 67 lettera *c* della Legge, quando cioè il diritto stesso sia in discussione. Vi è la competenza del Tribunale ordinario in ogni altro caso.

Per questo nella legge del 1919 si era così modificata la dizione del decreto luogotenenziale del 1916, il quale parlava genericamente di « qualunque controversia, anche fra privati, *in « ordine* alle derivazioni e utilizzazioni delle acque pubbliche ». Il che, come giustamente osserva la Relazione 18 aprile 1918 dell'Ufficio Centrale del Senato sul disegno della legge ora vigente, « poteva far supporre che qualunque lite fra due privati « (concessionario, ad esempio, e sub-concessionario, o colui che « dal primo comunque avesse causa nello sfruttamento della « derivazione), purchè si collegasse, in un rapporto di più o « meno diretta dipendenza con una derivazione o utilizzazione « di acqua pubblica, fosse sottratta alla competenza dell'auto« rità ordinaria, ciò che per certo non dovette essere negli in« tendimenti dei compilatori dell'articolo, e che estenderebbe « la competenza speciale oltre i limiti nei quali le ragioni ispi« ratrici della riforma la vogliono mantenuta ».

Parrebbe, così stando le cose, che un chiaro criterio di distinzione delle due competenze fosse così stabilito. Ma anche questa distinzione racchiude in sè, se non un'ambiguità, la ragione di un'altra incertezza.

Dice la legge (e rincalza la interpretazione giurisprudenziale) che il diritto all'acqua, perchè sia competente la Giurisdizione speciale, deve essere oggetto *della controversia*. Dalla controversia (si badi) non *della domanda*.

La precisazione ha un valore pratico non indifferente: Oggetto della *domanda* giudiziale è quanto dedotto in giudizio dall'attore nel libello introduttivo della lite, quanto è precisato nella impostazione iniziale della stessa; l'oggetto *della controversia* può essere più ampio, e, in seguito alla *contestatio litis*, diverso, potendo il convenuto, in via di eccezione o riconvenzione, dedurre in giudizio questioni o rapporti giuridici la cui decisione, benchè talora indispensabile e pregiudiziale all'esame della domanda attrice, non sia in questa nè prevista nè chiesta.

Si faccia, per chiarezza, un esempio, tratto dalla stessa ipotesi accennata nella sopra citata relazione parlamentare.

Tizio conviene Caio in giudizio avanti al Tribunale ordinario per il pagamento del canone dovutogli per una subconcessione d'acqua derivata. Oggetto della domanda è il richiesto pagamento. La *causa petendi* sta nel rapporto obbligatorio che per contratto è intervenuto fra Tizio e Caio. La lite è fra privati, trae origine e causa da una privata contrattazione, e se pure si

colleghi, in rapporto indiretto di causalità, con un diritto a derivazione d'acqua, è di competenza della autorità giudiziaria ordinaria, in base ai principii elucidati più su, non essendo il diritto stesso portato come oggetto della contestazione in giudizio.

Ma si supponga che il convenuto, resistendo alla domanda, opponga in via di eccezione la nullità della contrattazione, per carenza nell'attore del diritto alla derivazione d'acqua a lui subconcesso. Ed ecco che, per effetto della eccezione, anche il diritto alla derivazione finisce per costituire oggetto della controversia. Ecco che la competenza per materia, stabilita dalla domanda introduttiva della lite, viene spostata dalla sua contestazione.

È principio generale del nostro diritto processuale che la competenza venga determinata dalla domanda. Il nostro Codice di rito lo stabilisce espressamente, quanto alla competenza per valore, all'art. 72; ed implicitamente, quanto alla competenza per materia, in tutte le disposizioni ad essa relative, dato che le azioni vengono ivi distinte secondo il loro oggetto e la loro natura, rilevabili appunto dalla domanda.

Ed è pure un principio generale del nostro diritto quello, di origine romanistica, che si suole così enunciare: « Il giudice dell'azione è giudice dell'eccezione » (*Pertinet enim ad officium iudicis qui de hereditate cognoscit universam incidentem quaestionem quae in indicium devocatur examinare, quoniam non de ea sed de hereditate pronunciat.* L. 1 Cod. de ord. iudic., 3, 8). È chiara, nel testo romano, la distinzione fra la *pronunzia* (concernente l'oggetto della domanda, il *petitum* della lite, il futuro dispositivo della sentenza) e la *cognizione* (concernente la decisione delle questioni di diritto, incidentali o pregiudiziali, necessaria alla delibazione della domanda).

Tale principio fu accolto, non senza qualche restrizione, nel nostro diritto. E, per stabilire quando la eccezione introduca nella lite un nuovo elemento estimabile ai fini della competenza e del suo spostamento, la dottrina ha fissato la sottile distinzione fra la *eccezione semplice* e la *eccezione riconvenzionale.*

Non è qui il luogo per approfondire tale distinzione dottrinale, acutamente prospettata e svolta dal Mortara (Commentario del Codice e delle leggi di Procedura Civile. III Ediz. Vol. II. Cap. III, N. 78 e segg.).

Basti, a chiarire il concetto, un esempio formulato dallo stesso trattatista, e che ha molte attinenze conq uello sopra indicato nella materia che ci interessa: il caso cioè del conduttore di immobile, convenuto in giudizio per il pagamento dell'affitto, che si difende negando nell'attore la qualità di proprietario dell'immobile, e cioè il presupposto e fondamento del diritto oggetto della sua pretesa.

Se l'inquilino si limita a negare il diritto dell'attore, si tratta di *eccezione semplice*; il giudice deve occuparsene, per accertare il fondamento della domanda attrice, ma la cognizione della eccezione, involgente l'accertamento del diritto di proprietà, non sposta la sua competenza, determinata dalla domanda di pagamento del fitto, dato che tale cognizione non sposta la *pronunzia*, limitandosi la sentenza a statuire sul chiesto pagamento della pigione.

Se invece l'inquilino non si limita a negare il diritto di proprietà dell'attore, ma chiede sia dichiarato spettare ad esso resistente tale diritto di proprietà, ecco che lo accertamento del diritto costituisce elemento della pronunzia, dovendosi giudicare anche sulla domanda riconvenzionale; ecco quindi che nella lite è introdotta una nuova domanda, che può spostare la competenza in quanto sposta ed amplia gli effetti del giudicato.

Ma, nella speciale materia che ci interessa, non pare che neppure questa distinzione possa essere decisiva. La già notata genericità della disposizione legislativa (per cui basta che il diritto all'acqua sia *controverso*) e la interpretazione giurisprudenziale inducono a ritenere che anche nel caso della semplice eccezione non riconvenzionale, anche per la sola *cognizione* pregiudiziale di tale eccezione, sia necessario devolvere la lite al giudice specialmente competente per materia.

Dal che deriva l'inconveniente, che già si notò, della incertezza iniziale della competenza, che può essere spostata dalla eccezione del convenuto.

A queste incertezze sulla competenza delle due autorità giudiziarie (ordinaria e speciale) si aggiungono, nel sistema legislativo delle acque pubbliche, le incertezze sulla competenza della giurisdizione giudiziaria nei confronti della giurisdizione amministrativa.

Per l'art. 70 della citata legge del 1919, il Tribunale Superiore delle acque pubbliche non ha soltanto ufficio di giudice di secondo grado nelle cause devolute alla competenza dei Tribunali territoriali delle acque pubbliche.

Il detto Tribunale Superiore, in una diversa composizione (con sette votanti in luogo di cinque) ha anche una competenza diretta di ordine amministrativo per giudicare dei ricorsi per incompetenza, eccesso di potere o violazione di legge, contro i provvedimenti amministrativi in tema di acque pubbliche, nonchè dei ricorsi anche per merito su contestazioni circa provvedimenti amministrativi pel regime delle acque pubbliche e provvedimenti prefettizii in tale materia.

Si tratta di controversie che per la legge sul Consiglio di Stato (R. D. 17/8/1907, n. 638, art. 22 e 23) spettavano un tempo rispettivamente alla cognizione della quarta e della quinta sezione del Consiglio di Stato.

Anche qui si tratta di una speciale competenza per materia, determinata inizialmente dall'oggetto della domanda (impugnativa di provvedimenti della autorità amministrativa).

Ed anche qui si può prospettare (ed in pratica si prospetta, come nel caso risolto dalla sentenza annotata) il dubbio sulla competenza, in casi particolari.

Il ricorso per impugnativa di un provvedimento amministrativo (pur avendo sempre per oggetto l'annullamento, la revoca o la modificazione del provvedimento) e quindi essendo ben determinabile riguardo al *petitum*, è soggetto a distinzioni in ordine alla ragione del chiedere, alla *causa petendi.*

Può darsi che il ricorrente non agisca se non per tutelare un suo generico *legittimo interesse* (la cui tutela gli è consentita dalla legge, e la cui esistenza è necessaria per la procedibilità dell'azione), per evitare un danno generico che egli risenta o lamenti, direttamente od indirettamente, quale conseguenza dell'atto impugnato.

Può darsi invece (e si dà più frequentemente) il caso che il ricorrente agisca per la tutela di un vero e proprio suo diritto personale e patrimoniale, che egli pretenda violato dal provvedimento impugnato; che egli chieda l'annullamento dell'atto amministrativo, appunto in quanto illegittimo perchè violatore del diritto suo.

Nel primo caso, non è dubbia la competenza del Tribunale Superiore delle acque, in quanto si tratta di statuire sulla legittimità dell'atto amministrativo in sè, sulla sua legalità sostanziale o formale, e lo interesse del ricorrente non entra in considerazione se non ai fini di accertare la legittimità e procedibilità della azione.

Nel secondo caso invece, l'esame della legittimità dell'atto impugnato si ricollega necessariamente ed inscindibilmente allo accertamento ed al riconoscimento del diritto patrimoniale individuale che si pretende leso; mentre l'accertamento di tale diritto non può essere devoluto alla giurisdizione amministrativa, bensì a quella giudiziaria (sia pure innanzi al giudice speciale, competente per materia, e cioè al Tribunale territoriale delle acque pubbliche). In questo caso la controversia sull'accertamento del diritto potrà essere portata avanti al Tribunale Superiore delle acque, ma solo in grado di appello, in sede di giurisdizione giudiziaria, con la diversa inerente composizione del Collegio, e non in unica istanza, in sede di giurisdizione amministrativa.

Praticamente, tale sistema legislativo arreca questo incon-

veniente: che la stessa controversia, unica pur nelle sue due parti (accertamento del diritto leso, conseguente annullamento dell'atto lesivo) deve essere giudicata da due giudici diversi.

L'Autorità Giudiziaria infatti, competente ad accertare la sussistenza del diritto, è carente di giurisdizione ad emanare la correlativa pronuncia in ordine alla impugnativa dell'atto amministrativo. Ciò era già stabilito, in via di principio generale dall'art. 4 della Legge del 20 marzo 1865, n. 2248, sulla abolizione del contenzioso amministrativo, che recita precisamente:

« Quando la contestazione cade sopra un diritto che si pretende « leso da un atto dell'Autorità Amministrativa, i Tribunali si « limiteranno a conoscere degli effetti dell'atto stesso in rela- « zione all'oggetto dedotto in giudizio. L'atto amministrativo « non potrà essere revocato o modificato se non sovra ricorso « alle competenti Autorità Amministrative, le quali si confor- « meranno al giudicato dei Tribunali in quanto riguarda il caso « deciso ».

D'altro canto il Tribunale Superiore delle acque, competente a conoscere della impugnativa dell'atto amministrativo, non può giudicare in ordine alla sussistenza del diritto posto a base della impugnativa stessa.

È quanto riafferma nella sua motivazione la sentenza annotata, precisando come in tal caso, per la determinazione della competenza, debba al *petitum* prevalere la *causa petendi*.

Tutto questo parrebbe chiarissimo, se non sorgessero, anche su questo punto, la stessa questione e la stessa dubbiezza, che si sono sopra accennate in tema di distinzione di competenza fra la Magistratura Ordinaria e quella Speciale.

Può darsi infatti che taluno ricorra per la impugnativa di un atto amministrativo, a ciò mosso dalla necessità di tutelare un suo diritto patrimoniale, che egli ritiene incontroverso, il cui accertamento non costituisce oggetto della domanda, e neppure della controversia; e può darsi che tale diritto diventi oggetto di discussione e di cognizione nel giudizio, in seguito ad eccezione dei resistenti, che, per opporsi alla domanda, ne facciano oggetto di contestazione.

Si ritornerebbe al caso dello spostamento di competenza causato non dalla domanda, non dalla introduzione della lite, ma dalla contestazione sua.

Deve sempre, in tal caso, il giudice adito, spogliarsi della cognizione del ricorso, per non riprenderla se non quando sia stata dal giudice a ciò competente decisa la preliminare questione circa la sussistenza del diritto posto a base della domanda?

La annotata sentenza ha risposto affermativamente ed ha posto a base della sua distinzione unicamente la considerazione iniziale della *causa petendi*; a seconda cioè che si agisca per la tutela di un semplice interesse legittimo, o di un vero e proprio diritto patrimoniale.

Ma la affermazione, a nostro avviso, non è, in linea di massima, completamente convincente.

Nel tema della speciale competenza del Tribunale Superiore delle acque in giurisdizione amministrativa, il principio generale già ricordato per cui « il giudice dell'azione è giudice della eccezione » ha trovato una specifica conferma in una apposita disposizione.

L'art. 24 del regolamento portante le norme di procedura pel funzionamento dei Tribunali delle acque pubbliche (R. D. L. 27 novembre 1919, n. 2235) recita testualmente:

« *Se il ricorso presentato ai sensi dell'art.* 70 *del Decreto Legge* « (e cioè il ricorso contro atti amministrativi) *proponga questioni* « *della natura di quelle indicate nell'art.* 67 *del citato decreto* (e « cioè di quelle per cui è competente il Tribunale Territoriale « delle acque) *e la di cui risoluzione sia necessaria per la deci-* « *sione del ricorso, il Tribunale Superiore delle acque pubbliche* « *è competente a decidere anche le suddette questioni* ».

La annotata sentenza ha risposto alla invocazione di questo articolo, obbiettando che tale disposizione riguarda solo la decisione di questioni pregiudiziali, incidentali, accessorie, non la cognizione in ordine ad azioni o diritti che costituiscono competenza esclusiva per materia della giurisdizione giudiziaria. Ed ha soggiunto doversi trattare di questioni sempre inerenti al legittimo interesse di chi promuove l'azione, non mai ad un vero e proprio diritto patrimoniale.

Ci sembra che questa interpretazione aggiunga alla legge distinzioni che invano in essa si cercherebbero, mentre è elementare che *ubi lex non distinguit nec nos distinguere debemus*.

Il richiamo dell'art. 24 sopra ricordato alle questioni « della natura di quelle indicate nell'art. 67 » è generico ed onnicomprensivo. E nell'art. 67, alla lettera *C* sono comprese appunto « le controversie aventi ad oggetto qualunque diritto relativo « alle derivazioni ed utilizzazioni di acque pubbliche ».

Se dunque, nel corso del giudizio amministrativo, per la decisione del ricorso, sia necessario preliminarmente decidere sulla sussistenza di un diritto di tal genere, non parrebbe dubbio che tale decisione sia dall'art. 24 del Regolamento devoluta al giudice amministrativo adito.

Un'altra distinzione invece parrebbe giustificata e fattibile, rispondente al sistema del diritto nostro processuale.

Se cioè la decisione in ordine al diritto vantato dovesse divenire, in virtù di domanda diretta o di una riconvenzionale vera e propria, oggetto del giudizio, in guisa da costituire anche parte della pronuncia, sì che questa spieghi su tal punto effetto di giudicato, la incompetenza dovrebbe essere dichiarata.

Ma quando l'accertamento del diritto non ha altro scopo che di stabilire la giustificazione, il presupposto, la fondatezza della azione, è chiaro che la questione pregiudiziale, pur richiamando il giudice all'esame della esistenza del diritto, non toglie che tale esame si risolva nello statuire sul chiesto annullamento dell'atto amministrativo, senza spiegare effetti oltre questi limiti.

Ed allora la questione pregiudiziale, da risolversi non in sè e per sè, ma in quanto « necessaria per la decisione del ricorso » dovrebbe intendersi compresa nella competenza del giudice adito.

AVV. ALESSANDRO PATRUCCO.

# NOTE E RIASSUNTI

## L'EFFETTO DELLA PERMEAZIONE SULLA STABILITA' DEI MURI IN CALCESTRUZZO

In una memoria testè pubblicata nella raccolta « *Ingenieur-Archiv* » (Berlino, J. Springer) il Dr. Ing. *F. Tölke* esamina l'argomento delle permeazioni d'acqua attraverso le murature, di particolare importanza per la stabilità delle dighe. L'Autore fa esplicito riferimento alle pubblicazioni italiane di *Fantoli* (1) e dello scrivente (2) mettendole a base del suo studio ma anche integrandole con alcune considerazioni che meritano di essere segnalate.

Sia le applicazioni di *Fantoli* ai fenomeni di permeazione attorno alle gallerie forzate, come quelle dello scrivente al problema delle dighe, sono basate sull'ipotesi di *Fantoli* che la velocità di permeazione sia proporzionale al gradiente piezometrico

$$V = -k \operatorname{grad} \Phi$$

ammettendo $k$, il coefficiente di permeabilità, costante in tutto il campo considerato delle pressioni interstiziali. *Tölke* esamina anzitutto la validità di tale ipotesi, rilevando che i risultati degli esperimenti di permeazione di *G. Merkle* (3) eseguiti con lastre di calcestruzzo, presentano deviazioni più o meno accentuate dalla legge lineare, sopra tutto nel campo delle pressioni minori, mentre coll'aumento della pressione idrostatica il diagramma delle velocità di permeazione si avvicina assintoticamente alla linea retta (vedi fig. 1). *Merkle* stesso attribuì

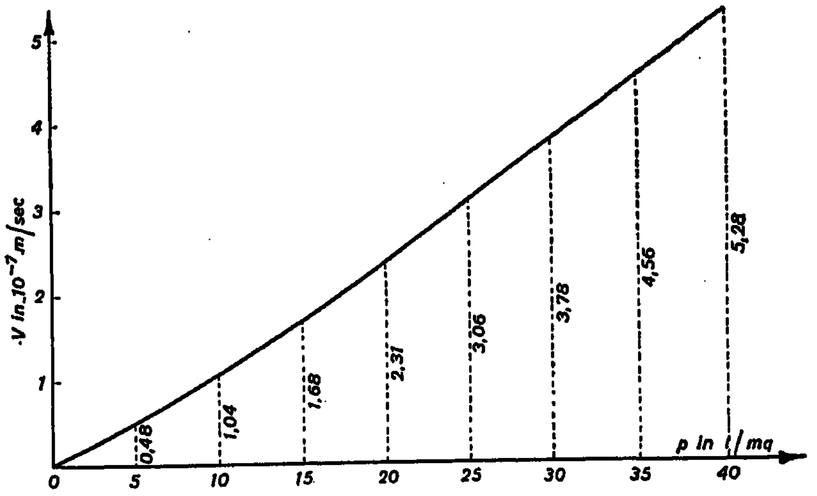



Fig. 1.

tale fenomeno alla variazione di volume subita dalle bollicine d'aria contenute nei pori, in relazione alla variazione della pressione interstiziale, ed alla conseguente variazione della sezione capillare utile per il flusso di permeazione. Basandosi su tale osservazione *Tölke* introduce l'ipotesi che la sezione utile dei pori sia proporzionale al volume effettivamente occupato dall'acqua, ossia al volume totale dei pori meno il volume dell'aria inclusa. Essendo quest'ultimo una funzione della pressione (secondo la legge di Boyle e Mariotte) anche il coefficiente di permeabilità risulta una funzione della pressione interstiziale secondo la formula, la quale concorda ottimamente coi i risultati esperimentali di *Merkle* :

$$k_{(p)} = k_0 + (k_\infty - k_0) \frac{p}{p + p_a}$$

dove: $k_0$ = coeff. di permeabilità per $p = 0$
$k_\infty$ = » » » » $p = \infty$, ossia il valore limite al quale tende assintoticamente $k_{(p)}$
$p_a$ = pressione atmosferica $\cong$ 10 t/m²

(1) « Sul problema delle gallerie e dei pozzi scavati in roccia per condotte forzate d'acqua ». *Annuali del Consiglio Superiore delle Acque*, 1923, fasc. 2.

(2) « Permeazioni d'acqua e loro effetti nei muri di ritenuta » (Hoepli 1928).

(3) « Wasserdurchlässigkeit von Beton in Abhängigkeit von seinem Aufbau und vom Druckgefälle » (Berlino. J. Springer, 1927).

In base a tale formula *Tölke* deduce anche le equazioni differenziali che governano il flusso di permeazione e le quali non possono ridursi all'equazione di *Laplace* come nel caso di $k$ costante. Quindi nelle applicazioni di tali equazioni mancano quei vantaggi che scaturiscono nel caso di $k$ costante dal fatto che l'altezza piezometrica $\Phi$ è una funzione armonica.

Per quanto riguarda l'errore che si commette attribuendo a $k$ un valore costante (medio) bisogna distinguere il problema idraulico da quello della distribuzione delle pressioni interstiziali. *Tölke* afferma che nella valutazione dei volumi d'acqua permeata si può arrivare a differenze del 50%; la percentuale è impressionante a prima vista, ma occorre tener presente che si è in un campo ove l'eterogeneità del materiale cementizio e le influenze di varia natura non permettono che una valutazione dell'ordine di grandezza. Negli stessi esperimenti di *Merkle* — come in quelli di altri autori — si sono registrati scarti anche ben maggiori, sia per un medesimo provino col progredire del fenomeno di autocalafatazione, sia per i diversi provini ricavati da uno stesso getto di calcestruzzo.

Per quanto riguarda invece la distribuzione delle pressioni interstiziali, l'influenza su di essa della variazione di $k$ è evidente nell'esempio di un solido prismatico orizzontale sottoposto ad un flusso di permeazione uniforme e parallelo all'asse del solido. Dall'ipotesi di $k$ costante segue una cadente piezometrica costante lungo una linea di flusso, ossia le pressioni interstiziali seguono un diagramma *lineare*. L'effetto della variazione del coefficente $k$ si intravvede tenendo presente che la velocità di permeazione dev'essere costante in ogni punto; ove $k$ aumenta, la cadente piezometrica deve diminuire e viceversa. Quindi nel campo delle pressioni elevate, dove $k$ ha valori maggiori, la cadente piezometrica è minore, mentre nel campo delle pressioni minori essa aumenta, cosicchè il diagramma dell'altezza piezometrica (o nel caso di un solido orizzontale quello della pressione interstiziale) diventa curvilineo con concavità rivolta verso l'asse delle distanze. La differenza tra l'area di tale diagramma e quella del diagramma lineare è però molto piccola (secondo il *Tölke* non supera il 5 %); ciò vale a confermare l'ammissibilità pratica dell'ipotesi di *Fantoli*, sopratutto in vista degli straordinari vantaggi che essa comporta nello svolgimento dei calcoli permettendo di utilizzare largamente le proprietà delle funzioni armoniche.

L'A. tratta quindi il problema *statico* degli sforzi prodotti dalle acque filtranti in un muro poroso in stretta adesione alla teoria di *Fillunger*, avendo presente le condizioni particolari che presentano i conglomerati, composti di elementi porosi (il mastice di cemento) e di elementi aventi una porosità praticamente trascurabile (sabbia e ghiaia). È però da rilevare che l'A. apporta alla teoria originale di *Fillunger* la correzione *sostanziale* (già segnalata da *Kammüller* (1) e dallo scrivente) consistente in certi sforzi addizionali da applicarsi sul contorno bagnato del solido, per rispettare le condizioni effettive ai contorni, sforzi ingiustamente trascurati da *Fillunger*, e la considerazione dei quali è condizione indispensabile per giungere a risultati quantitativamente esatti sulla via da lui tracciata. L'A. deduce anche le equazioni generali dell'equilibrio elastico introducendovi i due tipi di forze di massa (« sottospinta » e « forze di attrito ») risultanti dalla teoria di *Fillunger*; la distribuzione delle pressioni interstiziali viene considerata sia in base ad un coefficente $k$ costante sia in base alla variabilità di tale coefficiente in funzione della pressione interstiziale.

Le applicazioni pratiche della teoria generale si limitano nello studio dell'A. ai muri a gravità a profilo triangolare. Per il problema del muro omogeneo l'A. utilizza la soluzione (basata sull'ipotesi di $k$ costante) dello scrivente e giunge, mediante una applicazione corretta della teoria di Fillunger al noto risultato degli sforzi di trazione distribuiti secondo un diagramma triangolare nella sezione orizzontale. (Per la deduzione, fatta dallo scrivente, di risultati analoghi vedi *L'Energia Elettrica* fasc. XII, vol. VII, dicembre 1930).

Un problema di notevole interesse, sollevato da *Tölke*, è quello dell'abbassamento del pelo libero nell'interno dei muri,

(1) « Die Theorie der Gewichtsstaumauren unter Rücksicht auf die neueren Ergebnisse der Festigkeitslehre (Berlino. 1929).

problema che si presenta non appena si scosti dalle premesse di un muro omogeneo con profilo teorico triangolare con livello d'acqua passante per il vertice del triangolo. La soluzione del problema urta però in difficoltà gravi che non permettono, per ora, di uscire dal campo delle considerazioni di ordine qualitativo. *Tölke* si limita al caso, relativamente più semplice, del flusso di permeazione in piani verticali ed ottiene l'equazione differenziale del pelo libero

$$\frac{dz}{dx} = \sqrt{1 - \frac{\gamma}{\frac{dp}{dz}}}$$

(dove $z$ e $x$ sono ordinata ed ascissa del pelo libero, $\gamma$ il peso specifico dell'acqua, $p$ la pressione interstiziale).

Purtroppo, anche tale equazione non è sufficiente per determinare direttamente l'andamento del pelo libero dalle condizioni ai contorni di un dato caso concreto ma costituisce la condizione, che dev'essere soddisfatta dalla soluzione ricercata, lungo il pelo libero nell'interno del muro; nè si conosce per ora un metodo diretto praticamente applicabile per la risoluzione del problema generico.

Un altro problema esaminato dall'A. riguarda il muro suddiviso in tronchi mediante giunti trasversali, chiusi con coprigiunti in corrispondenza del paramento a monte, e di sufficente larghezza per poter ammettere che essi siano in comunicazione coll'atmosfera esterna e quindi possano esercitare pienamente un effetto di drenaggio. Tale effetto, qualora i giunti sono sufficentemente vicini, dà luogo ad una notevole e rapida riduzione delle pressioni interstiziali, analogamente a quanto ha constatato lo scrivente per i contrafforti delle dighe in cemento armato. Anche *Tölke* si limita nel suo calcolo all'ipotesi semplificativa che il flusso avvenga in piani orizzontali; l'esempio numerico riportato dall'A. riguarda un muro avente lo spessore di m 30 e giunti alla distanza di m 15. Le pressioni interstiziali ottenute differiscono appena dell' 1 % dai valori ottenuti dallo scrivente per il problema dei contrafforti nel caso limite che lo spessore del muro (oppure la lunghezza del contrafforte) è infinitamente grande rispetto alla distanza dei giunti (spessore del contrafforte).

L'A. tratta per ultimo il problema dei drenaggi nell'interno delle dighe apportando all'argomento alcuni contributi notevoli. Le ricerche che lo scrivente ha pubblicato su tale argomento sono basate sulla supposizione esplicitamente fatta che il flusso nel muro munito di reti di drenaggio avvenga in piani orizzontali come nel muro omogeneo, e ciò in considerazione del fatto che il piano di fondazione, che può assumersi pressochè orizzontale, impone tal condizione nelle sue adiacenze. *Tölke*, pur utilizzando i risultati trovati dallo scrivente abbandona la restrizione del flusso in piani orizzontali ed espone una soluzione del problema generico, a tre dimensioni, soluzione che soddisfa esattamente le condizioni del problema su tutti i contorni del muro salvo la zona delle fondazioni, dove il flusso descritto dalla soluzione data da *Tölke* possiede una componente verticale.

Le considerazioni dell'A. permettono alcune deduzioni molto interessanti sul fenomeno di abbassamento del pelo d'acqua nell'interno del muro nella zona compresa la rete di drenaggio ed il paramento a valle, abbassamento che può modificare — qualora la rete di drenaggio ha dimensioni adeguate — il flusso. *Tölke* rileva però che i risultati più importanti dello scrivente, ottenuti in base all'ipotesi del flusso piano, vengono confermati come risultati approssimativi molto soddisfacenti, sia per quanto riguarda il carico virtuale residuo in corrispondenza all'asse della rete di drenaggio sia nei riguardi delle perdite dovute al drenaggio. Tali fenomeni interessano infatti prevalentemente la zona compresa tra il paramento a monte e la rete di drenaggio e sono assai poco sensibili ai fenomeni che si verificano a valle di quest'ultimo. Cosicchè l'A. consiglia, per evidenti ragioni di prudenza, di escludere dai calcoli pratici di verifica della stabilità il benefico effetto di un eventuale abbassamento del pelo libero, pur essendo tale fenomeno prezioso per la conservazione del muro perchè riduce il pericolo dei deterioramenti che può subire il muro imbevuto d'acqua esposto alle basse temperature.

O. Hoffman.

---

## LE DIGHE DI RITENUTA IN ITALIA

Notizie generali e cenni sulle opere in corso al 1° aprile 1931, Anno IX°. (*Annali dei Lavori Pubblici*, 1931, fasc. 6°).

Da una nuova interessante comunicazione dell' Ing. Angelo Rampazzi, Presidente della III Sezione del Consiglio dei Lavori Pubblici stralciamo alcune notizie sulle principali dighe attualmente in corso di costruzione nelle principali provincie d'Italia e sui più recenti progressi, da noi compiuti in questo campo.

Il prospetto seguente riporta l'aggiornamento alla data sopra citata: in esso sono messi in evidenza per ogni Regione i dati caratteristici relativi alle opere già ultimate ed a quelle in corso di costruzione.

| REGIONI | Numero delle dighe | Dighe che al 1° Aprile 1931 risultavano ultimate | | | Dighe che al 1° Aprile 1931 risultavano in corso di costruzione | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | N. | Volume d'invaso utile del serbatoio (in milioni di m³) | Superficie del bacino di dominio del serbatoio (in km²) | N. | Volume d'invaso utile del serbatoio (in milioni di m³) | Superficie del bacino di dominio del serbatoio (in km²) |
| Piemonte .......... | 63 | 59 | 202.230 | 2.168,77 | 4 | 34.342 | 36.77 |
| Liguria............. | 9 | 8 | 18.026 | 114.45 | 1 | 3.500 | 7,50 |
| Lombardia ......... | 41 | 29 | 186.775 | 1.574.10 | 12 | 71.670 | 173.43 |
| Venezie ............ | 11 | 6 | 7.361 | 1.699.27 | 5 | 22.670 | 1.990.20 |
| *Italia Settentrionale* | 124 | 102 | 415.392 | 5.556.59 | 22 | 132.182 | 2.207.90 |
| Emilia ............. | 19 | 15 | 33.237 | 838.33 | 4 | 91.500 | 1.142.— |
| Toscana ........... | .. 7 | 5 | 7.850 | 429.50 | 2 | 0.664 | 9.63 |
| Marche............. | 4 | 4 | 2.010 | 896.50 | — | — | — |
| Umbria ............ | — | — | — | — | — | — | — |
| Lazio .............. | 10 | 10 | 20.558 | 8.777.50 | — | — | — |
| *Italia Centrale* .... | 40 | 34 | 63.655 | 10.941.83 | 6 | 92.164 | 1.151.63 |
| Abruzzo e Molise ... | 4 | 4 | 3.130 | 37.00 | — | — | — |
| Campania .......... | 3 | 2 | 17.606 | 4.691.00 | 1 | 2.500 | 2.400.00 |
| Basilicata .......... | 1 | 1 | 5.000 | 35.00 | — | — | — |
| Calabria ........... | 3 | 2 | 61.704 | 164.50 | 1 | 60.000 | 77.00 |
| Sardegna .......... | 10 | 8 | 625.116 | 6.165.00 | 2 | 49.130 | 79.00 |
| Sicilia ............ | 3 | 2 | 21.046 | 42.50 | 1 | 4.000 | 24.50 |
| *Italia Meridionale e Insulare* ...... | 24 | 19 | 733.602 | 11.135.00 | 5 | 115.630 | 2.580.50 |
| Totale generale .. | 188 | 155 | 1.212.649 | 27.633.42 | 33 | 339.976 | 5.940.03 |

Fra le opere di ritenuta ultimate nell'ultimo biennio meritano menzione: quelle per i serbatoi di Cignana, Ceresole Reale, Mazzé, Rochemolles, Campliccioli, Cingino, Camposecco, Cancano di Fraele, Mollaro. Il tipo di diga a gravità è sempre quello verso cui è orientata la tecnica italiana; infatti sulle 33 dighe in corso di costruzione 26 sono a gravità, 3 ad arco e 4 in terra. Il regolamento italiano che precisa le norme per il calcolo di queste opere ha lievemente ridotto i valori dei coefficienti di sottopressione prima fissati da 1/3 a 1 del carico idrostatico, a seconda delle condizioni del terreno di fondazione. Dal punto di vista costruttivo continua il progresso delineatosi gli anni scorsi sia per ciò che concerne la scelta dei materiali, le loro condizioni di impiego ecc. sia per quanto si riferisce agli impianti di cantiere.

Alla diga di Val Teggia (in muratura di pietrame e malta cementizia) si dispone di un grandioso impianto per la posa in opera del pietrame e del calcestruzzo (v. fig. 2), comprendente: un ponte di servizio a monte della diga, provvisto di numerose tramogge che servono ad immettere la malta dai vagonetti in altrettanti canali a cannocchiale interessanti tutto lo sviluppo dell'opera; un secondo ponte parallelo al primo e a quota diversa per il passaggio dalla sponda sinistra alla destra dei va-

gonetti provenienti dalla cava del pietrame; e due ponti superiori, uno a valle e l'altro a monte della diga che costituiscono i sostegni di una grue, scorrevole da una sponda all'altra, dotata di un argano mobile da monte a valle, per la posa in opera del pietrame.

La produzione massima giornaliera sinora raggiunta con questo impianto è stata di ca. 250 mc.

Al cantiere di Monte Spluga per la diga di Cardanello, il pietrisco, dopo una prima frantumazione in posto, viene trasportato dalla cava all'impianto di vagliatura mediante teleferica; la sabbia è in parte ricavata per frantumazione del pietrisco (in cantiere) ed in parte è naturale.

Quest'ultima viene lavata in posto e trasportata al cantiere a mezzo di Decauville su piano inclinato.

All'impianto di vagliatura del cantiere fanno seguito un secondo frantoio (Kennedy) ed una batteria di mulini da sabbia, a cilindri. La dosatura dei materiali aggregati e del cemento vien fatta mediante apparecchi automatici; quello del cemento è a pesata. Il calcestruzzo viene posto in opera mediante *Blondins*. La produzione massima giornaliera, per 10 ore lavorative è giunta sino a 750 mc.

Per la diga del Careser, la sabbia e il pietrisco vengono ricavati dalla coltre alluvionale della conca omonima e trasportati mediante Decauville, su piano inclinato all'impianto di lavatura, frantumazione e vagliatura, donde passano ai rispettivi silos classificati secondo tre graduazioni granulometriche. Dai detti silos i materiali aggregati sono trasportati al cantiere di produzione del calcestruzzo mediante una teleferica continua lunga 700 m e della capacità di 20 t/h.

Il cemento vi giunge pure a mezzo di una teleferica che parte da Ponte Cogolo superando un dislivello di 800 m; ma può essere anche trasportato da Malga mediante piano inclinato in galleria. La dosatura dei materiali aggregati, del cemento e dell'acqua viene controllata mediante apparecchi automatici.

I materiali aggregati vengono irrorati fino a completa saturazione in modo da evitare errori nella dosatura dell'acqua totale di impasto. Il calcestruzzo viene posto in opera mediante torre Ramsome e canaletti di colata.

Complessi e potenti cantieri sono pure quelli della diga di Mignano sull'Arda e della diga di Suviana.

La notevole incidenza che il costo del cemento ha sul prezzo complessivo delle opere spinge a ridurre al minimo il dosaggio di detto materiale come si può osservare dal prospetto seguente:

| N. | DIGA | Tipo del calcestruzzo | Minimo dosaggio cementizio kg/mc |
|---|---|---|---|
| 1 | Ceresole Reale | colato | 200 |
| 2 | Ceppo Morelli | armato | 300 |
| 3 | Rochemolles | ordinario | 250 |
| 4 | Laghi Gemelli | colato | 200 |
| 5 | Lago del Diavolo | ordinario | 250 |
| 6 | Carona | » | 250 |
| 7 | Piano del Barbellino | colato | 225 |
| 8 | Cardenello | » | 230 |
| 9 | Stuetta | » | 230 |
| 10 | Careser | » | 200 |
| 11 | Sanguineto | ordinario | 225 |
| 12 | Suviana | colato | 225 |
| 13 | S. Salvatore | ordinario | 200 |
| 14 | Mignano | colato | 250 |
| 15 | Pescara (3° salto) | ordinario | 200 |
| 16 | Persano | » | 300 |
| 17 | Piano del Leone | colato | 200 |
| 18 | S. Vittoria (Tirso) | ordinario | 250 |

E per le dighe in muratura di pietrame il prospetto seguente riporta qualche dato sul dosaggio usato per la malta cementizia.

| N. | DIGA | Dosaggio cemento kg/mc | N. | DIGA | Dosaggio cemento kg/mc |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Lago della Rossa | 350 | 5 | Val Toggia | 400 |
| 2 | Camposecco | 400 | 6 | Lago Bamone | 350 |
| 3 | Cingino | 400 | 7 | Scala di Giocca | 350 |
| 4 | Camplìccioli | 320 | | | |

La tecnica delle dighe a gravità parallelamente agli altri sviluppi cura la razionale distribuzione dei giunti e dei dispositivi atti a garantirne la tenuta. Detti dispositivi per quanto concerne le costruzioni italiane si possono ridurre ai seguenti tipi principali: *a*) pozzetti cilindrici, attraversanti nella parte a monte della diga il piano del giunto, e riempiti di bitume o asfalto (diga del Lago Nero e diga di Rochemolles); *b*) lastre in rame o zinco disposte normalmente al piano del giunto, potendo scorrere col sussidio di adatte calafature di stoppa catramata (dighe del Moncenisio, dell'Ampollino e del Cancano di Fraele); *c*) lastre metalliche ad U, libere di allungarsi nella parte curva, con l'eventuale sussidio di calafataggi (dighe di Molare, del Lago Vannino, di S. Domenico e di Piano del Leone); *d*) solette in cemento armato incastrate nel paramento a monte a copertura del giunto con interposizione di strati di catrame e feltri bituminosi (dighe di Cignana, di Suviana, del Coghinas e di S. Stefano); *e*) travi in quercia (a ganascia) per le dighe a lastroni o per le coperture delle dighe a secco (dighe di Val Morta e dei Cunicoli Gregoriani).

Il fenomeno delle perdite d'acqua attraverso le dighe è molto complesso e dovuto a molteplici fattori non sempre valutabili. Le filtrazioni in generale risultano minori nei tipi sottili che non in quelli massicci a gravità: ciò è forse dovuto alla maggior cura con cui vengono eseguite le strutture murarie sottili e al fatto che è più facile raggiungere con esse una buona impostazione del manufatto. Partendo dal tipo a speroni e facendo astrazione dalla diga del Tirso che per le sue vaste proporzioni e per le non uniformi condizioni della roccia d'imposta arriva ad una perdita massima complessiva di circa 50 l/sec, si hanno per la diga ad archi multipli del Dolo perdite di $3 \div 4$ l/sec e perdite minori o pressochè nulle in quelle di Pavana, del Tidone dello Scoltenna e in quella a lastroni di Combamala. Nelle dighe ad arco di tipo sottile si va da 7 l/sec per quella di Spigno, a 5 l/sec per quella del Corfino ed a frazioni di litro per sec in quelle di S. Domenico, dell'Ampollino e nella diga del Chiusella. Nelle dighe ad arco di tipo massiccio si hanno perdite alquanto maggiori come in quella dei Gangheri, in quella della Turrite e in quella di Muro Lucano. La diga del Furlo per le condizioni favorevoli della roccia d'imposta è priva di perdite. Nelle dighe a gravità di tipo massiccio in calcestruzzo mentre, conviene notare che alla diga dello Scandarella si verificava una perdita di un centinaio di l/sec, ridotta, però, mediante una serie di cementazioni nella zona di fondazione e lungo il perimetro d'imposta a $4 \div 5$ l/sec, si hanno perdite dell'ordine di 15 l/sec a 50 l/sec nelle dighe di Trepidò, di Oschiri e nella diga del Lago Nero. Perdite limitate da pochi litri a frazioni di l/sec si hanno nelle dighe di Cignana, di Creva, di Luino, di Cancano, di Fraele e in quelle del Moncenisio. Fra le dighe massicce a gravità, in muratura di pietrame, alcune presentano perdite fortissime (quelle di Valle Antrona, Lago Campliccioli, Cingino e Camposecco) altre quasi nulle (diga di Gorzente, Lago Lavezze, Lagolungo, Badana e Lavagnina inferiore).

Le dighe a gravità con sottili voltine di calcestruzzo come quelle del gruppo Adamello non hanno dato buoni risultati, in esse si ànno perdite dell'ordine di $60 \div 140$ l/sec.

Nelle dighe in terra le perdite possono ridursi a valori insignificanti da 1 l/sec a frazioni di litro, come in quella di Collemazzo ed in quella del 3° salto del Pescara.

Per assicurare la tenuta il diaframma impermeabile della diga deve raggiungere uno strato impermeabile: per esempio nella diga di Seretto alta appena m 8,60 si verificano perdite di mezzo mc/sec le quali tuttavia non influiscono sulla stabilità dell'opera.

Le dighe a secco, eccetto quella del Belice e del Lago d'Avino che dànno luogo a soli 10 l/sec di perdita, presentano quasi tutte forti infiltrazioni (Diga di Alpe Cavalli 100 l/sec, del Lago Vargno 80 l/sec, del Lago Vannino 60 l/sec).

Premessi questi cenni aggiorniamo alcune notizie sulla esecuzione di alcune fre le più importanti dighe che risultavano in corso di costruzione od in via di ultimazione al 1° aprile 1931.

PIEMONTE:

La *diga principale di Ceresole Reale*, sul torrente Orco fu portata a termine nel 1930, e la sua costruzione ebbe nel 1929 il massimo sviluppo; in detto anno furono gettati 108.000 mc di calcestruzzo con circa il 10% di pietrame incorporato. L'opera è stata sottoposta ad invaso parziale raggiungendo la quota 1565, inferiore di sette metri a quella massima prevista: le infiltrazioni d'acqua manifestatesi attraverso le voltine del paramento a monte sommano a circa 8 l/sec. (1).

La *diga di Rochemolles* è ormai ultimata, le prove d'invaso hanno dato risultato favorevole col livello a quota 1969 vale a dire 2 metri sotto lo sfioratore le perdite complessivamente raggiunsero la portata di 3 l/sec.

(1) Per maggiori dettagli su quest'opera v. *L'Energia Elettrica* 1931, fascicoli V e VI.

La *diga al Lago della Rossa* venne iniziata nel 1929 con i lavori di scavo, nel 1930 furono effettuati i getti ed eseguite iniezioni nella roccia d'impostazione a pressione variabile fra 5÷6 atmosfere. Questa diga è impostata a quota 2700 e con un'altezza di ritenuta di m 22,50 può invasare 9 milioni di mc. L'opera è in muratura di pietrame con malta, dosata a 400 kg di cemento per mc.

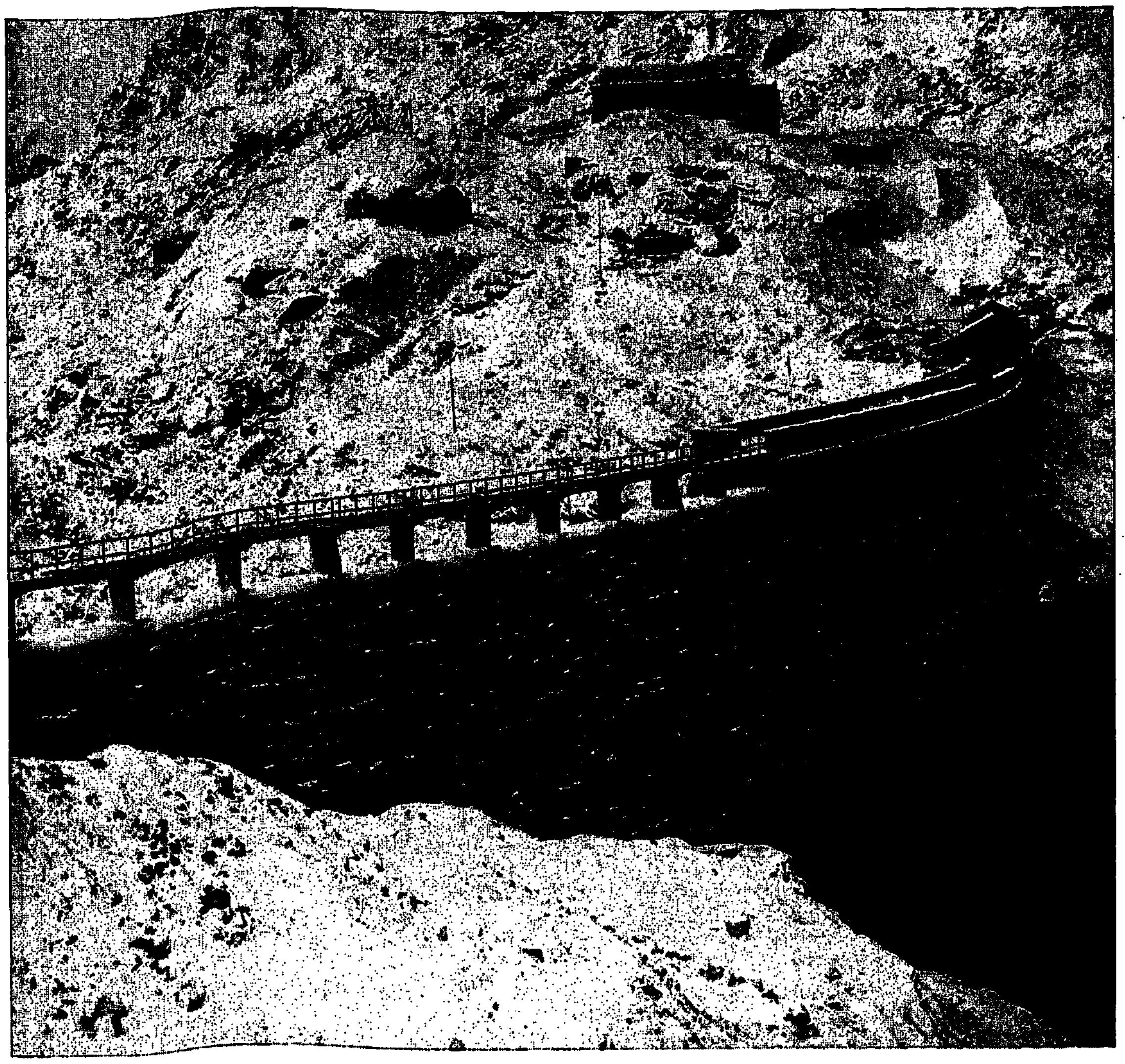


Fig. 1. - Diga di Cingino.

Alla *diga dell'Alpe Complicciolì*, ultimata nel 1929, avendosi sin dal primo invaso notevoli perdite, vennero effettuate estese iniezioni prima nel calcestruzzo del taglione e nella roccia d'imposta, poi nel tratto di galleria retrostante al taglione. Malgrado ciò, dette perdite risultavano sempre elevate per cui le iniezioni vennero riprese nell'inverno 1930-1931, entro il paramento a monte, a quota superiore ai 40 m di carico.

La *diga di Cingino* è stata ultimata nel 1930. Per le sensibili perdite verificatesi, pur con limitate altezze d'acqua, si è vuotato il serbatoio e si sono effettuati lavori di impermeabilizzazione mediante iniezioni di cemento.

La *diga di Valtoggia* fu iniziata nel 1929 e nel 1930 furono ultimati gli scavi di fondazione, la galleria di deviazione e lo sbarramento provvisorio sul Toce. La quota media raggiunta nella costruzione è di m 2158 cioè a metri 11 sulle fondazioni infime ed a m 33 dal ciglio.

La *diga di Ceppo Morelli* ultimata nell'autunno 1930 è del tipo ad arco in calcestruzzo armato adottato per consiglio del «Servizio Dighe» dopo favorevole risultato delle indagini geognostiche; essa risultò di volume uguale a circa a un decimo di quello occorrente per il corrispondente tipo a gravità. Il bacino invasato è di circa mezzo milione di mc; le perdite sono minime.

LIGURIA:

La *diga di Sanguineto o Val Noci* è stata ultimata nella parte muraria nel dicembre 1930. La sua struttura è in calcestruzzo cementizio, con dosaggio di 250 kg di cemento per mc di calcestruzzo nella parte inferiore e 225 kg nella parte mediana e superiore. In qualche lieve discontinuità della roccia di fondazione furono infissi dei tubi da un pollice in modo da potervi in avvenire eventualmente iniettare del cemento in pressione Contro il paramento a monte è stato distesa (per ora solo parzialmente) una copertura di intonaco retinato.

LOMBARDIA:

La *diga al Piano del Barbellino* nel 1929 e 1930 à avuto un notevole sviluppo con circa 100.000 mc di calcestruzzo gettato, di fronte ai 12.000 mc effettuati nel 1928. Oltre alle ordinarie prove di resistenza sui materiali vennero anche eseguite prove di permeabilità su tubi di calcestruzzo di 20 cm di lato, dosati con 250 e 300 kg di cemento, ottenendo in media delle filtrazioni orarie d'acqua, in condizioni di regime, di cmc 445 e 416 rispettivamente, sotto la pressione di 10 atm. Altre esperienze furono compiute su campioni di calcestruzzo dosato con 250 kg di cemento, dei quali alcuni con l'aggiunta del 6,35 % ed altri del 18 % di polverino. La filtrazione media oraria fu rispettivamente di cmc 549 e 408. Sette termometri posti a quota 1819, 1828 e 1838 a distanze variabili dai paramenti da m 1 a m 18,50 ànno messo in evidenza il fenomeno termico della presa con temperature massime di 36°. Con l'invaso a quota 1837, carico massimo di metri 23 e superficie esposta di 2000 mq, si ebbe una perdita complessiva d'acqua di circa 20 l/sec.

Lo scarico di fondo è costituito da 2 valvole Johnson (a valle) e due saracinesche (a monte), manovrabili sia direttamente, sia a distanza, idraulicamente (olio in pressione) o elettricamente.

La *diga di Corona* del tipo a gravità, alta m 27, determina

Fig. 2. - Diga di Val Toggia durante la costruzione.

un invaso di 300.000 mc. La costruzione dell'opera ha dato delle sorprese per la profondità richiesta per le fondazioni: infatti per raggiungere la roccia nel mezzo dell'alveo di fondazione essa ha richiesto un approfondamento della progettata base di fondazione di circa m 6.

La *diga al Lago del Diavolo* del tipo a gravità, in calcestruzzo, crea un invaso di 2 500 000 mc. Su di essa verrà esperimentato un rivestimento in lamiere di ferro «Armco», inossidabile, saldate elettricamente; ciò darà modo di verificare il comportamento delle lamiere in relazione ai vari fenomeni di dilatazione e contrazione dovuti sia a cause termiche che ad assestamenti delle parte muraria. Ad evitare ristagni d'acqua fra lamiere e muratura sono previsti cunicoli di scolo in comunicazione con le canne dei drenaggi.

La *diga ai Laghi Gemelli* alta m. 34,50 invaserà 7 milioni di mc. Il volume del calcestruzzo messo inopera è di 32 000 mc. Nel calcestruzzo sono stati infissi numerosi tubi di mezzo pollice, alle cui estremità, sporgenti nei cunicoli di ispezione, sarà possibile applicare dei manometri per la misura delle eventuali pressioni interstiziali.

La *diga al Lago Baitone* è già ultimata nella parte muraria, come è noto essa crea un invaso di 14 milioni di mc. Attualmente si è riscontrata la massima filtrazione di 34 l/sec. Tutto è stato predisposto per l'esecuzione, se necessaria, di iniezioni di cemento.

La *diga di S. Fiorino* ai Prati di Lova, a monte del Lago d'Iseo, ha struttura in terra, con nucleo centrale di argilla. La presenza di limo glaciale ha indotto ad approfondire le fondazioni fino ad incontrare una consistente zona argillosa. Per la costruzione si sono adoperati materiali esistenti nella conca del futuro invaso: il dosaggio è stato stabilito in base a ricerche suggerite dal «Servizio dighe». L'opera verrà terminata presumibilmente nel 1932.

Fig. 3. - Diga di Sanguineto.

Le *dighe di Stuetta e del Cardenello* sono quasi ultimate. La prima di esse ha richiesto numerose iniezioni cementizie, eseguite fino a 100 atm di pressione, per solidificare la roccia di fondazione specialmente in sponda sinistra. Un opportuno sistema di giunti parziali, in aggiunta a quelli permanenti, verrà chiuso dopo il ritiro del calcestruzzo. La diga del Cardenello è alta m 75 e benchè per la località i giorni lavorativi siano ridotti a circa 150 per anno, pure la costruzione procede rapida.

VENEZIE:

La *diga del Careser* alta m 60, del tipo a gravità crea un invaso di 15 milioni di mc. Nel 1929 furono iniziati gli scavi ed ultimati pure i complessi servizi di cantiere. Nella seconda metà del 1930 furono iniziati i getti effettuandone fino a metà ottobre, epoca in cui per la rigidità del clima furono sospesi i lavori, per 7500 mc. A fine 1930 la costruzione interessava solo la parte centrale della diga dove si era raggiunta la quota media di m 2545.

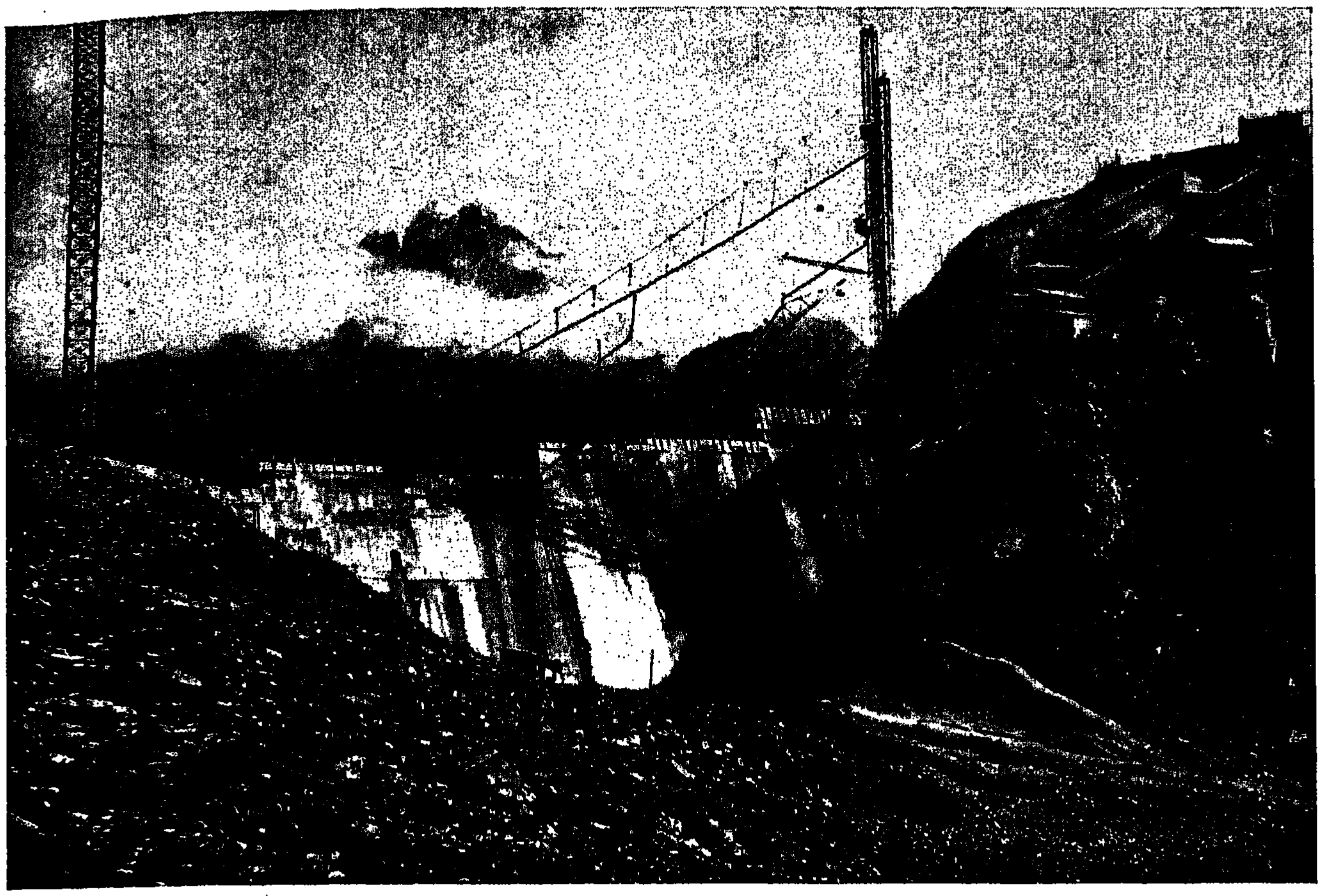


Fig. 4. - Diga al Piano di Barbellino (ottobre 1930).

EMILIA:

La *diga di Mignano*, a gravità, alta m 51, per un invaso di 14 milioni di mc, in avanzata costruzione, è costituita di conglomerato cementizio colato, con elevata dose di cemento (kg 275 per mc d'impasto) rispetto all'alta percentuale di parti minute esistenti nei materiali delle alluvioni. A causa di faglie riscontrate in corrispondenza della spalla sinistra si sono resi necessari, con l'esame del terreno mediante pozzi e gallerie di assaggio, particolari provvedimenti precauzionali in dipendenza appunto delle accertate condizioni geognostiche della roccia.

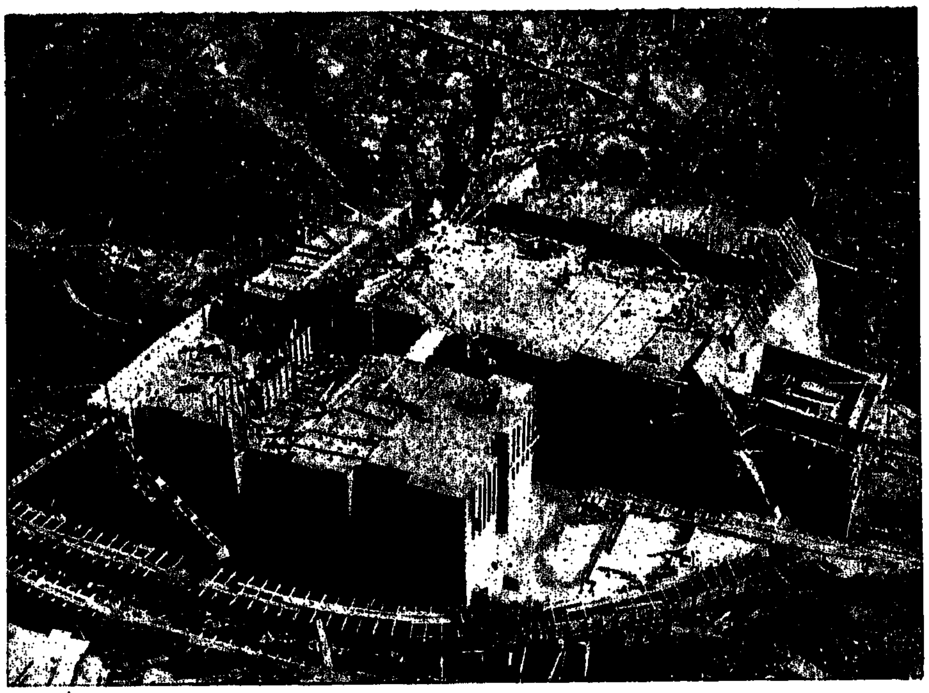


Fig. 5. - Diga del Careser in costruzione.

La *diga di Boschi* è stata completamente ultimata e trovasi già in esercizio. Le numerose iniezioni di cemento della roccia d'imposta, molto ricca di fratture, hanno consentito di ridurre la portata delle perdite ad 1 l/sec circa.

I lavori della *diga di S. Salvatore* sul Trebbia procedono len-

tamente: il fondo roccioso è stato rinvenuto a ben 27 m sotto il greto del fiume. Al 1° aprile 1931 risultavano effettuati solo i due taglioni di fondazione previsti presso l'unghia a monte e presso l'intersezione del paramento a valle col piano del greto. Le numerose iniezioni cementizie hanno dimostrato gli ottimi requisiti di compattezza della roccia in quanto i fori hanno generalmente rifiutata la miscela.

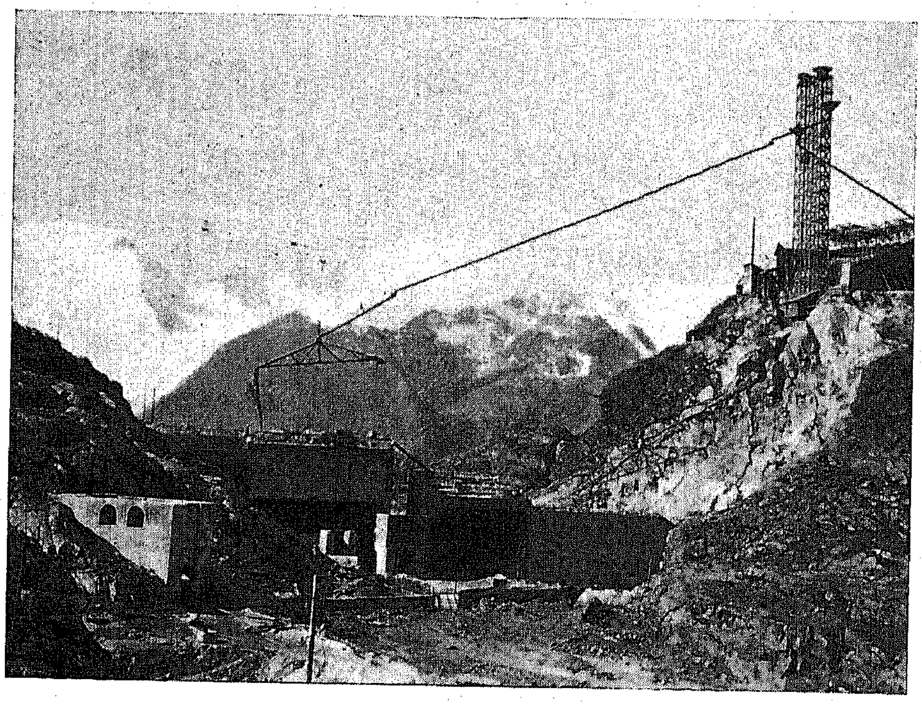


Fig. 6. - Diga del Careser.

Nello scorso anno sono stati completati i lavori di rinforzo delle *dighe del Lago di Ballano e del Lago Verde* (Società Idroelettrica Ligure) costruite nel 1907-1908. L'effetto conseguito dai provvedimenti adottati è stato pienamente soddisfacente essendosi complessivamente ridotte le perdite a pieno carico a soli pochi litri al secondo.

La grande *diga di Suviana* del tipo a gravità, la più alta fra le dighe finora costruite in Italia (m 89,50) crea un invaso di 36 milioni di mc. Dei 280.000 mc di calcestruzzo occorrenti per la sua costruzione ne sono stati già gettati 180.000. La diga viene costruita con calcestruzzo cementizio colato, composto con materiale di frantumazione e macinazione ricavato dalle cave di pietrame aperte sulla sponda sinistra. La sede di impostazione comprende una razionale gradonatura della roccia con intasamento delle fratture rinvenute; abbondanti iniezioni

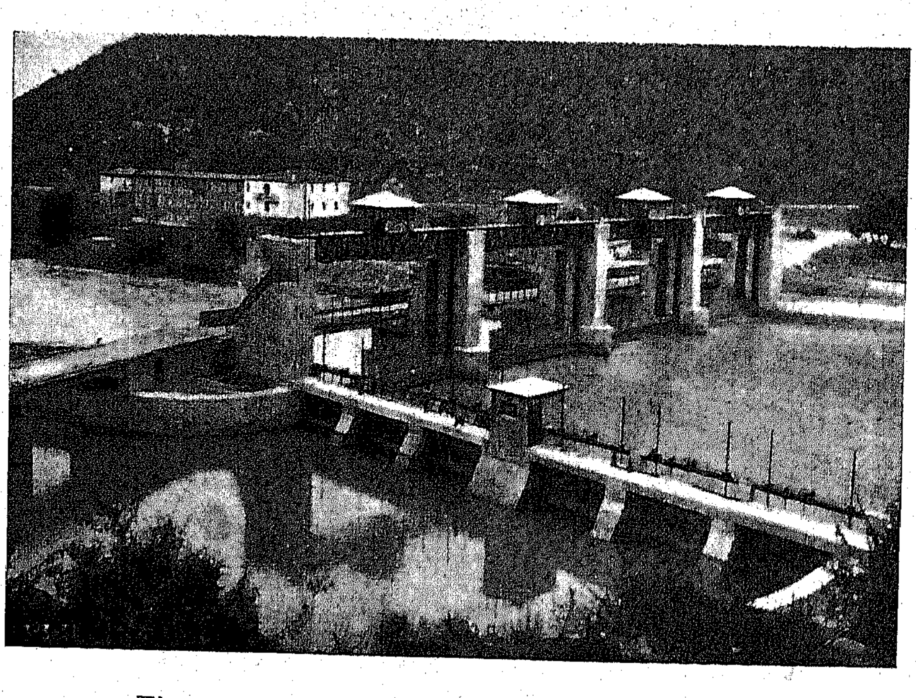


Fig. 7. - Diga del Garigliano ai Bagni di Sujo.

cementizie sotto pressione hanno assorbito circa 10.000 q.li di cemento. I requisiti della roccia sono stati accertati con estrazioni di testimoni. Un laboratorio provvede alle prove dei cementi e dei conglomerati ed alle analisi granulometriche dei calcestruzzi.

Toscana:

Sono state ultimate: la *diga dello Sperando sul Lima* di tipo a gravità, alta m 27, con un invaso di mc 500 000; la *diga di Pomaia sul torrente Crespa*, in terra, alta m 16,50 per un invaso di 200 000 mc/ la *diga di Casenovole sul torrente Gualche*, del tipo in terra, alta m 18,50, con invaso utile di 464 000 metri cubi.

Lazio:

La *diga diPonte Fiume sul Liri* (Società Mediterranea di Elettricità) alta m 20,50 per un invaso di 1.000.000 di mc presentando effetti di scalzamento dell'alveo, per una tratta di circa 30 m, fra la diga ed un ponte sottostante à richiesto lavori di consolidamento. A tale scopo si è ricorso ad una serie di blocchi di conglomerato cementizio, di notevoli dimensioni, disposti su una gettata di pietrame a secco. È da notare che questo lavoro è stato fatto con la presenza dell'acqua di scarico sul piede a valle della diga, acqua imposta dall'esercizio del locale impianto idroelettrico. I cassoni erano portati in posto galleggiando e quivi opportunamente riempiti di muratura. Questo lavoro fu rifinito e completato con le gettate laterali di calcestruzzo necessarie per raccordare il contorno regolare della platea con la irregolarità delle sponde.

La *diga sul Garigliano ai Bagni di Sujo* (Società Anonima Garigliano) è a traversa tracimabile con paratoie sovrapposte, e crea un invaso di 2 milioni di mc con un'altezza di 14 m. Lo sbarramento serve un impianto idroelettrico (con un salto di m 8,94 e portata media di 70 mc/sec) e l'acqua di scarico irriga un comprensorio di 6 000 ettari. Nel terreno di fondazione a monte ed a valle della traversa sono state eseguite 2 paratie stagne costituite da palancole di acciaio ramato tipo « Larssen » collegate in sommità con la muratura della traversa ed immerse profondamente nel terreno sino ad incastrarsi nella formazione argillosa impermeabile.

Abruzzi:

La *diga al 3° salto del Pescara*, in terra, alta m 16,50, con paratoie per lo scarico delle piene, crea un serbatoio di regolazione giornaliero della capacità di circa 3 milioni di mc. Di speciale interesse si sono presentati i lavori di fondazione del taglione a monte per il quale si è ricorso a cassoni in cemento armato affondati a mezzo di aria compressa.

La diga in terra opportunamente collegata con l'edificio dello scaricatore, protetta da sottoscarpa e muro di sostegno, venne costituita con argilla del posto mescolata a sabbie di cave pure locali. Il paramento a valle ha la scarpata di 3 di base e 1 di altezza, quella a monte ha invece 5 di base e 1 di altezza, quest'ultima inoltre è protetta da gabbionate.

Lo scaricatore comprende paratoie a doppio diaframma le quali rispetto a quelle ad unico diaframma hanno il vantaggio di poter ridurre, per quanto possibile, la velocità delleacque tracimanti e quindi gli effetti di corrosione; sempre allo stesso scopo sono state costruite in corrispondenza della platea delle controbriglie dentate del tipo Rehbock.

Campania:

La *diga di Persano sul Sele* in avanzata costruzione; alta m 14,50, del tipo a gravità, crea un invaso di mc 2 500 000 destinato a costituire la presa di un impianto di irrigazione (1).

Calabria:

La *diga di Nocelle sull'Arvo* del tipo in terra, alta m 26, e creante un invaso utile di mc 60 milioni è in avanzata costruzione. La diga, con scarpate inclinate del 3 di base, per 1 di altezza, raggiunge, con un nucleo centrale argilloso, attraversante lo strato alluvionale permeabile, una formazione granitica prevalentemente caolinizzata. Il paramento a monte è protetto con un rivestimento a secco costituito da grosse lastre di calcestruzzo disposte a spina di pesce su di uno strato di ciottoli e ghiaia. Da monte a valle opportuni tubi di drenaggio smaltiscono le eventuali acque d'infiltrazione; le prove di parziale invaso finora eseguite segnalano però piccolissime infiltrazioni.

Sardegna:

La *diga di S. Vittoria sul Tirso* consiste in una traversa muraria tracimabile, destinata a creare un serbatoio per l'irrigazione della piana del Campidano di Oristano. Al di sotto delle opere murarie in corrispondenza all'unghia a monte e

(1) Per quanto riguarda le caratteristiche e le particolarità costruttive di questa diga, vedi: *L'Energia Elettrica*, 1931, fasc. X, N. e R.

del piede della platea a valle sono state infisse palancole tipo « Larssen », questo sistema essendosi presentato più conveniente per impedire infiltrazioni. È stata pure iniziata la costruzione della diga sul *Rio Scala di Giocca*, per creare un serbatoio di alimentazioni idrica della citta di Sassari, con invaso di m 1 130 000; essa è alta m 27 ed è del tipo a gravità.

SICILIA:

La *diga al Piano del Leone* per conto delle FF.SS. alta m 31, per un invaso di 4 milioni di mc, procede lentamente nella sua costruzione, e ciò sia per la necessità di creare adatti approvvigionamenti di materiale, essendosi rilevati insufficienti quelli prima previsti, sia per le precauzioni da prendersi in dipendenza delle non troppo favorevoli condizioni geognostiche del terreno d'imposta. Si è dovuto così procedere a riempimento delle cavità riscontratesi, con calcestruzzo cementizio a ricco dosaggio, ad estese iniezioni, etc.

***

Il diagramma in fig. 8 mostra lo sviluppo delle opere di accumulazione idrica in relazione al numero dei serbatoi per il decennio 1920/1930. Come si nota si è di fronte ad un rallentamento di tali lavori, circostanza questa che oltre al-

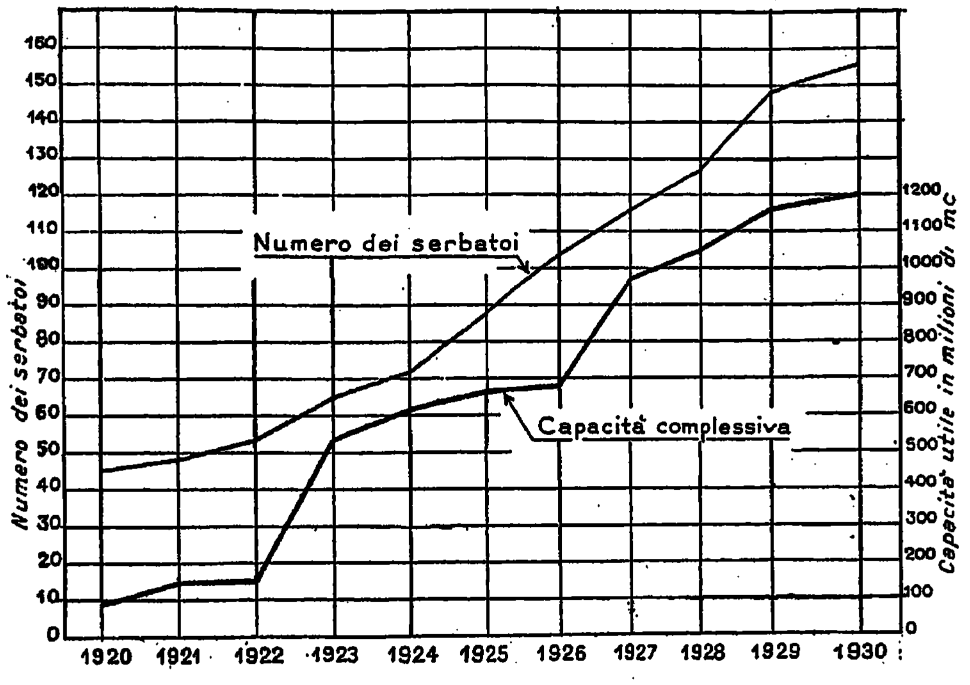



Fig. 8. - Sviluppo delle opere di immagazzinamento idrico dal 1920 al 1930.

l'attuale disagio economico, può essere dovuta a nuovi criteri circa la funzione economica dei serbatoi nella produzione di energia in confronto di quella delle grandi centrali termiche, data la riduzione di costo ormai in queste raggiunta nella produzione del kWh.

Ru

---

## COME SI PROPAGANO LE ONDE MOBILI SULLE LINEE DI TRASMISSIONE

Alla *Winter Convention* dell'A.I.E.E., che ha avuto luogo a New York nel gennaio 1931, sono stati presentati due lavori aventi entrambi lo scopo di studiare analiticamente la propagazione, la riflessione e l'attenuazione di onde migranti su conduttori singoli o su sistemi di più conduttori; e ciò al fine di contribuire alla conoscenza del modo come si svolgono i fenomeni di sovratensione sulle linee di trasporto di energia, a qualunque causa siano da attribuire.

Ci proponiamo qui di riassumere i due lavori, di cui uno più generale, dovuto a L. V. Bewley, dal titolo « Onde mobili su sistemi di trasmissione », mentre l'altro, dovuto a J. C. Dowell, e intitolato « Attenuazione e riflessioni successive di onde mobili » riferisce un'applicazione del metodo stabilito dal Bewley. Entrambi i lavori sono basati sul calcolo con gli operatori di Heaviside; ricorderemo qui che l'operatore di riflessione è un'espressione differenziale riferentesi a un punto di transizione di una linea di trasmissione (e cioè un punto in cui le caratteristiche della linea cambiano, come punti di diramazione, giunzioni fra linea aerea e cavo ecc.) e tale che quando sia applicata alla funzione del tempo che rappresenta un'onda incidente in arrivo in quel punto, dà un'equazione differenziale la cui soluzione rappresenta un'onda riflessa. In modo analogo l'operatore di rifrazione è definito come quello che dà l'onda rifratta o trasmessa che passa il punto di transizione ed entra in un'altra linea.

Nel nostro riassunto sorvoleremo però sulla parte matematica, per fermarci invece un po' più a lungo sui punti salienti della trattazione.

***

La maggior parte delle sovratensioni ha una delle forme riprodotte nella fig. 1, ciascuna delle quali può essere rappresentata come la differenza di due esponenziali; a queste forme fondamentali si sovrappongono poi nel fatto diverse irregolarità, ma ad ogni modo i calcoli sono da basarsi su di esse.

La forma più semplice dal punto di vista del calcolo degli effetti prodotti è l'onda rettangolare infinita (fig. 1 *A*), e infatti

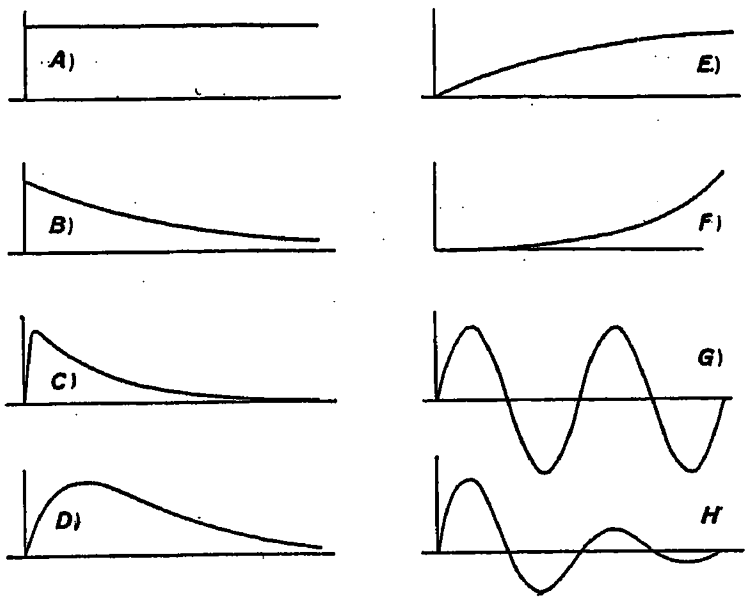



Fig. 1. - Forme d'onda empiriche date dell'equazione

$$e = F\,(E^{-at} - E^{-bt}).$$

i primi studi sono stati molte volte basati su tale supposizione, anche perchè in genere tale forma è la più pericolosa per il macchinario delle sottostazioni, cosicchè si è sicuri con tale sistema di avere un largo margine di sicurezza.

Ora però che, grazie agli oscillografi, sono note le forme di molte onde dovute a scariche atmosferiche, è naturale che gli studi siano fatti in base alle forme *reali* così rilevate.

I metodi per il calcolo delle onde di qualsiasi forma sono principalmente tre.

Col primo metodo, la funzione che rappresenta la curva d'onda, espressa secondo la notazione del sistema degli operatori, vien combinata con la funzione che rappresenta l'operatore di riflessione o rifrazione, risolvendo quindi il sistema di equazioni risultante; questo metodo però presenta il difetto di una grande complicazione nelle equazioni con gli operatori, così che o non si riesce ad ottenere la soluzione o questa si raggiunge con un procedimento assai complicato e laborioso.

Col secondo sistema, si considera l'onda come composta di una serie di onde rettangolari infinite, sommando quindi le soluzioni corrispondenti ad ogni onda componente. La somma può essere fatta analiticamente, ma in questo caso importa

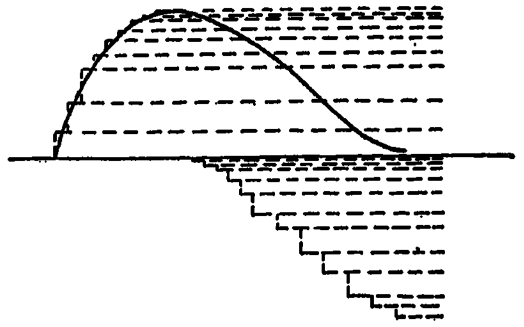


Fig. 2. - Analisi grafica di un'onda per mezzo delle componenti rettangolari.

notevoli difficoltà; oppure per via grafica, come nella fig. 2, nel qual caso la soluzione è relativamente semplice e l'approssimazione può essere spinta fino al grado voluto, aumentando il numero delle onde rettangolari componenti.

Infine, col terzo metodo si esprime la curva d'onda come la somma di un certo numero di funzioni delle quali sono note o possono facilmente trovarsi le soluzioni, e si sommano queste. Queste funzioni o onde elementari sono, oltre l'onda rettangolare infinita, quella espressa da un esponenziale semplice, quella con fronte ad aumento uniforme, la sinusoide smorzata e quella data dalla differenza di due esponenziali. Scegliendo opportunamente i parametri nell'equazione

$$e = F\,(E^{-at} - E^{-bt})$$

tutte le onde elementari ora elencate possono anzi considerarsi come casi particolari della differenza di due esponenziali.

In ogni modo, nel calcolo delle onde migranti su linee di trasmissione, vi è da considerare un fattore importante e cioè le perdite in linea, che hanno un effetto di attenuazione sulle onde della tensione e della corrente e di distorsione della forma d'onda col tempo; sempre per effetto delle perdite, le onde della tensione e della corrente non sono più collegate da un semplice fattore lineare di proporzionalità (e cioè l'impedenza d'onda), ossia non sono più similari.

La perdita che principalmente produce l'attenuazione è quella per effetto corona che varia però secondo vari fattori e sopratutto con le condizioni atmosferiche, cosicchè l'attenuazione su una data linea non è mai una costante ben definita. Per questa ed altre ragioni i calcoli sulle onde migranti si fanno di solito nella supposizione che non vi siano perdite, tenendo conto dell'attenuazione sotto forma di un fattore esponenziale di decremento, che si stabilisce sperimentalmente (1).

***

Mentre i metodi abituali per la trattazione dei fenomeni transitorii sulle linee prendono in considerazione un conduttore solo e ritorno, facendo astrazione dalla presenza di altri conduttori, il Bewley nei suoi studi si è preoccupato del fatto che in molti casi l'effetto di tali conduttori non può essere trascurato, ed è anzi talvolta così importante da cambiare completamente l'aspetto del fenomeno, come per esempio nel caso dello studio per progetto di fili di guardia e di altre protezioni. Egli ha pertanto stabilito le equazioni differenziali generali per le tensioni e le correnti di un sistema a $n$ conduttori (fig. 3) paralleli fra di loro e al suolo e accoppiati elettromagneticamente, così che gli effetti della corrente e tensione di un filo son risentiti su tutti gli altri. Le costanti del circuito si vedono dalla fig. 4.

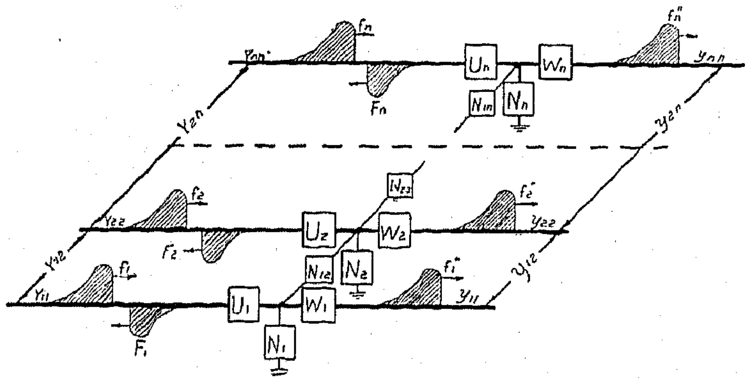


Fig. 3. - Sistema generico a più conduttori.

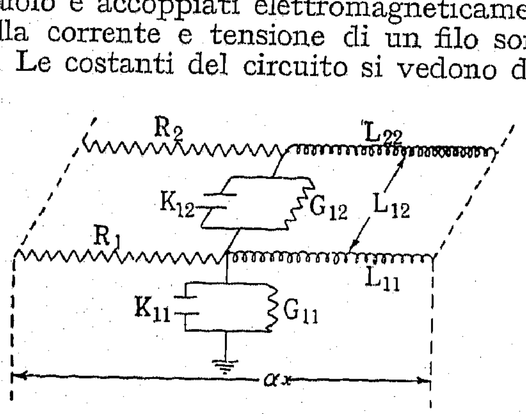



Fig. 4. - Costanti del circuito a più conduttori.

Partendo da queste, l'A. stabilisce le equazioni che danno la carica per unità di lunghezza di ogni conduttore, quindi quelle che danno i flussi magnetici colleganti i conduttori, quelle delle correnti di dispersione a terra e agli altri conduttori e infine le $n$ equazioni differenziali parziali e generali. La soluzione di queste è data per tre casi speciali: Se in una linea non vi sono perdite, le onde viaggiano senza attenuazione o distorsione fino a un punto di transizione, dove si riflettono o si rifrangono; per un sistema a $n$ conduttori, vi sono $n$ possibili velocità di propagazione delle onde, ma per conduttori aerei queste velocità sono tutte prossime a quella della luce. Se si ha una rotazione completa dei conduttori, in modo che ognuno di essi occupi la stessa posizione rispetto a ciascun altro per la medesima distanza, le velocità medie possibili fra gli estremi si riducono a due. Infine è data la soluzione per il caso di una linea funzionante nelle condizioni di corrente alternata in regime stabile.

Nel caso della linea senza perdite, le onde della tensione e della corrente sono collegate fra loro da un'equazione lineare con coefficienti costanti che vengono chiamati l'auto e mutua impedenza d'onda; per un sistema a $n$ conduttori, si hanno $n$ equazioni e l'autoimpedenza è data per il conduttore $r$ dalla

$$z_{rr} = 60 \log \frac{2\,h}{\rho}$$

mentre l'impedenza mutua fra i conduttori $r$ e $s$ è

$$z_{rs} = 60 \log \frac{a}{b}$$

essendo $h$ l'altezza di $r$ sul suolo, $a$ la distanza fra $r$ e l'immagine di $s$, $b$ la distanza fra $r$ e $s$, $\rho$ raggio dei conduttori.

Le equazioni suddette sono del tipo:

$$(1) \qquad \pm\, e_n = z_{1n}\, i_1 + z_{2n}\, i_2 + \ldots + z_{nn}\, i_n$$

dove i segni + e — servono a indicare la direzione del movimento della sovratensione.

Queste equazioni sono importanti per definire il comportamento delle onde migranti pure sulle linee di trasmissione; naturalmente bisogna anche tener presente il principio di sovrapposizione, necessario per calcolare gli effetti di più onde indipendenti che si incontrano simultaneamente in uno stesso punto, come nel caso di riflessioni successive, di incroci di circuiti ecc.

Nel caso particolare di un circuito a un sol conduttore, con ritorno per la terra o per un altro conduttore, le onde della tensione e della corrente sono legate da una relazione anche più semplice della 1). Val la pena di darla, perchè nella maggioranza dei problemi che trattano delle onde migranti è sufficiente fare i calcoli sulla base di tale semplice circuito. È allora, a seconda del senso positivo o negativo del movimento delle onde:

$$(2) \qquad e\,(x - v\,t) = Z\,i\,(x - v\,t)$$
$$e\,(x + v\,t) = -Zi\,(x + v\,t)$$

dove $Z = \sqrt{L/C}$ = impedenza d'onda in ohm, essendo $L$ l'induttanza in henry e $C$ la capacità in farad.

Per onde viaggianti in senso positivo $e$ ed $i$ hanno dunque lo stesso segno, e invece segno contrario se il senso del movimento è negativo.

I calcoli riguardanti le riflessioni e rifrazioni delle onde espressi col sistema degli operatori di Heaviside, sono troppo complicati per essere riferiti qui; grazie ad essi è possibile, da un'onda incidente $e$ espressa come funzione del tempo $t$ contato dall'istante in cui $e$ arriva al punto di riflessione, derivare $e'$ ed $e''$ rispettivamente onda riflessa e trasmessa. Le soluzioni sono date per ben 35 circuiti diversi.

***

Per il caso più generale di un sistema a $n$ conduttori, il Bewley stabilisce pure le equazioni generali, rilevando che quasi tutti i casi della pratica possono esser ricavati come casi speciali del circuito rappresentato in fig. 3. Riferendosi a tale figura si ha: $Y_{11}, Y_{22} \ldots Y_{nn}$; $y_{11}, y_{22} \ldots y_{nn}$ = auto ammettenze alle sovratensioni delle linee rispettivamente a sinistra, e a destra della figura; $Y_{12}, Y_{13} \ldots$; $y_{12}, y_{13} \ldots$ = ammettenze mutue alle sovratensioni delle linee rispettivamente a sinistra e a destra della figura; $U_1, U_2 \ldots U_n$; $W_1, W_2 \ldots W_n$ = reti con impedenze in serie rispettivamente a sinistra e a destra della figura; $N_1, N_2 \ldots N_n$ = ammettenze verso terra; $N_{12}, N_{23} \ldots$ = ammettenze da un punto di giunzione all'altro; $e$, $i$ = onde di tensione e corrente incidenti; $e'$, $i'$ = id. riflesse; $e''$, $i''$ = id. trasmesse. Queste onde devono soddisfare alle equazioni generali della linea di trasmissione, alle leggi di Kirchoff e alla continuità della tensione e della corrente nei punti di giunzione; su queste basi il Bewley stabilisce le equazioni seguenti:

---

(1) Ved. *L'Energia Elettrica*, agosto 1930, pag. 690 e segg.

$$(3)\quad [Y_{r1}+Y_{r1}U_r(N_r+N_{1r}\dots N_{nr})-Y_{11}N_{1r}U_1-\dots Y_{n1}N_{nr}U_n]$$
$$(e_1-e_1')\dots[Y_{rn}+Y_{rn}U_r(N_r+N_{1r}+\dots+N_{nr})-$$
$$-Y_{1n}N_{1r}U_1-\dots Y_{nn}N_{nr}U_n](e_n-e'_n)+N_{1r}(e_1+e_1')+\dots$$
$$+N_{nr}(e_n+e'_n)-(N_r+N_{1r}+\dots+N_{nn})(e_r+e'_r)=y_{r1}e_1''+$$
$$+\dots+y_{rn}e''_n$$

$$(4)\quad (e_r+e'_r)-U_r[Y_{r1}(e_1-e'_1)+\dots+Y_{rn}(e_n-e'_n)]$$
$$=e''_r+W_r(y_{r1}e_1''+\dots+y_{rn}e''_n)$$

Per un sistema a $n$ conduttori vi sono $n$ equazioni del tipo 3) e $n$ del tipo 4), e si possono quindi ricavare le $2n$ incognite ($e_1'\dots e'_n$; $e_1''\dots e''_n$). Conoscendo queste, è poi facile trovare le correnti riflesse e trasmesse, così che si può determinare completamente il comportamento delle onde incidenti, riflesse e trasmesse.

Quando le reti $N_{12}$, $N_{23}$ ecc. sono uguali a zero, le equazioni (3) e (4) sono assai semplificate e diventano:

$$(1+N_rU_r)[Y_{r1}(e_1-e'_1)+\dots+Y_{rn}(e_n-e'_n)]-N_r(e_r+e'_r)$$
$$=(y_{r1}e''_1+\dots+y_{rn}e''_n)$$

$$(e_r+e'_r)-U_r[Y_{r1}(e_1-e'_1)+\dots+Y_{rn}(e_n-e'_n)]=$$
$$e''_r+W_r(y_{r1}e''_1+\dots+Y_{rn}e''_n).$$

Vi sono poi casi (come p. es. nella teoria dei fili di guardia), in cui diventa necessario considerare un certo numero di riflessioni successive delle onde migranti; per tenerne più facilmente conto, il Bewley ha studiato il traliccio della fig. 5. Nel

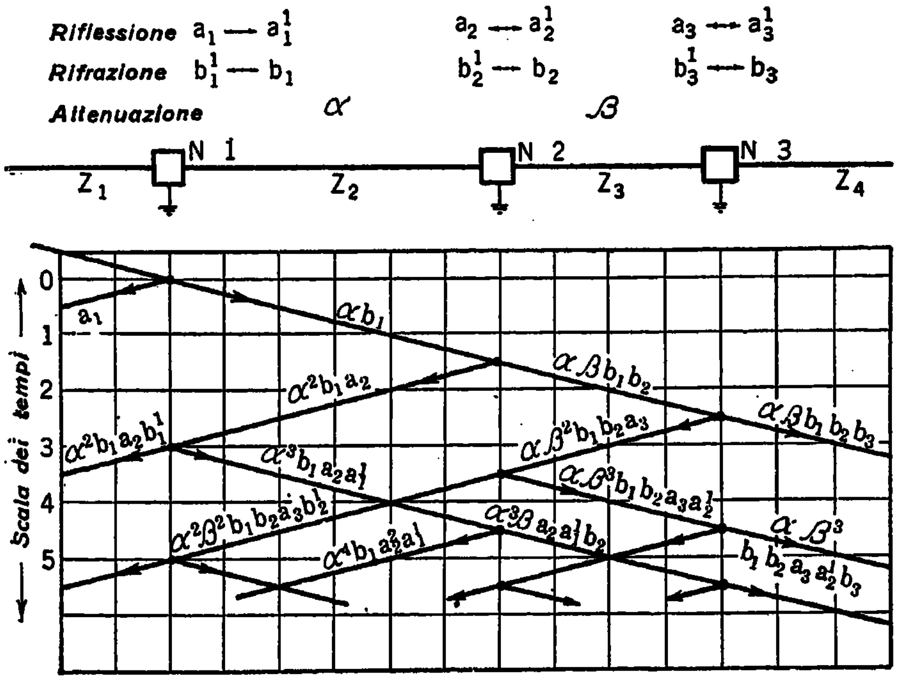



Fig. 5. - Traliccio per la valutazione delle riflessioni successive.

caso della figura si hanno 3 giunzioni (N. 1, 2, 3) distribuite a intervalli irregolari lungo la linea e che rappresentano combinazioni di impedenze; i tratti di linea fra le giunzioni hanno in genere caratteristiche diverse. Si dispongono le giunzioni in scala a intervalli uguali ai tempi di passaggio dell'onda in ogni tratto fra due giunzioni; si sceglie quindi una scala per i tempi e si tracciano le diagonali. Chiamando «operatori» i termini esprimenti con gli operatori di Heaviside le funzioni di impedenze che rappresentano le giunzioni sia: $a$ = operatore per la riflessione delle onde provenienti da sinistra; $a'$ = id. id. delle onde provenienti da destra; $b$ = operatore per la rifrazione delle onde provenienti da sinistra; $b'$ = id. id. delle onde provenienti da destra; $\alpha$, $\beta$ = fattori di attenuazione per i tratti 1-2 e 2-3. Cominciando dall'origine dell'onda incidente iniziale alla sommità del traliccio, si ottengono allora le onde riflesse e rifratte ad ogni giunzione applicando gli operatori della giunzione stessa all'onda incidente che ivi arriva e si procede così finchè il traliccio è completo.

È da notare che tutte le onde viaggiano all'ingiù. La posizione di qualsiasi onda in qualsiasi momento è determinata grazie alla scala dei tempi segnata sul traliccio e si può anche stabilire senz'altro d'onde essa venga e quali altre onde abbian concorso a formarla. La tensione totale in un punto e in un dato istante è data dalla sovrapposizione di tutte le onde arrivate in quel punto fino a quel dato istante, spostate fra loro di intervalli corrispondenti agli istanti del loro tempo di arrivo. Nello stabilire il traliccio si tien anche conto dell'attenuazione.

***

Il sistema ora descritto è stato applicato secondo quanto riferisce J. C. Dowell, per individuare le onde componenti delle sovratensioni registrate con l'oscillografo su una linea di trasporto d'energia, e ciò allo scopo di poter poi determinare l'attenuazione delle onde su detta linea.

Le sovratensioni in parola sono state prodotte artificialmente con un generatore di impulsi; se questo è a un estremo della linea, l'onda $e$ prodotta percorre la linea fino all'altro estremo in circuito aperto e viene quindi riflessa senza cambiamento di forma o di segno; l'onda riflessa torna poi fino al generatore e produce una seconda riflessione. Ma questa è di forma completamente diversa dalla prima, dipendendo dalle costanti del circuito del generatore, e torna a sua volta verso l'altro estremo della linea per esserne di nuovo riflessa, e così via. In questo caso il traliccio è costituito da un semplice zig-zag, e chiamando $\alpha$ l'operatore di riflessione, ogni riflessione che si produce al generatore di impulsi è $\alpha$ volte l'onda precedente o incidente che

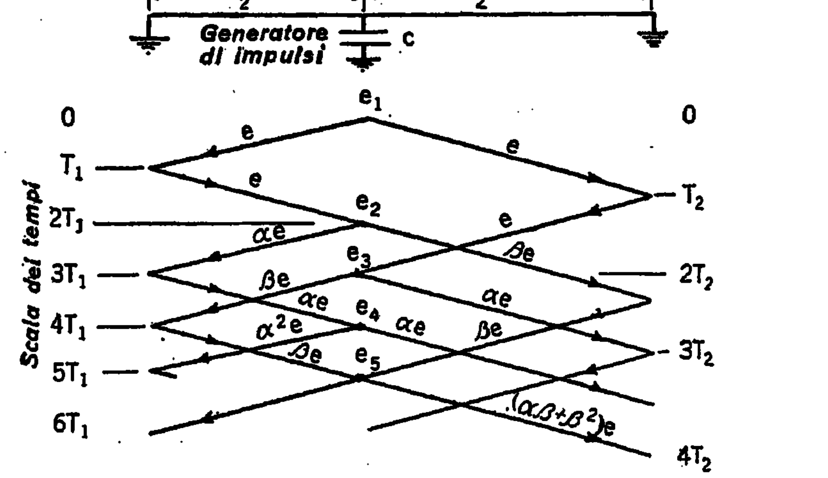



Fig. 6. - Riflessioni successive delle onde prodotte da un generatore di impulsi posto in un punto intermedio della linea.

l'ha provocata. Come si è detto in principio, $\alpha$ non è un fattore costante, ma è funzione delle costanti del circuito e della derivata del tempo, $p = \frac{d}{dt}$.

In fig. 6 è rappresentata la griglia relativa a un caso un po' più complicato del precedente, e cioè col generatore di impulsi a distanze rispettivamente $\frac{x_1}{2}$ e $\frac{x_2}{2}$ dalle estremità della linea. Se $\alpha$ e $\beta$ sono gli operatori di riflessione e rifrazione, un'onda $e$ che arriva al generatore dà luogo a un'onda riflessa $\alpha e$ e a un'onda rifratta o trasmessa $\beta e$.

Riferendosi allo studio del Bewley, che abbiamo sopra riassunto, l'A. considera il caso più semplice di una linea senza reti con impedenze in serie. Sia $Z$ l'impedenza alle sovratensioni della linea; $Z_0(p)$ l'impedenza totale al punto di transizione; $e = Zi$ l'onda incidente di tensione e $i$ quella di corrente; $e' = -Zi'$ l'onda riflessa di tensione e $i'$ quella di corrente; $e'' = Zi''$ la tensione totale o l'onda trasmessa di tensione, e $i''$ quella di corrente; in base alla teoria delle onde mobili e alla continuità della tensione è:

$$e''=e+e'=(i+i')Z_0(p)=(e-e')\frac{Z_0(p)}{Z}$$

da cui:

$$e'=\frac{Z_0(p)-Z}{Z_0(p)+Z}e=\alpha e\quad;\quad e''=\frac{2Z_0(p)}{Z_0(p)+Z}e=\beta e$$

Quando il generatore di impulsi è semplicemente un condensatore di capacità $C$ posto a un estremo della linea, è $Z_0(p) = 1/pC$ e gli operatori di riflessione e rifrazione sono semplicemente

$$\alpha=\frac{1/pC-Z}{1/pC+Z}\;,\;\beta=\frac{2/pC}{1/pC+Z}$$

Servendosi di questi, in base alla capacità del generatore e alle caratteristiche della linea, Dowell ha tracciato le curve delle tensioni al generatore dovute alle riflessioni successive, quelle delle tensioni in funzione del tempo in altri punti della

linea e finalmente la distribuzione del potenziale lungo la linea in differenti istanti. Dalle curve così tracciate risulta che le riflessioni successive presentano un'ampiezza massima sempre minore, una lunghezza sempre maggiore e delle componenti oscillatorie.

Analogo lavoro si può fare per il caso del generatore di impulsi posto in un punto intermedio della linea, nel qual caso (per una capacità $C$) è

$$Z_0(p) = \frac{Z}{1+ZCp}, \quad \alpha = \frac{-p}{p+2/CZ}, \quad \beta = \frac{2/CZ}{p+2/CZ}$$

***

Abbiamo accennato, parlando dello studio di Bewley, che le perdite in linea oltre a produrre un'attenuazione o diminuzione nell'ampiezza delle sovratensioni, producono anche una distorsione della forma d'onda. È stato però determinato sperimentalmente che le sovratensioni prodotte artificialmente con un generatore di impulsi possono attenuarsi notevolmente senza un cambiamento apprezzabile di forma, nel qual caso l'attenuazione si può esprimere con un semplice fattore esponenziale di decremento.

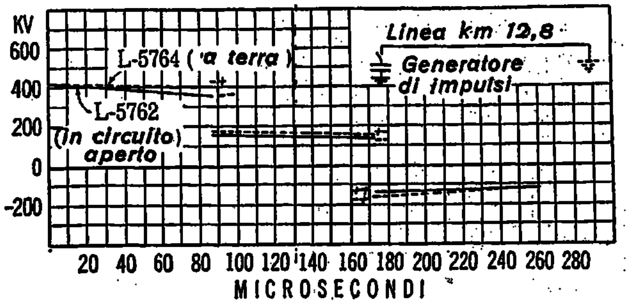



Fig. 7. - Attenuazione su una linea lunga 12,8 km, rispettivamente con estremità a terra e in circuito aperto.

Quando per qualsiasi circostanza non sia possibile misurare l'ampiezza della stessa onda a varie distanze lungo la linea, si può ricorrere ad oscillogrammi di riflessioni successive. Il Dowell ha tracciato le curve delle riflessioni successive ricavandole sia dagli oscillogrammi sia in base alle tensioni componenti al generatore di impulsi calcolate come detto più sopra, e ha quindi potuto determinare le costanti di attenuazione (che sono diverse per le diverse onde). Le curve ricavate sperimentalmente e quelle tracciate in base al calcolo concordano sufficentemente fino alla terza riflessione, ma poi le differenze aumentano; esse sembrano però da attribuirsi più a difetto del circuito oscillografico che a distorsione della forma d'onda.

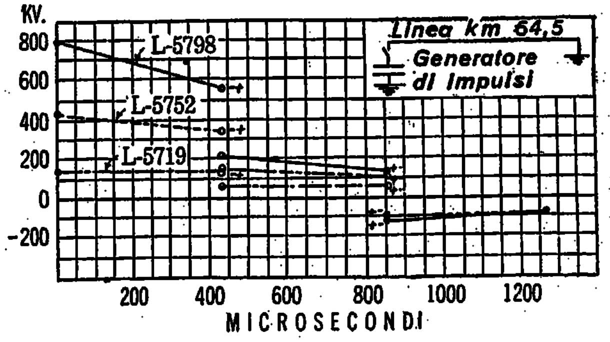



Fig. 8. - Attenuazione su una linea lunga 64,5 km con generatore di impulsi a un'estremità e l'altra a terra.

Le fig. 7 e 8 riproducono le curve di attenuazione per alcuni casi speciali. Si vede che per la linea più corta (fig. 7) per la quale le curve son tracciate tanto nel caso di linea a terra a un'estremità che in circuito aperto, l'attenuazione è minore nel primo caso, ciò che si comprende anche perchè l'estremo a terra è al potenziale di terra, mentre col circuito aperto all'estremo libero la tensione è il doppio di quella d'onda e quindi si ha notevole perdita corona (ciò che aumenta l'attenuazione). Quando la linea è lunga in confronto alla lunghezza delle onde, come nel caso della fig. 8, l'importanza dell'estremità a terra è meno rilevante. Le curve delle figg. 7 e 8 rappresentano l'espressione

$$V_{k+1}\left(\frac{e_k}{e_{k+1}}\right) = V_k \, \varepsilon_k^{-\alpha\tau}$$

In complesso però l'A. ritiene che la determinazione dell'attenuazione, per essere precisa, deva esser fatta misurando l'ampiezza di una stessa onda in varii punti della linea, piuttosto che calcolandola in base a riflessioni successive, poichè tanto il metodo oscillografico che quello matematico sono soltanto approssimati.

M. A.

# RASSEGNA TECNICA

## a) SULL'IMPIEGO DEL TUBO DI PITOT PER LA MISURA DELLA VELOCITA' DEI FLUIDI

*Science et Industrie*, 1931, n. 204. – L. ESCANDE e E. CRAUSSE.

Gli autori, dopo aver accennato alla teoria ed all'impiego dei diversi modelli di tubi di Pitot, trattano:

*a*) dell'applicazione del teorema di Bernouilli alle correnti intorno a corpi immersi;
*b*) dell'impiego del tubo di Pitot in regime turbolento;
*c*) del metodo del Camichel per sostituire la graduazione lineare alla graduazione parabolica e per rendere il tubo di Pitot adatto alle misurazioni di piccole velocità;
*d*) discutono sull'influenza della forma dei tubi.

Come è noto, la formula adottata per la determinazione della velocità coi modelli oggi usati del tubo di Pitot (fig. 1) è la seguente: $V = \sqrt{2g\,(H_1 - H_2)}$ in cui $H_1$ misura l'altezza di carico corrispondente all'orifizio *A*, normale ai filetti, e $H_2$ quella corrispondente all'orifizio *B*, parallelo ai filetti. Lo studio cronofotografico eseguito dagli autori mostra che la velocità delle particelle liquide diminuisce in vicinanza dell'orifizio *A*, poi il moto cambia direzione e la velocità cresce lungo le pareti laterali del tubo, per riprendere in *B* il suo valore normale; questo processo si svolge in corrispondenza dello strato limite superficiale, lungo le pareti del tubo. Per la continuità della pressione lungo questa guaina superficiale e per l'assenza di perdita di energia fra i punti *A* e *B* risulta applicabile l'equazione di Bernouilli: la differenza delle altezze piezometriche corrispondenti ai punti *A* e *B* rappresenta quindi il termine $\frac{V^2}{2g}$.

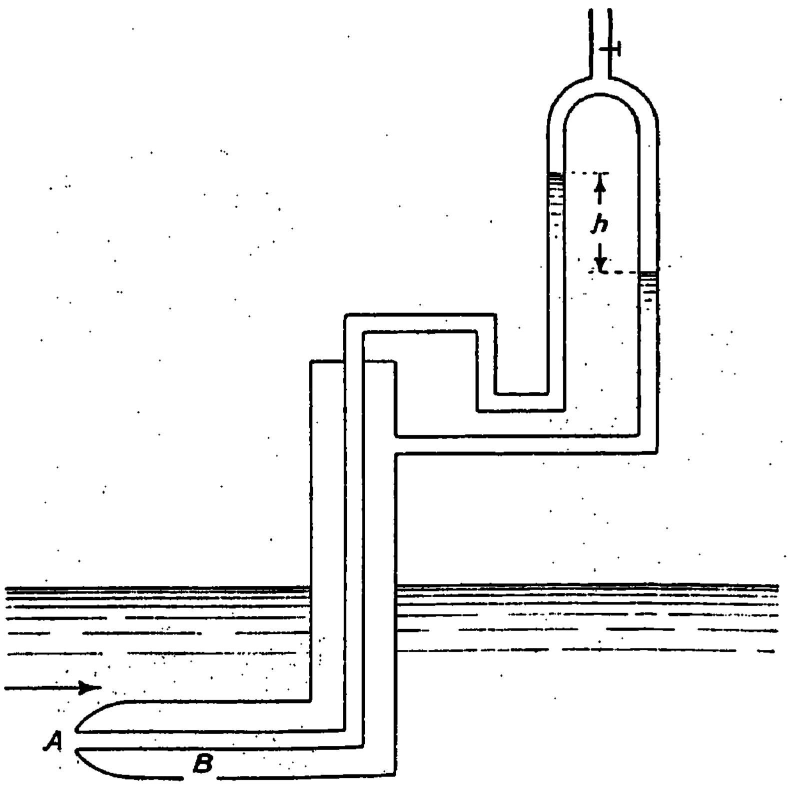



Fig. 1. - Tubo di Pitot con manometro. L'orificio *B* segnato in figura in basso, per la comprensione dello schema, deve essere collocato nel piano orizzontale passante per *A*.

In merito a questo punto si richiama il problema delle correnti attorno ad un corpo immerso; sia il caso di una sfera (fig. 2). Alcuni autori pretendevano che la pressione nei punti *C* e *D* fosse la stessa, per l'applicazione del teorema di Bernouilli, e questo perchè in tali punti la velocità deve essere nulla per ragioni di simmetria. L'esperienza mostra invece che i due punti non sono situati su di una stessa traiettoria: a valle della sfera si ha una zona vorticosa separata da una superficie limite *L'* della corrente in moto. Supponendo in prima approssimazione che nell'interno della zona limitata dalla superficie *L* si abbiano velocità piccolissime, la pressione in detta zona avrà un valore costante ed uguale a quello che si à sulla linea di discontinuità *L'*: ora, su *L'* la velocità non è nulla e se *V* ne è il valore, la pressione su di essa sarà inferiore al valore della pressione in *C* precisamente del termine $\frac{V^2}{2g}$. Riesce quindi spiegabile senza contraddizione col teorema di Bernouilli che la pressione in *C* è inferiore alla pressione in *D*.

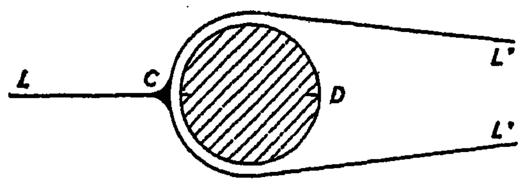



Fig. 2. - Distribuzione delle pressioni attorno ad una sfera.

In ciò che precede noi abbiamo supposto che la velocità in punti determinati abbia un valore costante in regime permanente, cioè a dire che il moto non sia vario; praticamente non è così, la velocità in un punto qualunque oscilla attorno ad un valore medio che rappresenta il termine che si cerca di misurare. A priori non è possibile valutare l'influenza di questa oscillazione sulle indicazioni del tubo di Pitot. In grosso modo si può averne un'idea osservando, come ha fatto notare M. Rateau, che il tubo di Pitot tenuto conto dell'inerzia del sistema dà un'indicazione che varia come il valore medio del quadrato della velocità di attacco della corrente. Posto $V = V_0\,[1 + \varepsilon \sin \omega t]$, dove $\varepsilon$ è un coefficiente che dipenderà dal grado della turbolenza ed $\omega$ rappresenta la pulsazione media della oscillazione, il valore medio del quadrato della velocità è dato da: $V_0^2\left[1 + \frac{\varepsilon^2}{2}\right]$. Per conseguenza la variazione di livello corrispondente sarà inferiore a quella che si avrebbe per il caso di corrente non oscillante con velocità $V_0$. Per esempio per $\varepsilon = 0{,}10$ la differenza relativa corrispondente sarà di 0,005 cioè trascurabile in tutte le misure che non richiedono grande precisione; per correnti molto oscillanti per esempio con $\varepsilon = 0{,}50$, l'errore relativo diventerebbe sensibile: 0,125.

Allo stato attuale non si possiedono dati precisi sulla importanza relativa delle variazioni della velocità in un punto: la maggior parte dei dispositivi impiegati per la misura non danno che i valori medi e non i valori istantanei che solo fornirebbero utili insegnamenti. Tuttavia col metodo cronofotografico del Camichel è stato possibile misurare in certi particolari casi questi valori istantanei. Per esempio con un canale largo 34 cm, profondo 20 cm, per velocità dell'ordine di 15 cm/sec, le variazioni relative del valore istantaneo non si scostano dal valore medio, che del 7÷8 % in più o in meno. In certi casi le variazioni d'inclinazione possono essere notevoli, però quando si tratta di condotte o canali con pareti abbastanza lisce e per velocità normali è probabile che la variazione della velocità, in regime turbolento, sia meno elevata di quanto generalmente si creda. Questo fatto permette di utilizzare il metodo fotografico per la determinazione della velocità media in una sezione e per conseguenza della portata del canale. Detto metodo giunge a risultati che confermano come il coefficiente del tubo di Pitot rimane sensibilmente lo stesso in regime turbolento ed in regime non turbolento tranne casi specialissimi, come è stato riscontrato anche da M. Camichel e M. Richaud nelle numerose prove eseguite e, successivamente dalle ricerche di Dupin e Teissié. Questi ultimi infatti hanno studiato la ripartizione delle pressioni attorno ad un cilindro dritto a base circolare, immerso in una corrente, allo scopo di paragonare questa ripartizione in regime non turbolento e in regime turbolento naturale, ottenuto in una condotta di 30 cm. di diametro e 15 m di lunghezza. Essi hanno constatato che nei due casi esaminati e per una stessa velocità di attacco, le curve rappresentative delle differenza di pressione $P_0 - P_a$ fra la pressione a monte $P_0$ e la pressione a valle $P_a$, al punto definito

dall'orientamento dell'orifizio, ricavato sulla periferia dell'ostacolo, coincidevano: ciò è mostrato dalle curve della fig. 3.

Per le dimensioni ridotte dei modelli usati e le piccole velocità, il tubo di Pitot può talvolta dare risultati poco attendibili

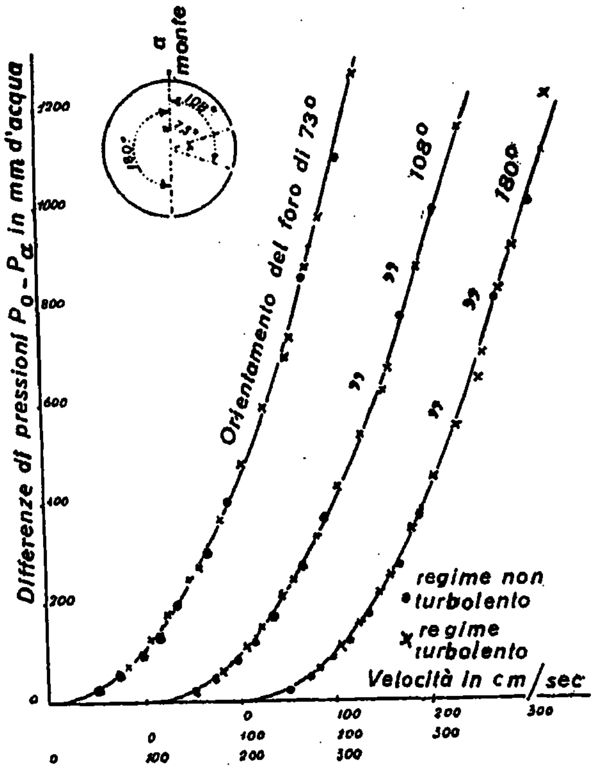



Fig. 3. - Curva della differenza di pressione in funzione della velocità intorno ad un cilindro.

a meno di non ricorrere a grandi precauzioni: bene quindi si adatta allo scopo la disposizione ideata dal Camichel (fig. 4). Essa è ottenuta con un circuito comprendente l'orifizio *A* normale ai filetti una pompa *P* azionata da un motore *M* munito di un tachimetro *T*, un tubo di piccolo diametro *D* e infine l'orifizio B

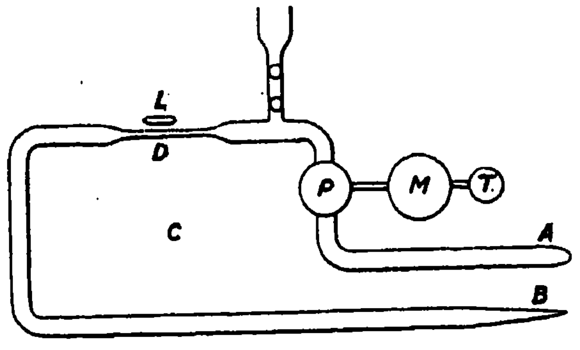



Fig. 4. - Tubo di Pitot con pompa compensatrice.

parallelo ai filetti. La differenza di pressione $P_A$-$P_B$, funzione della velocita *V* da misurare, determina una corrente nell'interno del circuito. Se si regola la velocità della pompa *P* in modo da ridurre a zero la velocità dell'acqua nel circuito, la contropressione prodotta da questa pompa neutralizza esattamente la differenza di pressione $P_A$-$P_B$; ci si rende conto di

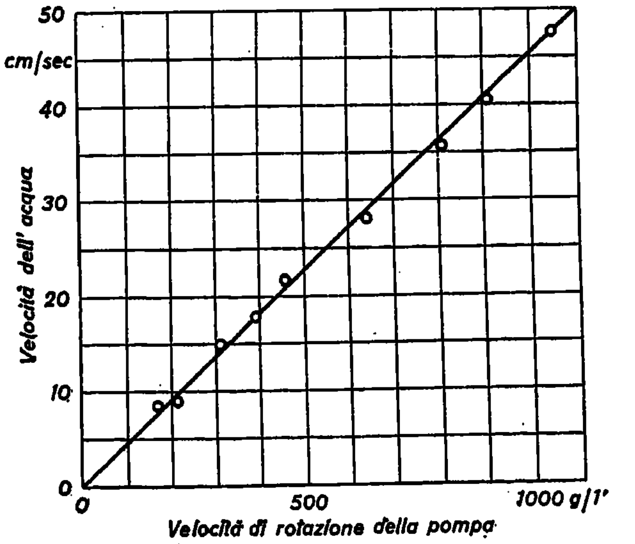



Fig. 5. - Curva di taratura del tubo di Pitot con pompa compensatrice.

ciò ricorrendo o ad un galleggiante o a polveri in sospensione nel tubo verticale, che restano immobili quando l'equilibrio realizzato. Il tachimetro *T* dà la velocità della pompa al momento dell'equilibrio e da questa velocità si deduce, per preventiva taratura, la velocità *V* dell'acqua.

La curva di taratura (fig. 5) mostra: *a*) che l'apparecchio consente di misurare delle velocità dell'ordine di 5 cm/sec, corrispondenti ad un battente dell'ordine di 3 a 5 centesimi di millimetro, quindi molto difficile da determinare direttamente; *b*) che la graduazione dell'apparecchio è lineare. Inoltre poi è possibile controllare la velocità dell'acqua nel circuito con l'impiego di un filo conduttore posto direttamente in *D* (fig. 4). Questo filo, percorso dalla corrente, costituirà uno dei lati del ponte di Wheaston, preventivamente equilibrato: una leggera variazione della velocità dell'acqua si traduce in variazione di temperatura e quindi della resistenza ohmica del filo, in modo che si verifica un disquilibrio nel ponte, che verrà segnalato dal galvanometro (1). In conclusione quindi si può asserire che: 1°) la forma del tubo di Pitot, purchè sia abbastanza razionale e non turbi in modo notevole il deflusso dell'acqua, non à influenza sul coefficiente di riduzione della velocità, che è uguale all'unità tanto in regime turbolento che non turbolento. 2°) Il funzionamento del tubo di Pitot si presta ad essere interpretato da una teoria molto semplice, malgrado le critiche mosse al riguardo. 3°) Di uso molto pratico nella sua forma corrente per la misura di velocità superiori ad 1 m/sec, il tubo di Pitot mediante dispositivi speciali, può servire a misurare velocità molto piccole.

Ru

---

## EFFETTI DEL TERREMOTO IRPINO DEL 23 LUGLIO 1930-VIII (1) SULLE OPERE DELL'ACQUEDOTTO PUGLIESE

*L'Ingegnere*, Vol. V, N. 10, 1931. – DR. ING. CELENTANI UNGARO.

Nella zona Irpina, colpita dal moto tellurico del 13 luglio 1930, si trovano alcune fra le opere più importanti dell'acquedotto Pugliese, come: le sorgenti ed il loro bacino di alimentazione tra Caposele e Bagnoli Irpino; i grossi sifoni in c. a. del Canale Principale; i sifoni in acciaio sull'Ofanto ed altri minori; ed infine una lunga tratta di Canale Principale, in muratura, a pelo libero e per la maggior parte in galleria, attraversante terreni difficili. Dai risultati della indagine effettuata subito dopo la scossa si riscontrò:

*a*) un piccolo aumento di portata delle sorgenti di Caposele;

*b*) nessuna sensibile variazione della portata del Canale Principale;

*c*) sensibilissima riduzione di portata nei tronchi della diramazione primaria della provincia di Foggia, disposti a valle della camera di arrivo del sifone sulla Fiumara di Venosa, mentre in detta camera il flusso era cessato;

*d*) alcune perdite delle tubazioni della rete urbana di Calitri.

È da notare che la minima distanza dell'acquedotto dalla zona epicentrale, è di circa 20 km.

Per quanto riflette il punto *a*) le misurazioni effettuate il 15 luglio davano un'altezza media dello stramazzo uguale a cm 68,01, pari a mc 5,220 mentre quelle effettuate il 23 luglio davano altezza media di cm 68,72 pari a mc 5,306; occorre però tener presente che il 23 luglio si era nella fase di decrescenza e la portata normale, in base alle esperienze degli esercizi precedenti, si presume sarebbe stata di mc 5,200.

Per seguire più da vicino il comportamento delle sorgenti a partire dal 23 luglio vennero effettuate misure giornaliere le quali rivelarono dapprima un aumento della portata a mc 5,345 e poi la ripresa dell'andamento normale degli anni precedenti. Il terremoto quindi non ha agito in nessun modo sulla stabilità della quota da cui sgorgano le sorgenti e ciò è avvalorato per il fatto che nessun danno si è verificato per le opere di presa, di raccolta e di misura.

Per quanto riflette il punto *c*) occorre distinguere: Il canale a pelo libero in galleria costituente la diramazione primaria della Provincia di Foggia dal Canale Principale. Il primo ha una lunghezza di circa 3 300 m, attraversa arenarie, materiali vulcanici e sabbie ed ha le pareti in calcestruzzo di cemento od in mattoni con malta idraulica. Dopo il terremoto solo nel tratto della galleria Mangiatoie, lungo m 1560, furono riscontrate nuove lesioni capillari e riapertura di vecchie lesioni suturate da sali, ed all'imbocco lesioni trasversali estese a tutta la sagoma.

Il Canale Principale invece, della lunghezza di circa 64 km, è a sezione ovoidale, con area libera variabile da mq 6,304 a mq 5,410. Esso in conseguenza delle pressioni del terreno cir-

---

(1) A riguardo richiamiamo gli studi compiuti dal ns ing. Del Nunzio (vedi l'*Elettrotecnica* 1930 pag. 730).

costante che in molti punti avevano sollecitato le murature fino a provocarne la rottura, era stato notevolmente ricostruito negli anni 1922-23. Precisamente nel tratto da Caposele a Venosa alle vecchie murature di mattoni di deficienti spessori furono sostituiti solidi anelli in muratura di pietrame con malta idraulica ad elevato tenore d'agglomerante, perfettamente murati negli scavi allargati. In alcune tratte il rifacimento è stato limitato a parti di anello ed a risarciture o a stuccature delle lesioni.

I fatti nuovi riscontrati dopo il terremoto si raggruppano così:

1) nuove lesioni, di limitata entità, in murature del primo rivestimento;

2) riapertura di vecchie lesioni già stuccate;

3) lieve aggravamento di lesioni esistenti e non ancora riparate.

Non sono state invece riscontrate lesioni trasversali di nuova formazione che con maggiore attendibilità avrebbero potuto ritenersi di origine sismica, come è stato normalmente osservato negli acquedotti e nelle tubazioni del gas dopo i terremoti. Le lesioni longitudinali, come quelle riscontrate, potrebbero dipendere da sollecitazioni sismiche non distribuite uniformemente lungo l'altezza della galleria, per la natura dei terreni, ed eventualmente per la diversa costituzione del materiale formante l'anello di rivestimento.

Nessun fenomeno ebbe a verificarsi per i tronchi di canale scavati in terreni vulcanici come pure nessun effetto del sisma è stato riscontrato a carico delle polle d'acqua che sboccano nelle gallerie del primo tronco al disopra del livello di max portata del canale. In questo studio occorre tener presente la grande diversità dei terreni forati dalle gallerie dove abbondano i terreni così detti difficili come quelli sciolti o poco compatti di cui la sismologia insegna a diffidare, per concludere che la costruzione in galleria, offre sicurezza quasi completa per scosse fortissime e rovinose (VII e VIII scala Mercalli).

I canali a pelo libero in trincea o rilevato sono lunghi: 16 km circa il Canale Principale, e 28 km circa la Diramazione primaria per la Provincia di Foggia.

Dopo il terremoto furono risontrate per una tratta del Canale Principale ampliamenti di lesioni longitudinali preesistenti e in parte suturate da sali calcarei. Per un'altra tratta furono rilevate lesioni longitudinali capillari alla imposta della calotta ed in alcuni punti lesioni in calotta.

Nella diramazione primaria per la Provincia di Foggia si sono riscontrate delle lesioni longitudinali capillari su piedritti, delle lesioni trasversali all'arco rovescio della larghezza di 1 cm e delle lesioni pure trasversali, di minore larghezza: tutte comprese in brevi tratte.

I fenomeni riscontrati in relazione alla notevole lunghezza di Canali in trincea (45 km circa) portano a concludere che tali opere costruite in buona muratura di mattoni o di calcestruzzo, profonde circa 2 metri entro il suolo con buone fondazioni ed opere di consolidamento per i terreni compatti possono ritenersi al sicuro dagli effetti di scosse sismiche di grado fino all'VIII.

I canali a pelo libero su ponti costituiscono una lunghezza unita di km 2 circa per il canale principale e m 195 per la diramazione primaria per la Provincia di Foggia.

Tutti i ponti di breve lunghezza e piccola altezza ad eccezione di uno soltanto non hanno subito alcun danno dal terremoto.

Per i ponti maggiori occorre premettere che sulle pareti interne del canale, in corrispondenza delle fasce d'intonaco retinato, a copertura dei giunti di dilatazione in asse con la chiave degli archi ed in corrispondenza delle pile si riscontrano generalmente leggere lesioni trasversali, spesso suturate da sali calcarei, le quali si estendono alla platea e sui piedritti fino a circa metri 1 dal piano della platea, ed alla calotta e sui piedritti, fino a circa m 1,50 sul piano della platea, in corrispondenza dei sostegni.

Nella visita dopo il terremoto vennero riscontrate, per il ponte canale sul Bradano — alto m 37,50 e costituito da 14 arcate di m 12 di luce a tutto sesto — segni di riapertura recente di qualcuna delle lesioni corrispondenti alla chiave del primo e dell'ultimo arco, nonchè fessure multiple, di apertura di circa 1/2 mm; per il ponte canale sul Vonchia — su 10 archi ribassati, di m 10 di corda e m 2,10 di freccia — si riscontrarono: aperture di vecchie lesioni, suturate, in corrispondenza delle chiavi degli archi, riapertura di lesioni trasversali estese a tutta la sagoma nonchè una nuova lesione trasversale in un piano inclinato rispetto all'asse, estesa a quasi tutta la sagoma in una sezione intermedia sullo scivolone di scarico; il ponte canale Atella — lungo m 417,15 su 28 arcate a tutto sesto di m 10 di corda ed una di m 20, porta il canale nell'attraversamento della Fiumana di Atella. In esso si riscontrarono: segni di riapertura recente per qualcuna delle lesioni già suturate di sali calcarei e fessure trasversali multiple in corrispondenza della spalla a valle del ponte.

Il ponte canale sul Fosso S. Barbato — è formato di 5 archi di calcestruzzo ribassati, di m 6 di corda e 1,45 di freccia — termina in curva, si che il canale in trincea a valle ha direzione

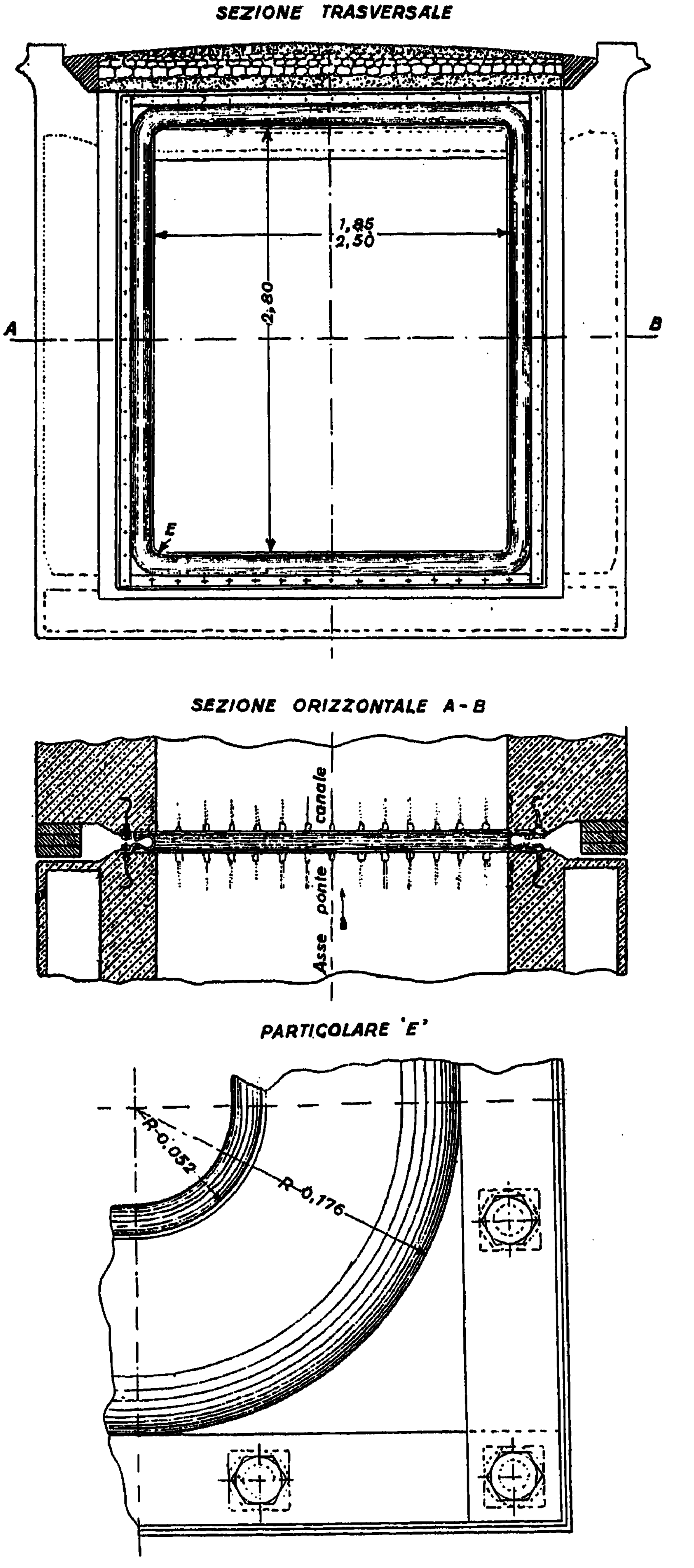



Fig. 1. - Dettaglio per i giunti di dilatazione alle estremità dei ponti canali.

quasi normale al canale sul ponte. Dopo il terremoto si riscontrarono: apertura di lesioni trasversali già suturate; formazione di altre lesioni trasversali multiple; lesione longitudinale in chiave della calotta lunga m 40; lesione trasversale di nuova formazione di circa 2 mm, prossima all'inizio della parte in curva.

Canale Principale: ponte canale sul torrente Ginestra, lungo m 51 e costituito da una trave continua in cemento armato a 3 campate. Nelle sezioni di attacco al canale in trincea è interposto un giunto di dilatazione costituito da una

lamiera di rame stagnata, dello spessore di mm 2, con sezione ad U, ancorata con bulloni in ottone, in modo da lasciare fra il canale in trincea ed il canale sul ponte un vano di 10 cm.

Nelle ispezioni dopo il terremoto restarono perdite d'acqua dal giunto, sull'angolo basso a sinistra, nella sezione a valle del ponte: ciò è spiegato dalla diversa ampiezza di vibrazione delle due testate del canale collegate dal gomito, una rigida col ponte, l'altra col terreno su cui è costruita. Non si sono verificati altri danni, come non se ne sono riscontrati per i ponti sui torrenti Tragino, Silla e Lento, lunghi rispettivamente m 101,80; 51,40; 42,60.

I ponti sono opere notevolmente esposte ai terremoti, specie quando, come negli acquedotti, essi raggiungono notevoli altezze da cui conseguono ampiezze notevoli di oscillazioni, e la loro posizione attraverso le vallate per le diversità geologiche determina frequenti condizioni favorevoli a propagazioni di onde sismiche, massime quando vengono prodotti scorrimenti e spostamenti del terreno delle opposte sponde. Osserviamo ora che i ponti canali dell'acquedotto Pugliese sono stati costruiti con buoni materiali in cui le sollecitazioni sono piuttosto basse e non superano come nel ponte Atella i 10,5 kg/cmq alle reni dell'arco per concludere, in base ai fenomeni osservati, che costruzioni del genere fatte a regola d'arte non possono ricevere che danni trascurabili dai sismi fino all'VIII grado. Nella costruzione di ponti canali sembra poi conveniente collegare mediante giunto elastico ad es. del tipo di lamiera descritto, il canale sul ponte con quello fuori del ponte, anche nei soli riguardi delle sollecitazioni sismiche. Nel caso di lunghi ponti è utile interporre giunti elastici anche in tratti intermedi, e per ponti ad arco è opportuno che questi giunti coincidano con l'asse degli archi e delle pile. Buona previdenza di costruzione è la sostituzione dei sifoni ai ponti canali per l'attraversamento di vallate: i sifoni come tutte le opere interrate sono meno esposti dei ponti ai danni del terremoto; nei giudizi di confronto occorre quindi tener conto delle zone ad alta sismicità.

Le condotte forzate sono in trincea a profondità diversa con ricoprimenti minimi sulla generatrice superiore di m 1 per le condotte delle reti urbane e m 1,50 per le condotte esterne agli abitati. I danni rilevati subito dopo il terremoto non sono stati seguiti da altri inconvenienti e in base ai mezzi di indagine adottati essi furono così distinti: 1°) lesionamento del corpo di una saracinesca inserita su di una derivazione privata a Calitri, con fuoruscita d'acqua dalla massicciata stradale; 2°) perdita ad alcuni giunti, della condotta esterna in ghisa del serbatoio all'abitato di Calitri, i quali vennero riparati con semplice ribattitura del piombo; 3°) nella tubazione in acciaio del sifone della Fiumana di Venosa, della diramazione primaria per la Provincia di Foggia, si verificò una sfilatura del giunto con conseguente fuoruscita d'acqua. Il sifone è a doppia canna in acciaio (di cui attualmente è costruita una sola) del ∅ di mm 750 per pressione di m 96,215 per la portata complessiva di mc 1,300. Si comprende pertanto come il danno più importante, sopratutto per le conseguenze cui poteva dar luogo, fu quello relativo a quest'ultimo punto.

La tubazione del sifone attraversa la Fiumara su di un ponte in cemento armato formato da 16 campate da m 13 e 10,50 di luce; essa è costituita da tubi in acciaio chiodato, collegati alle testate del ponte mediante manicotti in ghisa e giunzioni con corda e piombo, ai tubi dei due rami del sifone. Dopo il terremoto si determinò la completa sfilatura del materiale di giunzione del giunto, verso valle del manicotto, e la sconnessione del giunto verso monte. Comunque la notevole lunghezza di tubazioni forzate (circa km 168 fra cui 51 in c. a., 68 in ghisa, 16 in eternit e 33 in acciaio) comprese nella parte di maggior intensità dell'area macrosismica pone in particolare rilievo la limitata estensione ed entità dei danni verificatesi e conferma l'opportunità già constatata a proposito dei ponti canali di inserire alla testata del ponti dei veri giunti elastici nella tubazione (o nel canale) per consentire le deformazioni che in quei punti possono essere notevoli.

Inoltre da un punto di vista generale il buon comportamento delle condotte dell'Acquedotto Pugliese va attribuita alla cura che venne posta nella scelta del piano di posa, facendo largo uso di platee in calcestruzzo ove il terreno non assicurava una stabile sede alla condotta; alla buona esecuzione delle giunzioni; alla costruzione a regola d'arte delle costruzioni in cemento armato; ed infine alle prove rigorose delle condotte in opera, estese come provvedimento normale anche alle derivazioni per gli impianti privati.

I serbatoi interrati e sopraelevati in calcestruzzo semplice o armato non hanno subito alcun danno, se si eccettua qualche lesione alle murature dei casotti di accesso. Nessun danno hanno pure subito le lunghe tubazioni di servizio di questi serbatoi, fissate ai pilastri di sostegno della vasca. Queste opere quindi costruite a regola d'arte sono al sicuro di danni per terremoti di ntensità fino al IX grado.

Ru

**RETI TRIFASI A MAGLIA CON ALIMENTAZIONE MULTIPLA (c**

*Elektrotechnik und Maschinenbau*, 16 agosto 1931. – P. WITTICH.

La tendenza a ridurre al minimo le spese di installazione negli impianti elettrici ed, in particolare, a diminuire il costo degli impianti di distribuzione, ha portato a considerare la possibilità di adottare per la distribuzione a bassa tensione alternata, la reti a maglia. Il problema, semplice quando si tratta di reti a corrente continua, deve tener calcolo di fattori tecnici ed economici che hanno un'importanza di prim'ordine e che devono, quindi, essere attentamente vagliati. Nel calcolo della sezione dei conduttori costituenti la rete, la prima condizione che dev'essere soddisfatta è la limitazione della variazione di tensione ai punti di consumo in limiti ammissibili e compatibili con la buona utilizzazione delle lampade e dei motori. L'influenza che la variazione di tensione ha sulle principali caratteristiche delle lampade e dei motori risulta dalla fig. 1;

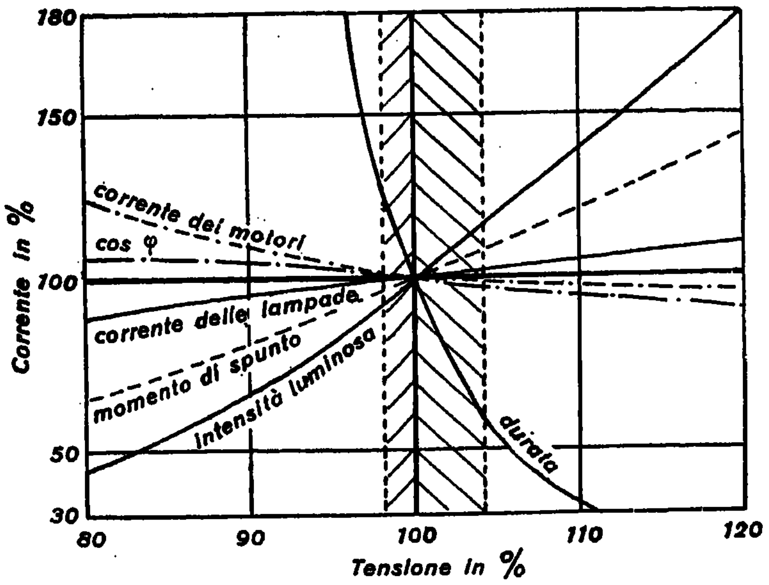



Fig. 1. - Influenza della tensione.

la parte tratteggiata indica il campo in cui dovrebbero lavorare gli utilizzatori anzidetti.

Mentre nelle reti aperte, il calcolo della sezione dei conduttori — tenuta presente la variazione sopracitata — viene effettuato in base al carico massimo attuale o futuro, nelle reti a maglia il calcolo viene condotto nella supposizione che venga meno l'alimentazione di una delle stazioni di trasformazione. Nelle reti a maglia con grande densità di carico (7 W/m² di punta) occorre, inoltre, verificare se le sezioni dedotte tenendo presente la densità di corrente normalmente ammessa non risultano maggiori di quelle ricavate in base alle cadute di tensione. Si ha il miglior dimensionamento dei conduttori in quelle reti nelle quali le due condizioni portano allo stesso quantitativo di rame.

Dal confronto fra le sezioni di una rete aperta e di una rete a maglia alimentata in un punto situato nel baricentro dei carichi, (figg. 2 e 3) risulta evidente che nella prima la corrente

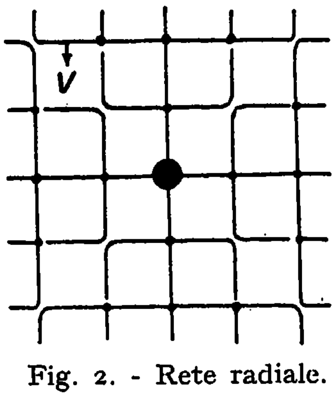



Fig. 2. - Rete radiale.

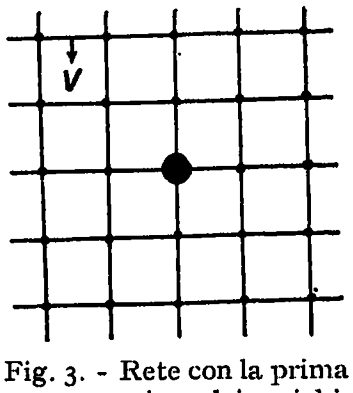



Fig. 3. - Rete con la prima compensazione dei carichi.

assorbita nel punto V ha un percorso ben definito mentre nella seconda sezione essa si distribuisce attraverso le maglie secondo la legge del minimo calore generato. Ne consegue, quindi, nel secondo caso, una minor caduta di tensione, una diminuzione delle perdite e del quantitativo di rame, una migliore distribuzione delle tensioni nei vari punti della rete ed, infine, l'esigenza in un più limitato campo di regolazione della tensione alimentatrice.

Il collegamento a maglia dei conduttori di una sezione della rete consente già una notevole compensazione dei carichi nella rete stessa. È possibile estendere maggiormente la compensazione del sistema collegando, mediante connessioni longitudinali

due sezioni diverse (fig. 4) alimentate da due cavi differenti *a*, *b*, collegati da un lato alle stesse sbarre e dall'altro al centro delle due sezioni. Poichè i carichi massimi nelle due sezioni non sono, in generale, eguali e simultanei, risulta ovvio che i cavi d'ali-

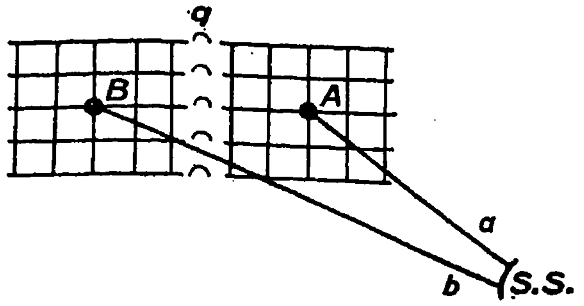



Fig. 4. - Rete con la prima e la seconda compensazione dei carichi.

mentazione devono essere dimensionati con una minor sezione. Con la seconda compensazione si realizza, perciò, un'economia nei cavi di alimentazione, una ulteriore diminuzione delle perdite e del campo di regolazione delle macchine situate nella centrale che alimenta la rete. I centri delle singole sezioni non vengono collegati direttamente ai cavi di alimentazione ma bensì attraverso a trasformatori che costituiscono un ponte tra rete di distribuzione a bassa tensione ed i cavi alimentatori a tensione più alta (fig. 5). È evidente che in virtù della seconda compen-

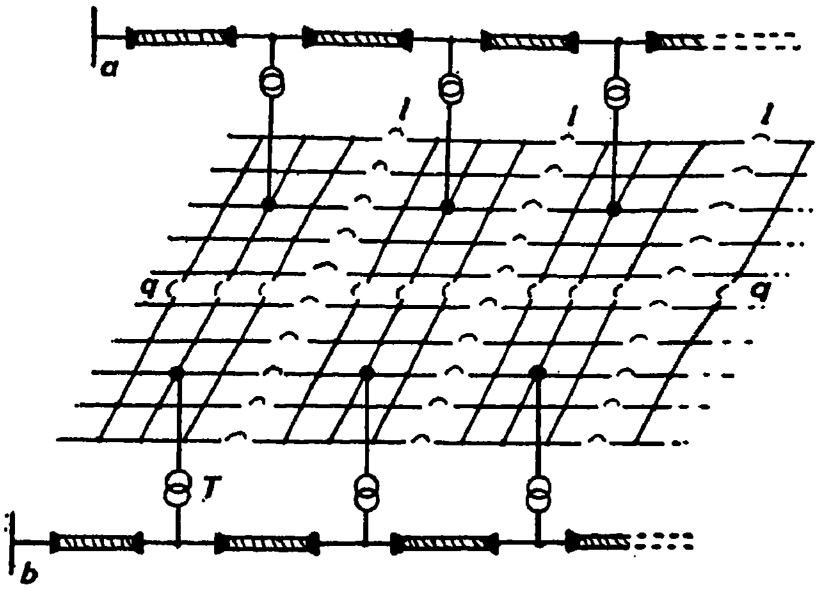



Fig. 5. - Schema di una distribuzione trifase.

sazione, i trasformatori non devono più essere dimensionati in base al carico massimo che competerebbe alla sezione alimentata considerata isolata, ma bensì tenendo calcolo della compensazione dei carichi massimi. Pur tenendo calcolo di un margine di potenza del (15÷35)% per il caso dell'eventuale guasto del trasformatore nella stazione adiacente, la somma delle potenze dei trasformatori, risulta, in generale, inferiore a quella che risulterebbe se non esistesse la compensazione nella rete. Altro vantaggio realizzabile con quest'ultima è l'uniformità nei trasformatori, nei cavi d'alimentazione e nei conduttori della rete a bassa tensione.

Se mediante connessioni trasversali *q*, (fig. 5) viene ulteriormente amplificata la compensazione in una rete alimentata da

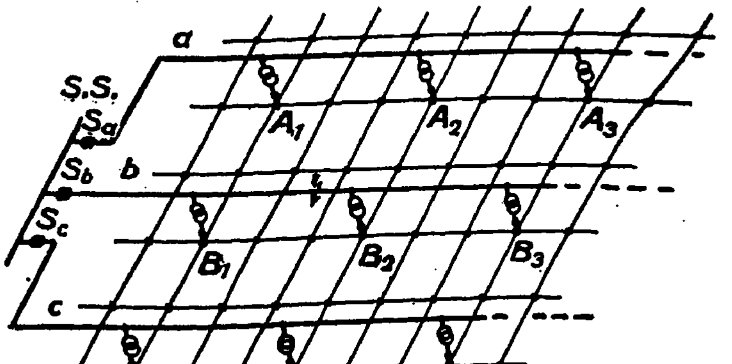



Fig. 6. - Rete a maglia a compensazione completa.

due o più cavi ad alta tensione, è ovvio che i vantaggi citati vanno accentuandosi. Siccome i trasformatori sono in generale sovraccaricabili del 50% per 1 a 3 ore, è facile vedere che anche un guasto eventuale in un cavo *b* (fig. 6) non porta come conseguenza una interruzione del servizio. Dato poi che i guasti ai cavi di alimentazione ed ai trasformatori sono relativamente rari e, tenuto presente che i sovraccarichi causati dai guasti stessi possono essere facilmente sopportati dai cavi e dalle macchine in servizio, è superfluo proteggere i trasformatori e le sezioni dei cavi con interruttori ad alta tensione, la cui funzione verrebbe meno allo scopo cui sono destinati nelle reti senza compensazione. Sono sufficienti invece interruttori ad alta tensione all'inizio dei cavi ed interruttori a bassa tensione nelle stazioni di trasformazione. La mancanza di un gran numero di interruttori e dei relativi organi di comando e di controllo semplifica gli impianti e ne diminuisce sensibilmente il costo.

Indipendentemente dai vantaggi di carattere economico che le reti di distribuzione a maglia presentano, sussistono pure notevoli vantaggi agli effetti della sicurezza di esercizio. Se sussiste soltanto la compensazione in una sezione della rete, un guasto al trasformatore che l'alimenta è sufficiente per escludere dalla alimentazione tutta la sezione. Se, al contrario, le sezioni adiacenti sono collegate con connessioni longitudinali, soltanto un guasto nei cavi di alimentazione può mettere fuori servizio una sezione. Nemmeno quest'ultima perturbazione può recare interruzioni di servizio nelle singole sezioni, quando la compensazione è spinta fino al collegamento delle sezioni stesse attraverso connessioni trasversali. Una rete a maglia ad alimentazione multipla presenta, pertanto, una sicurezza di esercizio pressochè completa.

Un interesse particolare presenta lo studio del comportamento delle reti a maglia nella eventualità di cortocircuiti. Nelle reti aperte, un cortocircuito provoca un richiamo di corrente nel punto difettoso, secondo una direzione ben determinata L'impiego di valvole normali per bassa tensione, convenientemente tarate, costituisce la protezione generalmente usata. Nelle reti a maglia, in un punto difettoso le correnti di cortocircuito fluiscono da due direzioni diverse. I valori delle correnti di corto circuito assumono, in generale, valori assai alti (10÷150 volte la corrente normale) a causa della diminuita resistenza dei conduttori che collegano il punto difettoso col punto d'alimentazione. In questo caso è opportuno l'impiego di valvole a patrona più adatte per le alte intensità di corrente. In America non vengono spesso impiegate valvole di sorta, per proteggere le reti a maglia. Lo stesso criterio non è, in generale, applicabile nelle reti Europee a tensioni più alte (220/380 V invece di 120/208 V) e costituite da cavi a più conduttori, nelle quali la fusione di un conduttore percorso dalla corrente di cortocircuito potrebbe interessare anche i conduttori circostanti e produrre guasti di entità assai grave.

La protezione contro i cortocircuiti alla sbarre di distribuzione a bassa tensione è ottenuta con l'inserzione di valvole sulle linee derivate dalle sbarre sulle condutture del secondario dei trasformatori abbassatori. Queste ultime valvole sono ad azione ritardata. Il comportamento di una rete nella eventualità di un guasto in un cavo d'alimentazione è messo in rilievo dalla fig. 6. Il cortocircuito fra le stazioni $B_1$ e $B_2$ provoca un richiamo diretto di corrente attraverso l'interruttore a massima *Sb* che scatta ed un richiamo indiretto attraverso i cavi paralleli *a* e *c*, i relativi trasformatori, le maglie della rete ed i trasformatori del cavo danneggiato. Questa seconda corrente viene interrotta da interruttori con relais a ritorno d'energia montati sui trasformatori a monte delle valvole ad azione ritardata citate dianzi. L'impiego di valvole in luogo degli interruttori a ritorno non è opportuno, giacchè esse dovrebbero soddisfare a condizioni contraddittorie. È facile, inoltre, vedere che l'applicazione degli interruttori a ritorno d'energia permette di ridurre le perdite a vuoto. A questo scopo, infatti, è sufficiente aprire in centrale gli interruttori di quei cavi d'alimentazione che in determinate ore della giornata sono scarsamente caricati. All'apertura di questi interruttori fa seguito la disinserzione automatica degli interruttori a ritorno montati sui trasformatori alimentati dai cavi stessi. La sensibilità dei relais a ritorno è tale da provocare l'apertura degli interruttori relativi in seguito al richiamo di corrente magnetizzante. La chiusura degli interruttori in centrale, nelle ore di carico aumentato, è seguita dalla reinserzione degli automatici a ritorno d'energia che rimettono in servizio la parte già disinserita dalla rete.

Allo scopo di ottenere una maggior sicurezza di esercizio, i cavi di alimentazione vengono talvolta disposti ad anello e protetti con interruttori ad alta tensione in parecchi punti. Onde ottenere, in caso di corto circuito, una protezione selettiva delle varie sezioni dei cavi, i relais degli interruttori vengono tarati convenientemente con tempi di scatto variabili con la posizione che gli interruttori stessi occupano lungo un determinato cavo. Il numero delle stazioni collegate ad un cavo è limitato dall'esigenza di uno scatto sicuro dell'interruttore automatico all'inizio di esso al verificarsi di un corto circuito sul lato bassa tensione dell'ultimo trasformatore, quando l'anello formato dal cavo è aperto. Se $e_k$% è la tensione di cortocircuito

di un trasformatore, il massimo numero di stazioni con un trasformatore che possono essere alimentate convenientemente da un unico cavo è

$$N_{\max} = \frac{1}{2} \frac{100}{e_k}$$

Nelle reti a maglia ha luogo, ovviamente, una compensazione naturale nella distribuzione dei carichi. Sussiste pure la possibilità di integrare questa compensazione spontanea mediante una altra obbligata. Nelle reti alimentate da cavi disposti ad anello, quest'ultima può essere ottenuta unicamente inserendo sulle condutture secondarie di alcuni trasformatori delle reattanze con ferro. Il flusso magnetico generato in esse dalla corrente di carico influisce sulla grandezza delle impedenze inserite fra le sbarre ad alta ed a bassa tensione e, quindi, sulla distribuzione dei carichi fra i trasformatori che alimentano la rete. Quando si tratta di reti con cavi d'alimentazione radiali, la compensazione obbligata viene ottenuta nel migliore modo mediante i trasformatori trasversali. Si inserisce, cioè, in centrale, sopra ciascun cavo un regolatore ad induzione doppio oppure un trasformatore con inseritore a gradini. Con l'intervento su questi regolatori di tensione nei punti di alimentazione si agisce sulle correnti supplementari di compensazione che si sovrappongono alle correnti di servizio.

L'A. ricorda, infine, una notevole particolarità che offrono le reti a maglia: la possibilità dell'accoppiamento in parallelo, sopra di esse, di due centrali diverse oppure di due generatori di una stessa centrale. Questo comporta, evidentemente, un miglioramento del sistema agli effetti delle sollecitazioni dovute ai cortocircuiti.

d. m.

---

## d) COMANDO A VAPORE OD ELETTRICO DEI SERVIZI DI UNA GRANDE CENTRALE A VAPORE?

*E.T.Z.*, 27 agosto 1931 e 3 settembre. – H. SCHULT.

Recenti studî sulla costruzione delle centrali a vapore hanno mostrato che adottando il comando a vapore, invece del comando elettrico, per i servizi ausiliarî della centrale stessa si ha una diminuzione notevole nelle spese d'impianto. L'A. si propone di analizzare la questione per centrali importanti, dove siano installati gruppi turbogeneratori di almeno 20 000 kW ciascuno. In tal caso un'analisi dei costi di impianto dei comandi elettrici dei servizi porta alla conclusione che l'installazione, usufruibile anche in periodo di punta, viene a costare circa L. 2 500 per kW: di questa somma la metà riguarda l'impianto generatore fino alle sbarre e l'altra metà l'impianto utilizzatore delle sbarre ai diversi motori distribuiti nella centrale. 1 kW installato per i servizi con comando elettrico costa circa il doppio di 1 kW installato per la produzione sola: e perciò se la potenza occorrente per i servizi è pari al 5 % della potenza installata, la spesa per essi, quando siano a comando elettrico, si potrà considerare pari al 10 % del costo totale dell'impianto.

L'A. si pone, prima di iniziare la trattazione dell'argomento, le seguenti domande:

*a*) Quali possibilità si danno per il comando dei servizi della centrale?

*b*) A quali condizioni devono soddisfare le singole forme di comando?

*c*) Fino a qual punto e con quali mezzi queste diverse forme di comando possono soddisfare a queste condizioni?

*d*) Quale è l'economia di queste diverse forme di comando?

Circa la prima domanda l'A. distingue i generi di comando in tre categorie: elettrico, a vapore ed elettrico, a vapore. Quando si adottano comandi misti, in generale si fanno a vapore i comandi delle pompe dell'acqua di raffreddamento e di alimentazione, organi essenziali per il funzionamento della centrale. Nel comando a vapore il comando elettrico si tiene per riserva.

Da un esame di alcune importanti centrali tedesche ed americane fatto dall'A. si rileva che in Germania non si hanno comandi solamente a vapore, mentre di otto grandi centrali americane tre hanno comandi esclusivamente a vapore.

Circa le condizioni, cui devono soddisfare i diversi comandi, prima di tutto bisogna considerare la sicurezza dell'esercizio: bisogna per altro distinguere i servizi indispensabili per l'esercizio da quelli non strettamente indispensabili. I primi si possono poi ancora distinguere in servizi vitali e in servizi limitatamente indispensabili. È evidente che ai servizi vitali deve essere garantita una assoluta sicurezza di esercizio: tali sono, ad esempio, le pompe di alimentazione. Una seconda condizione riguarda la messa in marcia che, in generale, deve essere semplice e rapida. Infine, un'altra condizione importante è quella di una facile ed economica regolazione del numero dei giri. Importante è anche naturalmente l'economia di costo dell'impianto.

L'A. esamina poi come le diverse forme di comando rispondono alle condizioni prima esaminate. Nel comando elettrico la

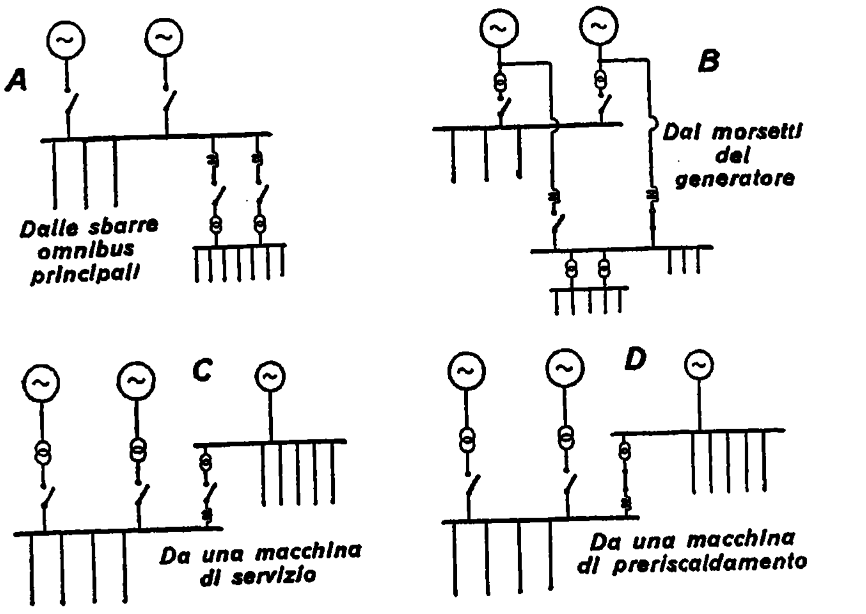



Fig. 1. - Fornitura di corrente per i servizi della centrale.

sicurezza d'esercizio dipende dalla fornitura di corrente; questa dipende dalla sicurezza della sorgente di energia come tale, nonchè dalla proprietà di corto circuito e dalla possibilità di mantenere la tensione da parte della sorgente di energia. La fig. 1 dà le diverse possibilità di fornitura della corrente: fra i diversi casi citati, quello contrassegnato da *D* è particolarmente importante, perchè riguarda la generazione dell'energia dei servizi della centrale per mezzo di una turbina di preriscaldamento, il cui vapore di scarico è destinato al riscaldamento dell'acqua di alimentazione della caldaia.

L'installazione di una macchina apposita a reazione per la fornitura di vapore per il riscaldamento dell'acqua di alimentazione ha molti vantaggi. Innanzi tutto il rendimento complessivo dell'impianto migliora: inoltre in particolari condizioni si ha anche un risparmio nelle spese di impianto. Bisogna perciò stabilire quando la macchina di preriscaldamento può essere usata con sicurezza come macchina per i servizi interni della centrale. La fig. 2 dà lo schema normale di un impianto con macchina principale e di preriscaldamento.

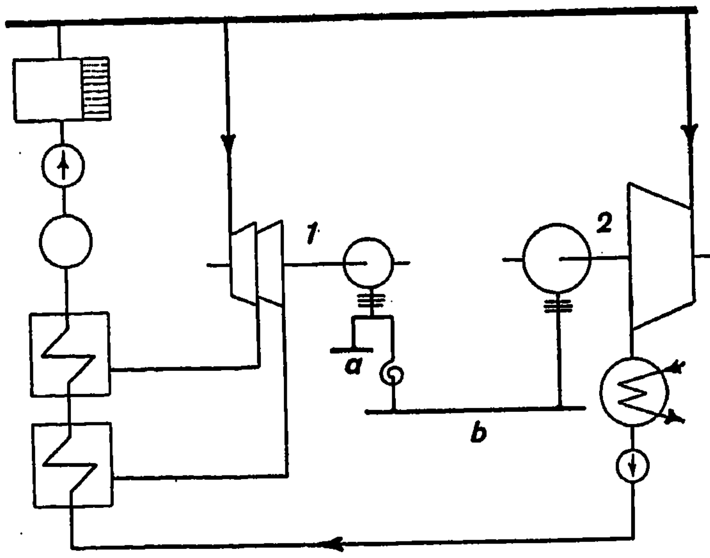



Fig. 2. - Alimentazione dei servizi della centrale coll'energia prodotta da una turbina di preriscaldamento (limitazione per mezzo di reattanza).

1 - turbina con preriscaldamento,
2 - macchina principale,
*a* - rete di servizio,
*b* - » principale.

L'A. indica poi diversi altri schemi che consentono una maggior sicurezza e permettono di rendere la macchina di servizio indipendente dalla rete. Tra questi quello della fig. 3 è particolarmente importante, perchè in esso la macchina di preriscaldamento adempie al preriscaldamento in due stadi, nell'elemento preriscaldante a bassa 1 e in quello ad alta 2. Qui la macchina viene regolata secondo il bisogno dei servizi. Con questo schema è possibile di rendere indipendente la potenza erogata della macchina di preriscaldamento dalla quantità di vapore di condensa pur mantenendo costante la temperatura finale del preriscaldamento.

Per un paragone dei diversi processi di preriscaldamento si

possono prendere in considerazione le curve della fig. 4. La curva 1 dà il rendimento con funzionamento in base alla condensazione dipendente dal carico. La curva 2 dà l'andamento del rendimento con preriscaldamento in due stadî con presa di vapore regolata

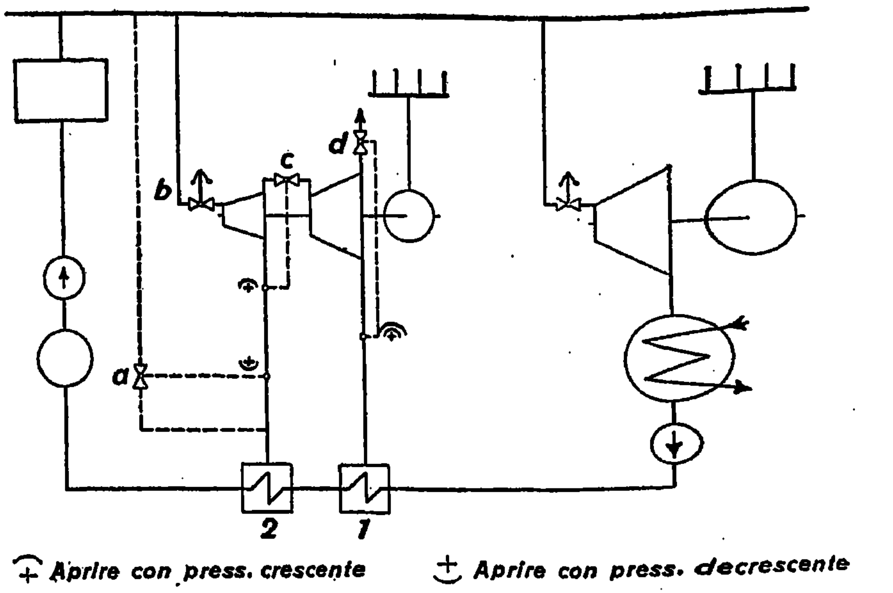



Fig. 3. - Alimentazione dei servizi della centrale coll'energia prodotta da una turbina di preriscaldamento a due stadi (separazione elettrica per mezzo di regolazione del preriscaldamento).

e la curva 3 con presa di vapore non regolata. Per la curva 2 il rendimento termodinamico è alquanto peggiore.

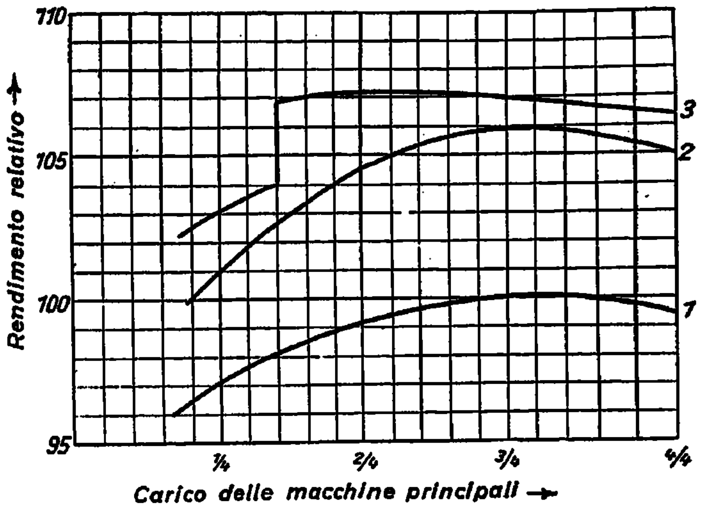



Fig. 4. - Andamento relativo del rendimento in dipendenza del carico: preriscaldamento per mezzo delle macchine principali.

1 - macchina principale di condensazione senza preriscaldamento,
2 - preriscaldamento a due stadî con presa regolata,
3 - preriscaldamento a due stadî con presa non regolata.

L'A. si occupa poi del comportamento del motore elettrico di comando. È in questo caso raccomandabile, per la loro semplicità, l'uso dei motori con rotore in corto circuito, specialmente di quelli a doppia gabbia.

Circa il comando degli ausiliari a vapore, l'A. comincia ad occuparsi del comportamento delle turbine di comando. Qui l'avviamento è molto più semplice che non per i motori elettrici, quantunque richieda un tempo maggiore. La sicurezza del comando singolo è molto elevata, specialmente con turbine

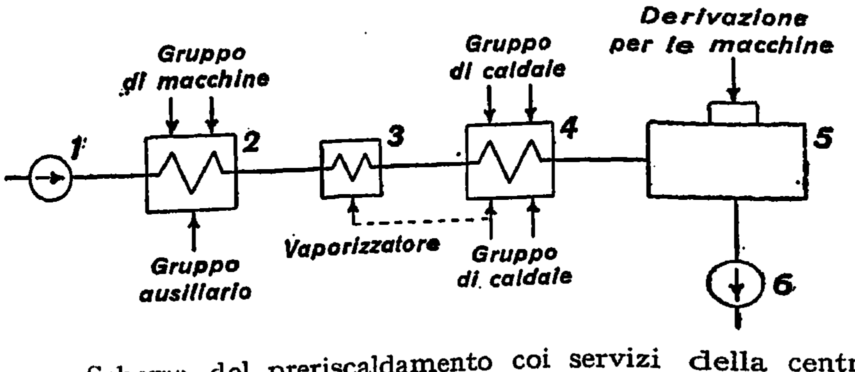



Fig. 5. - Schema del preriscaldamento coi servizi della centrale comandati a vapore. (Gruppo di caldaie prima dell'accumulatore di vapore).

1 - pompe di condensazione,
2 - preriscaldatore di bassa pressione,
3 - condensatore,
4 - preriscaldatore di media pressione,
5 - economizzatore,
6 - pompe di alimentazione.

a reazione, a cagione della loro semplicità di costruzione: inoltre esse presentano il vantaggio di un'estrema facilità di regolazione dei giri. Circa poi la diminuzione della pressione del vapore, che corrisponderebbe pei motori elettrici a una diminuzione della tensione, questo pericolo è molto meno da temere.

L'A. esamina poi come i comandi a vapore si comportano nel complesso del funzionamento della centrale e come si può assicurare lo scarico del vapore. Esclusi lo scarico diretto nell'atmosfera e l'adozione di singoli condensatori, l'A. prende in considerazione l'utilizzazione del vapore di scarico per il preriscaldamento dell'acqua di alimentazione.

L'A. analizza poi più particolarmente quali sono le macchine ausiliarie che si prestano al comando a vapore. Innanzi tutto sono da scartare tutti i comandi di macchine, da cui non dipende strettamente l'andamento del servizio, come i trasportatori di carbone, le grue, ecc. Invece si prestano per il comando a vapore le pompe di alimentazione, le pompe dell'acqua da raffreddamento, le pompe del condensatore, i ventilatori di aspirazione, le griglie, i polverizzatori ecc.

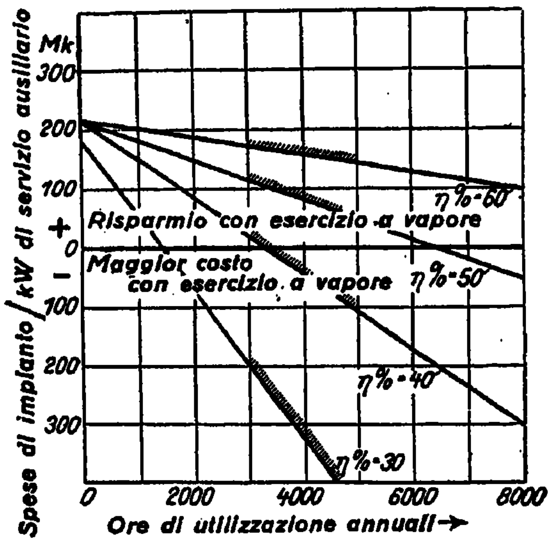



Fig. 6. - Confronto economico fra il comando a vapore e quello elettrico riferito al costo di impianto per kW occorrente ai servizi ($\eta$ % = costante).

Per il funzionamento di queste macchine inserite per contribuire al preriscaldamento si presta lo schema della fig. 5.

L'A. conchiude il suo studio con un confronto circa l'economia di esercizio dei diversi sistemi. I costi di impianto sono di L. 2.500 per kW per il comando elettrico, e di L. 1.750 per kW per il comando a vapore. La fig. 6 stabilisce un confronto economico tra il comando a vapore e quello elettrico in relazione alle ore di utilizzazione annuali: si vede che coll'aumentare delle ore di utilizzazione diminuisce il risparmio e tanto più quanto peggiore è il rendimento della turbina di comando. Ciò a cagione del maggior consumo di calore di cui bisogna tener conto. Di qui si vede che è necessario che le turbine di comando abbiano un elevato rendimento termodinamico Oggidì vengono per altro costruite turbine a reazione da 100 kW con un rendimento del 35 %.

Riassumendo si può dire che la prima condizione della sicurezza dell'esercizio col comando a vapore è perfettamente raggiunta: invece col comando elettrico occorre una apposita turbina di riserva. Circa la ripresa del servizio in caso di guasto, essa viene perfettamente raggiunta col comando a vapore. Così pure la condizione riguardante la possibilità di regolazione e la semplicità di avviamento è perfettamente raggiunta colla turbina a vapore.

Circa poi l'economia dei due sistemi si può dire che per il comando a vapore occorre che si abbia una potenza minima della turbina di servizio intorno ai 100 kW. In complesso si ha allora un risparmio del 2 al 3% sulle spese generali di impianto.

T. S.

---

## L'ENERGIA ELETTRICA RICAVATA DALLE SPAZZATURE (e

*La Science et la Vie*, gennaio 1932. – R. Chenevier.

Si può affermare che a Parigi, dopo circa 30 anni di continue prove ed esperimenti, sia stato soddisfacentemente risolto il problema della distruzione delle spazzature insieme a quello della loro pratica utilizzazione. La metropoli parigina (il comune di Parigi più venti altri comuni costituenti i suoi immediati sobborghi) fornisce annualmente circa 800 000 t di rifiuti i più eterocliti (polvere, cenere, avanzi di legumi, scatole

vuote, ossa, rimasugli di pesci, di pollame, ecc.) la cui composizione in percento varia sensibilmente a seconda delle stagioni come si può rilevare dalle seguenti medie:

| | Primavera | Estate | Autunno | Inverno |
|---|---|---|---|---|
| Materie combustibili .... | 62,09 | 72,69 | 62,09 | 57,49 |
| Materie incombustibili ... | 28,05 | 16,93 | 28,05 | 35,84 |
| Metalli, vetro, ecc. ...... | 9,86 | 10,38 | 9,86 | 7,67 |

Tali cifre sono per spazzatura secca. In estate abbondano gli avanzi di legumi, mentre nell'inverno cresce la proporzione di ceneri, dalle stufe e dai focolari. Varia pertanto stagionalmente anche il peso specifico ed il potere calorifico della spazzatura, considerata al momento del carico sui carri di raccolta, come appare dalla tabella seguente:

| | | Media annua | Inverno | Estate |
|---|---|---|---|---|
| Densità apparente in ...... | kg/mc | 335 | 416 | 313 |
| Potere calorifico in ....... | Cal/kg | 1860 | 2240 | 1480 |
| Scoria di rifiuti inceneriti in | ‰ | 39 | 43 | 34 |

Altra caratteristica delle spazzature è quella di contenere una rilevante quantità di umidità, estremamente variabile a seconda delle circostanze; questo fatto, nei primordi, ha costituito un serio ostacolo per il raggiungimento dello scopo prefisso.

A Parigi, con circa 100 mila case e 4 milioni di abitanti, si hanno, come si è detto, da sgomberare circa 800 000 t annue di spazzatura. Questa, a partire dalle 6 e 30' del mattino, viene ritirata dalle case a cura di cenciaiuoli che hanno l'obbligo di raccoglierla e portarla in strada entro secchi regolamentari di lamiera della capacità di 25, 50 o 75 litri; in compenso di questo lavoro essi possono cernere, nel tempo in cui aspettano il carro raccoglitore, tutto ciò che può essere per loro di qualche valore. La raccolta viene fatta per mezzo di autocarri, con cassone di lamiera chiuso, che passano secondo un itinerario ed un orario opportunamente determinato e prestabilito e vuotano tutti i sacchi preparati dagli immondezzai e li lasciano vuoti sul marciapiede; i cenciaiuoli pensano poi a riportarli nelle varie case. Ogni autocarro facendo la raccolta dalle 7 alle 9 fa il servizio in media per 130 case, vuotando circa 150 secchi. Le spazzature così raccolte ogni mattina nella metropoli parigina vengono dirette a quattro stabilimenti posti alla periferia, muniti ognuno di un ampio piazzale situato lateralmente allo stabilimento e fornito di una o due fosse da 10 metri per 60 metri circa; lungo l'orlo di queste fosse vengono a fermarsi i carri raccoglitori che, essendo a bilico, si vuotano in un sol colpo. La spazzatura viene così ad essere ammassata alla rinfusa in mucchi da 400 a 3000 mc a seconda dell'importanza dello stabilimento. Nelle officine costruite prima del 1922 vi è un nastro trasportatore, inferiormente alla fossa, che prende i rifiuti e li trasporta via; negli impianti più moderni invece essi vengono estratti dalle fosse per mezzo di benne manovrate con gru a ponte, che poi li scaricano su nastri trasportatori. In tutto vi sono oggi sei fosse con nastro trasportatore inferiore e dodici gru a ponte con benne, per una capacità totale di 7700 mc giornalieri pari a circa 3000 tonn di rifiuti. Durante il trasporto sul nastro viene operata una separazione magnetica di tutti i pezzi di ferro e simili. Al giorno d'oggi, del quantitativo di rifiuti raccolti annualmente, solo il 65,3 % viene incenerito, mentre il 17,9 % viene venduto agli agricoltori dopo una frantumazione ed una cernita sommaria, il 16,5 % viene pure venduto agli agricoltori come concime, ma sotto forma di polvere, e il 0,4 % viene ancora gettato agli scarichi.

La parte ridotta in polvere passa prima da un impianto di triturazione e poi da due serie di vagli, più grossi e più fini; gli impianti, che contengono 6 frantumatori per complessive 120 t/ora e 15 vagli, non presentano novità tecniche degne di nota.

La parte che deve essere abbruciata, arriva a mezzo dei nastri trasportatori in una grande sala dove la spazzatura viene versata nei vagonetti di una teleferica a catena senza fine, a movimento elettrico automatico, cosicchè è necessaria la presenza di un solo operaio nella sala. La carica dei vagonetti ha luogo lungo uno dei lati maggiori della sala, mentre sopra uno dei lati minori avviene la carica dei forni che, all'altezza dei vagonetti presentano un'apertura per la carica; al loro passaggio i vagonetti rovesciano nel forno quello che hanno trasportato; ogni forno essendo servito da determinati vagonetti, la carica dei forni avviene in modo del tutto automatico. La spazzatura gettata così nel forno non raggiunge immediatamente la camera di combustione ma passa prima in quella di essiccamento dove, lambita dal fumo e dai gas caldi residui, perde la sua umidità evitando un inutile dispendio di calore utile. Una volta avvenuto l'essiccamento l'immondezza raggiunge la camera di combustione dove abbrucia senza che occorra l'ausilio di alcun combustibile estraneo; solo con i forni uniti di questo essiccamento preventivo è stato possibile ottenere l'autocombustione. Di tali forni ne sono stati escogitati e provati di numerosi tipi, ma quelli prescelti, dopo anni di esperimenti, sono i forni Boussange, che sono suddivisi in celle unitarie e nei quali ciascuna cella permette la incenerazione di una t di rifiuti all'ora. Attualmente sono installate 78 celle Boussange, 42 celle Brichot ed altre 30 di modelli diversi. Le caldaie sono generalmente del tipo Niclausse. Nella officina di Issy-Les-Molineaux, la più moderna, le 150 celle sono capaci di abbruciare 128 tonn di rifiuti all'ora producendo ogni ora 234 tonn di vapore e questo, mediante i turbo alternatori, fornisce 47 350 kW. Dopo sole due o tre ore dalla raccolta nelle strade l'immondezza è così in grado di generare dell'energia elettrica!

Con le 524 000 t circa di immondezze che vengono abbruciate ciascun anno si producono in tal modo circa 190 milioni di kWh annui, in ragione cioè di circa 370 kWh per ogni t di spazzatura; siccome in totale il macchinario istallato ha una potenza di 80 000 kW, l'impianto viene ad avere una utilizzazione di circa 2400 ore annue rispetto alla potenza istallata e di circa 4000 ore annue rispetto alla potenza massima generata di 47 350 kW.

Dai forni si estraggono, ancora rosse, le scorie in ragione, come si è visto, di 40 grammi per ogni kg di spazzatura abbruciata e cioè per oltre 20 000 t annue. Queste scorie vengono prima portate all'esterno affinchè si raffreddino e poi polverizzate; sono quindi stemperate con acqua e impastate e formate, mediante apposite presse, in mattonelle che vengono passate all'autoclave e rese così pronte per essere usate come ottimo e ricercato materiale da costruzione.

f. f.

---

## L'INFLUENZA DEL DIAGRAMMA DI CARICO SUL COSTO D'ESERCIZIO DI UN MOTORE ELETTRICO

*Elektrotechnik und Maschinenbau*, N. 37, 13 settembre 1931. I. Grabscheid - K. Pingitzer.

Il costo di esercizio di un motore elettrico è influenzato, oltre che dalle sue caratteristiche, anche dal diagramma di carico. Per un determinato motore, a parità di utilizzazione ideale del carico massimo, si possono ottenere valori sensibilmente diversi del costo di esercizio della macchina. Noto, infatti, il costo dell'energia riferito al kWh a monte del motore. il costo specifico all'asse del motore risulta dal quoziente di esso per il rendimento $\eta$. Si avrà il costo specifico minimo in corrispondenza di quel carico cui corrisponde il massimo rendimento. Poichè ogni motore possiede una caratteristica che esprime il rendimento $\eta$ in funzione del carico, sarà pure facilmente deducibile l'altra curva che esprime il costo specifico $p$ dell'energia, misurata all'albero del motore, in funzione del carico stesso (fig. 1).

Il costo medio di esercizio del motore, nell'intervallo di tempo $t_\beta$ si potrà dedurre dalla relazione

$$p_m = \frac{1}{t_\beta}\int_0^{t_\beta} p \, dt$$

Ora, poichè, per ogni motore sono note le caratteristiche:

$$L = \varphi\,(t)$$
$$p = f\,(L)$$

si otterrà

$$p_m = \frac{1}{t_\beta}\int_0^{t_\beta} f\,[\varphi\,(t)]\; dt$$

Risulta pertanto ovvio che $p_m$, a parità di energia erogata e di carico massimo, ossia per

$$\frac{1}{L_{max}}\int_0^{t_\beta} L\, dt = \text{cost}$$

dipende anche dalla forma del diagramma $L = \varphi\,(t)$

La determinazione di $p_m$ resta semplificata se, con un piccolo numero di parametri, $p$ può essere espresso in funzione del carico $L$. Notando (fig. 1) che la funzione $p = f\,(L)$ è rappresentata da una curva con andamento parabolico in prossimità del punto corrispondente al carico massimo e da un ramo avente per asintoto l'asse delle ordinate, si potrà ottenere $p$ con sui

ficiente approssimazione mediante una funzione razionale del tipo

$$p = a_{-1}\, L^{-1} + a_0 + a_1 L + a_2\, L^2$$

dove i coefficienti $a_{-1}$, $a_0$, $a_1$, $a_2$ potranno essere ricavati col metodo dei minimi quadrati.

Si ottiene:

$$p_m = \frac{1}{t_\beta}\int_0^{t_\beta} (a_{-1}\, L^{-1} + a_0 + a_1 L + a_2 L^2)\, dt$$

ossia

$$p_m = \frac{a_{-1}}{t_\beta}\int_0^{t_\beta} \frac{dt}{\varphi(t)} + a_0 + \frac{a_1}{t_\beta}\int_0^{t_\beta} \varphi(t)\, dt + \frac{a_2}{t_\beta}\int_0^{t_\beta} \varphi^2(t)\, dt$$

ed indicando con

$$L_m = \frac{1}{t_\beta}\int_0^{t_\beta} \varphi\ (t)\ dt = \text{carico medio}$$

$$L_h = \frac{1}{\dfrac{1}{t_\beta}\displaystyle\int_0^{t_\beta} \frac{dt}{\varphi(t)}} = \text{carico medio armonico}$$

$$L^2_q = \frac{1}{t_\beta}\int_0^{t_\beta} \varphi^2\ (t)\ dt = \text{carico medio quadratico}$$

si ha

$$p_m = a_{-1}\, L_h^{-1} + a_0 + a_1\, L_m + a_2\, L^2_q$$

I valori di $L_h^{-1}$, $L_m$ ed $L^2_q$ si possono dedurre facilmente dal diagramma di carico del motore; in funzione di tali valori la determinazione di $p_m$ è immediata.

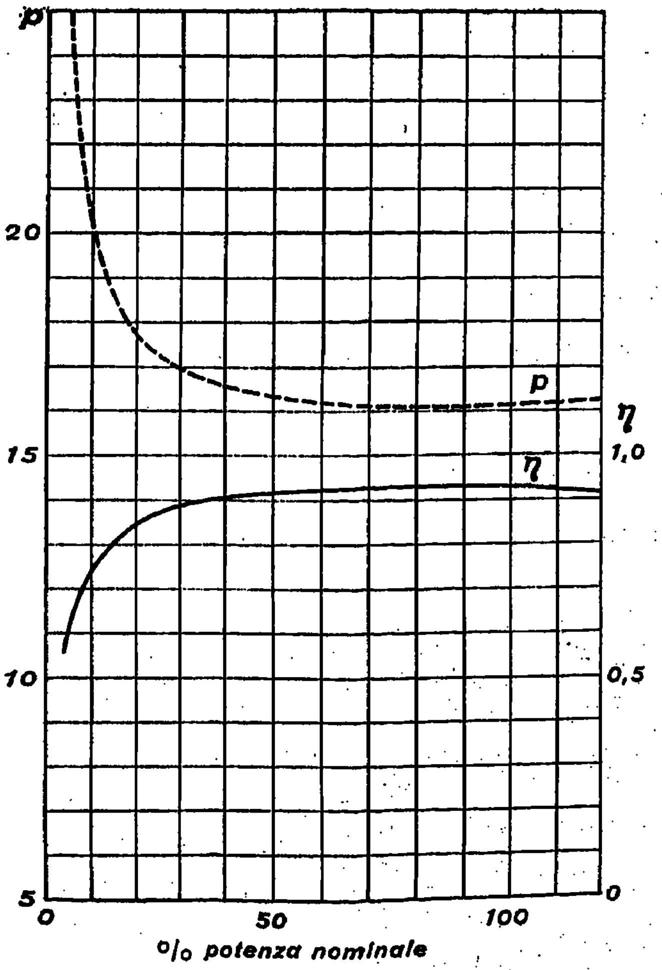



Fig. 1. - Rendimento e costo specifico (in corone/100).

Per dedurre il costo totale di esercizio $K$, al valore di $p_m$ dedotto dianzi è necessario aggiungere il contributo delle spese fisse (interesse ammortamento e manutenzione), inversamente proporzionale al carico medio. Il costo specifico totale sarà quindi:

$$K = k\, L_m^{-1} + a_{-1}\, L_h^{-1} + a_0 + a_1 L_m + a_2 L^2_q$$

L'A. dimostra, con un esempio pratico, che il calcolo di $K$ non presenta difficoltà. È possibile arrivare ad un notevole grado di semplificazione con l'impiego di appositi nomogrammi rettilinei con sostegni graduabili molto semplicemente.

Sulla scorta del metodo esposto, è possibile dedurre per tutti i motori di un impianto il costo specifico $p_{mi}$ d'esercizio; il costo specifico medio di tutto l'impianto si potrà ricavare come media pesata, assumendo come pesi i valori $A_i$ dell'energia assorbita, in kWh:

$$p_m = \frac{\Sigma\, p_{mi}\, A_i}{\Sigma\, A_i}$$

d. m.

---

## REGOLO CIRCOLARE PER IL CALCOLO RAPIDO DELLA SEZIONE DEI CONDUTTORI ELETTRICI

*L'Electricien*, N. 1516, 1931. – R. Valensi.

Trattasi di un comune regolo circolare in cui le scale, a partire dal cerchio più grande (v. fig. 1), riportano i valori delle seguenti grandezze: tensione in V, scala da 100 a 300 000 V; potenza da trasmettere in kW, da 1 a 100 000 kW; sezione del conduttore, di rame o d'alluminio, da 1 a 1000 mmq; viene poi la scala relativa alle lunghezze delle linee, da 0,1 a 1000 km, e al cos φ, da 0,1 a 1; infine una scala fissa rispetto al disco grande, relativa alla perdita di potenza consentita, espressa in %.

Indicando con:

- $W$ la potenza da trasportare dalla linea trifase in kW,
- $w$ la perdita di potenza ammessa in kW,
- $I$ la intensità della corrente nei conduttori in A,
- $V$ la tensione all'arrivo in V
- cos φ il fattore di potenza all'arrivo,
- $R$ la resistenza totale di un conduttore in Ω
- $s$ la sezione del conduttore in mmq,
- $L$ la lunghezza della linea in km,
- $p$ la perdita di potenza ammessa in %,
- $\rho$ la resistività del metallo del conduttore in μΩ /cm,

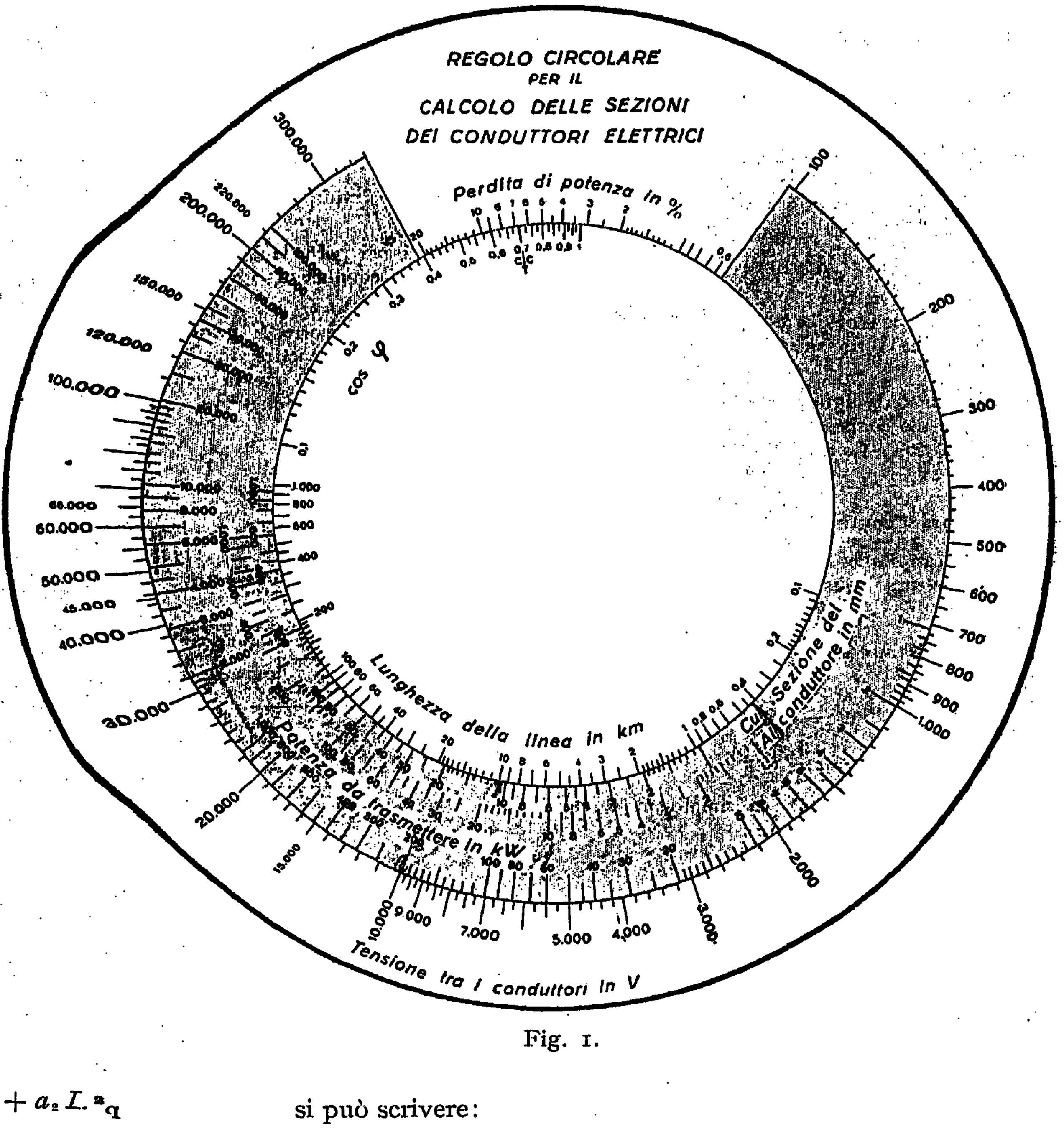



Fig. 1.

si può scrivere:

$$w = \frac{p}{100} W \qquad \text{e } 10^3\, w = 3\, RI^2, \text{ da cui}$$

$$R = \frac{10^3 w}{3 I^2} = \frac{10 p W}{3 I^2} \qquad (1)$$

In base alle unità di misura a cui ci siamo riferiti, è:

$$10^3 W = \sqrt{3}\, V I \cos\varphi \quad \text{da cui} \quad I = \frac{10^3 W}{\sqrt{3}\, V \cos\varphi} \qquad (2)$$

ed inoltre

$$R = \rho \frac{10^3 L}{S} 10^{-2} = 10 \frac{\rho L}{s}$$

da cui, in base alle (1) e (2), si ha:

$$s = 10\, \rho \frac{L}{R} = 3{,}10.\rho \frac{L I^2}{10 p W} =$$

$$= 3 \rho \frac{L W^2}{3 V^2 \cos^2\varphi\, p W} 10^6 =$$

$$= \rho \frac{L W}{p V^2 \cos^2\varphi} 10^6 \qquad (3)$$

La potenza $10^6$ scompare dalla formola (3) esprimendo $L$ in m e $W$ in Watt.

Per una linea a c. c. a due conduttori si ha

$$10^3 w = 2 R I^2$$

quindi

$$R = \frac{10^3 w}{2 I^2} = \frac{10 p W}{2 I^2} \qquad (4)$$

e

$$10^3 W = V I ; \qquad (5)$$

vale ancora la

$$s = \rho \frac{L}{R} 10$$

che trasformata, in base alle (4) e (5), dà:

$$s = \rho \frac{L W}{p V^2 (\sqrt{1/2})^2} 10^6 \qquad (6)$$

Dal confronto della (6) colla (3) risulta che il regolo può servire anche per il calcolo dei conduttori di linee a c. c., tenendo per queste un valore fisso del $\cos\varphi$, dato da $\sqrt{1/2} = 0{,}707$ e segnato con *CC* sul regolo.

Per linee a c. a. monofasi, vale la formula seguente:

$$s = 2 \rho \frac{L W}{p V^2 \cos^2\varphi} 10^6$$

cioè la sezione dei conduttori di una linea monofase è doppia di quella dei conduttori di una linea trifase, quando si hanno uguali la potenza da trasportare, la distanza da percorrere, la tensione, la perdita ammessa, il fattore di potenza e il metallo del conduttore.

Per conoscere l'uso del regolo bisogna riferirsi al caso considerato nella fig. 1:

| | | |
|---|---|---|
| potenza da trasmettere ..... | kW | 200 |
| tensione tra i conduttori.... | kV | 10 |
| lunghezza della linea ....... | km | 10 |
| perdita linea in potenza .... | % | 5 |
| fattore di potenza all'arrivo .$\cos\varphi$ | = | 0,8 |

Si fanno corrispondere sui cerchi maggiori la tensione e la potenza da trasmettere (questo è già fatto sulla figura), quindi i valori del $\cos\varphi$ e quello in % della perdita ammessa (nella figura $\cos\varphi = 0{,}8$ corrisponde a $p = 5$ %) e si legge quindi la sezione del conduttore in corrispondenza del valore della lunghezza della linea.

Oltre alla scala che dà le sezioni per conduttori in rame, si ha quella che dà le sezioni per conduttori in alluminio, posta vicino alla prima.

f. j.

# Pubblicazioni

*DI TUTTE LE PUBBLICAZIONI INVIATE ALLA RIVISTA IN DOPPIO ESEMPLARE VERRÀ FATTO UN CENNO BIBLIOGRAFICO.*

O. F. FRONTINI: *Calcolo di una diga in cemento armato.* 1 vol. in 8° di 47 pag. con XV tavole fuori testo. Editore: Lavagnolo, Torino, 1930. Prezzo L. 20.

Premesse alcune sommarie considerazioni sui criteri di impostazione di un progetto di utilizzazione idroelettrica, l'A. svolge particolareggiatamente un esempio di progetto e di calcolo di una modesta diga di ritenuta in cemento armato a parete piana con contrafforti.

Nel calcolo l'A. tiene conto anche dell'urto di eventuali corpi galleggianti trasportati dalla corrente, partendo dall'eguaglianza (riferita all'esempio di un tronco d'albero):

forza viva del tronco = lavoro di deformazione del medesimo =
= deformazione × forza d'urto.

Il libro non ha pretese speciali; tuttavia può servire di guida a chi voglia introdursi nello studio e nel progetto di opere del genere considerato.

***

ING. GUIDO SCHIPANI: *Le ampolle elettroniche.* Ediz. Hoepli. Milano. L. 20.

Al rapido diffondersi della radio, numerose sono state le pubblicazioni che hanno trattato questa nuova tecnica, ma in nessuna di esse, pur pregevoli, si trova ampiamente svolto il tema delle valvole termoioniche, le quali indubbiamente sono l'organo principale e più delicato, il cuore di ogni apparecchio, tanto che basta alle volte sostituirne una sola per compromettere i risultati della ricezione.

L'Ing. Schipani con la sua bella pubblicazione a cura dell'Hoepli viene a colmare questa lacuna, trattando nel modo più piano e facile possibile onde riesca accessibile anche a chi non ha molta familiarità con la radio, tutti i tipi di valvole termoioniche nel loro aspetto più lato, soffermandosi sull'alimentazione in alternata, sulle valvole schermate e sui pentodi, cioè sulla più recente tecnica radiofonica. Di ogni tipo si hanno nozioni utilissime e indispensabili a coloro che si occupano di radio, in modo che questi, dal migliore studio delle caratteristiche delle valvole, possano avere il massimo rendimento.

A questa completa trattazione sulle valvole, l'A. ha aggiunto una parte dedicata interamente alla cellula fotoelettrica, le cui vaste applicazioni pratiche incominciano ora a diffondersi nei più diversi rami: dall'industria del film sonoro alla televisione, dalla funzione protettiva contro il furto in edifici e banche, alla registrazione del passaggio di stelle al meridiano o di corridori al traguardo, dall'apertura automatica di porte, alla protezione di operai vicini a parti di macchine pericolose, o di veicoli nei passaggi a livello non guardati, ecc. Un'applicazione interessante per le società distributrici di energia elettrica è quella delle installazioni per l'inserzione e la disinserzione automatica della luce stradale, manovra che fatta oggi a mezzo di orologi, presenta vari svantaggi, specialmente in alcune giornate nelle quali l'oscurità viene prima o dopo dell'ora media stabilita dall'orologio automatico; invece mediante la cellula fotoelettrica si può costruire un apparecchio che agisca come relais per l'accensione o lo spegnimento quando la luce abbia raggiunto un certo valore limite stabilito.

Nella terza parte del libro, in un breve capitolo, è trattata la lampada a luminescenza catodica (lampada al neon) che di recente è stata applicata in televisione, in concorrenza con la cellula.

***

*La filovia ed il servizio tranviario di Vicenza.* Estratto dall'« Economia Nazionale », Milano 1931.

Gli impianti filoviali non hanno ancora avuto in Italia gli sviluppi che hanno trovato altrove. Solo da alcuni anni si è manifestato per essi un certo interessamento. La filovia urbana di Vicenza merita uno speciale interessamento in quanto è il primo impianto moderno costruito in Italia: esso venne progettato e costruito in sostituzione di un impianto tranviario eseguito circa vent'anni addietro, il quale non corrispondeva più alle esigenze del traffico. Il nuovo servizio venne attuato nel suo definitivo programma nel 1928 e fu seguito nel 1931

dalla filovia suburbana Ponte del Gatto-Cavoretto a Torino e da quello Desenzano Ferrovie Stato e Desenzano Lago, del quale la nostra Rivista ebbe occasione di occuparsi.

Il servizio filoviario di Vicenza, attuato su due linee di 4,5 km, rappresenta oggi il servizio per trasporti più importante d'Italia e l'unico urbano con caratteri di traffico continuativo.

Esso — e ciò è degno di nota — si è avvalso solo del contributo dell'industria nazionale. Dopo tre anni di funzionamento — da quanto si rileva da questa pubblicazione — ha dato modo di stabilire queste risultanze: un miglioramento sensibile rispetto al servizio tranviario sulla linea principale, con un notevole aumento della velocità commerciale da 11 a 15 km all'ora e con un miglioramento della frequenza da 8 a 6. Il costo chilometrico poi si ridusse del 20 % e più rispetto al servizio tranviario.

***

*I riscaldatori d'acqua elettrici ad accumulazione.* Quaderno N. 2. Edizione 1932, a cura della Soc. An. Sviluppo Propaganda Elettroapplicazioni e Similari. Torino. L. 10.

Alla multiforme attività propagandistica per la diffusione delle elettroapplicazioni, la S.P.E.S. aggiunge ora la pubblicazione di una serie di opuscoli.

Con una elegante veste è stato dato di recente alla luce il quaderno N. 2 sui riscaldatori d'acqua elettrici ad accumulazione, apparecchi che vanno sempre più diffondendosi in Italia, sia per gli innumerevoli vantaggi di comodità, di pulizia e di igiene che offrono, sia per le minime potenze impegnate che non obbligano a modificare gli impianti esistenti, sia per l'ottima utilizzazione che permette alle Società distributrici di elettricità di fornire l'energia a prezzi ridottissimi.

Purtroppo si sono dovuti lamentare alcuni inconvenienti causati dagli scaldacqua elettrici, ma essi sono imputabili esclusivamente alla qualità scadente del materiale impiegato, alla poco conoscenza degli apparecchi, e, in principal modo, alla loro cattiva ed errata installazione.

È quindi lodevole l'iniziativa dell'Ing. Pittaluga, Direttore della S.P.E.S., di pubblicare ad uso degli installatori idraulici, ed elettricisti questo opuscolo nel quale in poche pagine, arricchite di nitide fotografie d'impianti funzionanti in Torino, sono passati in rassegna tutti i migliori tipi di riscaldatori elettrici d'acqua, di fabbricazione nazionale ed estera, attualmente sul mercato italiano, dando il massimo rilievo ai principali interruttori automatici della corrente, accessori importantissimi per la sicurezza di esercizio e per il consumo di energia.

E non vengono trascurati tutti quegli elementi ed accorgimenti che servono a mettere in grado sia l'elettricista come l'idraulico di dare al cliente un impianto perfetto.

Il quaderno N. 1 sugli impianti elettrici nella casa è già in preparazione; attendiamo presto anche gli altri già annunciati sulla cucina per famiglia e per alberghi, sul riscaldamento degli ambienti e del terreno, sull'illuminazione delle vetrine, dei negozi, e dell'industria, sui frigoriferi domestici e sull'elettricità nelle lavanderie.

***

*L'energia elettrica nella produzione dell'olio e del vino.* Quaderno N. 1, Napoli, 1931-IX. L. 2,00.

È questo la prima pubblicazione della Collezione Elettro-agricola edita dalla Sezione Elettro-agraria costituita dalla Società Meridionale di Elettricità con sede in Napoli.

Assai utile e felice si palesa questa iniziativa che serve a diffondere sempre più la conoscenza degli impieghi dell'energia elettrica in agricoltura.

L'opuscolo è diviso in due parti: nella prima tratta della produzione dell'olio, nella seconda quella del vino; esso è ricco delle notizie e dei dati più importanti di produzione e commercio, di coltivazione e di lavorazione, con un opportuno confronto fra i costi di lavorazione dei prodotti con i mezzi elettrici e con quelli ancora normalmente usati nelle campagne.

Le illustrazioni sono copiose e belle, e traggono quanto di più moderno esiste in Italia intorno al macchinario per la lavorazione dell'olio e del vino.

La collana di pubblicazioni che va sotto la voce *Quaderni* è diretta da un tecnico specialista, l'ing. Casini; al primo quaderno faranno seguito altri sulla lavorazione delle piante erbacee (trebbiatura, pressatura, ecc.), sull'irrigazione, sulla lavorazione dei terreni, sulla stalla elettrificata, sulle applicazioni aziendali, sulla luce ed usi domestici in campagna.

# Libri ricevuti

GUIDO UCELLI: *Della necessità di formare una coscienza scientifico-tecnica nel Paese.* - XX Riunione della Società Italiana per il progresso delle Scienze. - Milano Settembre 1931-IX.

***

*Annuario del R. Istituto Superiore di Scienze Economiche e Commerciali di Venezia per l'anno Accademico* 1930-1931 - *LXIII dalla Fondazione.* - Libreria Emiliana Editrice. Venezia 1931-IX.

***

CONSIGLIO DELL'ECONOMIA CORPORATIVA DELLA PROVINCIA DI SASSARI - Ufficio Provinciale di Statistica. - *Economia e Popolazione della Sardegna Settentrionale,* per il Dr. Gavino Alivia. Premiata Linotypografia G. Gallizzi, Sassari 1931. - È un interessantissima relazione sulle condizioni economiche e demografiche della provincia di Sassari nel triennio 1928-30.

La documentazione statistica e la trattazione dei principali problemi che riguardano l'ambiente fisico, la popolazione, l'agricoltura, le industrie, i commerci, le comunicazioni e il credito sono certamente di notevole ausilio per chi vuole approfondire le proprie conoscenze sull'economia isolana.

***

UFFICIO INTERNAZIONALE DEL LAVORO: *Dieci anni d'organizzazione internazionale del lavoro.* - Pref. di Alberto Thomas. Editore: Casa Editrice Aracue - Milano 1931. L. 20.

Questo volume è una viva documentazione e una esposizione precisa delle condizioni in cui è maturata nel mondo la vita sociale di questi ultimi anni.

Parla del modo con cui è sorta l'Organizzazione Internazionale del Lavoro, della struttura giuridica, delle premesse economiche e dei riflessi politici; dei risultati raggiunti finora, degli obbiettivi da raggiungere. Precede una viva sintetica prefazione di Alberto Thomas, direttore del B.I.T., uomo che ha vissuto giorno per giorno la storia delle provvidenze sociali di questo trentennio e che è stato uno dei principali attori del movimento dell'ultimo decennio.

# Notiziario

### LA PROGETTATA RETE EUROPEA E GLI INDUSTRIALI BELGI

È nota la proposta di costruire una grande rete a 400 kV allacciante i principali centri di produzione e di consumo dell'energia elettrica in Europa, presentata al Congresso di Berlino della W.P.C. nel 1930 dall'Ing. Oscar Oliven.

La proposta ha sollevato serie discussioni. In proposito rammentiamo quanto ebbe a dire l'On. Motta, Presidente dell'UNFIEL, nella conferenza « Acqua, carbone, elettricità » tenuta nell'ottobre scorso a Milano al Congresso della Società pel Progresso delle Scienze.

Nell'ultimo Bollettino trimestrale (dicembre 1931) dell'« Union des exploitations électriques en Belgique » la questione è largamente trattata ed il progetto Oliven ampiamente discusso.

Lo scrittore, premesse alcune considerazioni che mettono in forte dubbio la praticità del progetto, deplora che il Governo Belga, senza consultare nè gli organismi interessati del proprio paese nè i competenti in materia, abbia preso l'iniziativa di appoggiare presso la Società delle Nazioni il progetto stesso, proponendo che una Commissione ginevrina se ne occupasse e stabilisse una specie di codice internazionale degli scambi di energia e dell'elettrodotto. Egli ritiene che gli organi dell'Istituto ginevrino siano completamente incompetenti a giudicare di cose di questo genere, tanto più che esse sono ancora in via di evoluzione. Egli afferma che nel mondo industriale belga l'azione del Governo produsse una « reale stupefazione », e che appena avutane notizia i delegati delle Associazioni industriali si radunarono, sotto gli auspici del Comitato centrale industriale belga, segnalando al Governo che in ogni modo gli studi della Società delle Nazioni non potevano sortire dall'ambito amministrativo.

La Commissione ginevrina se la cavò rilevando l'imprecisione della proposta del Governo Belga, e la necessità di precisare meglio le sue idee. Il Governo Belga ha risposto chiedendo che venga fatto uno studio comparato delle statistiche esistenti e delle diverse proposte di una rete europea: proponendo anche uno studio sul regime dell'energia elettrica nei vari paesi. Il tutto al fine non solo di regolare gli scambi internazionali dell'energia, ma anche di creare una specie di ufficio centrale per lo studio degli impianti da eseguire in futuro, affiancato da un organo finanziario destinato a procurare i capitali occorrenti alla loro esecuzione.

L'autore ritiene che la risposta del Governo Belga non desterà minor stupore della primitiva proposta: e riferisce che essa ha sollevato nel Belgio le più vive proteste, e che fu avanzata al solito senza che gli organi competenti ed interessati ne avessero notizia.

Lo scrittore passa a criticare il progetto Oliven dal punto di vista tecnico, servendosi degli stessi argomenti già esposti dall'On. Motta nella conferenza citata, che egli stesso riporta, sottolineandoli, a conforto della propria tesi. E mette in evidenza che l'esecuzione del progetto Oliven porterebbe il controllo di tutta l'industria elettrica europea nel centro della rete proposta (cioè in Germania). E mette in guardia i suoi concittadini delle conseguenze di questo fatto, che per il Belgio equivarrebbe all'abbandono parziale della propria sovranità. E conclude rilevando che la rete europea non è *nè interessante nè desiderabile* pel Belgio, ammonendo anche il suo Governo a guardarsi da nuovi passi del genere, fatti senza previo accordo cogli ambienti competenti. Augura infine che la Società delle Nazioni limiti la sua opera a cercar di raggiungere il solo risultato utile che essa possa sperar di ottenere: la libertà degli scambi internazionali dell'energia elettrica.

Da informazioni ulteriori ci risulta che anche il « Comité permanent d'électricité » belga ha preso una deliberazione analoga.

b)

## LA FONDAZIONE CARLO ESTERLE

La Fondazione « Carlo Esterle » ha bandito il suo nuovo Concorso al premio triennale Carlo Esterle di L. 100 000 destinato all'Italiano o agli Italiani che, durante il triennio, si siano dimostrati più benemeriti del progresso scientifico o pratico nel campo dell'elettricità e delle sue applicazioni in Italia. Tale premio può anche essere assegnato ad Enti morali, Scuole, Laboratori tecnico-scientifici, Istituti di alta coltura, Società commerciali, Comitati ed Associazioni.

Il Concorso scade entro il 31 dicembre 1932 e le domande devono essere indirizzate al Consiglio Direttivo della Fondazione Politecnica Italiana (Milano - Foro Bonaparte, 31) in carta semplice in sette esemplari, corredate di tutti gli scritti e documenti atti ad illustrarla, ciascuno pure in sette esemplari.

La Commissione per l'assegnazione del premio è composta di sette membri, designati dai seguenti enti: RR. Scuole d'Ingegneria di Milano, Torino e Roma, A.E.I., UNFIEL, Fondazione Politecnica Italiana e Società Edison.

c)

## LA FONDAZIONE POLITECNICA ITALIANA

La Fondazione Politecnica Italiana bandisce il nuovo Concorso al Premio triennale « Giuseppe Colombo » di L. 50 000 destinato all'Italiano o agli Italiani o a quell'Istituto od Ente che durante il triennio si siano dimostrati più benemeriti del progresso scientifico o pratico nel campo dell'Ingegneria in genere.

Coloro che intendono concorrere al premio devono far pervenire entro il 31 dicembre 1932 al Consiglio Direttivo della Fondazione Italiana (Milano, Foro Bonaparte, 31) domanda in carta semplice in cinque esemplari, corredata di tutti gli scritti e documenti atti ad illustrarla, ciascuno pure in cinque esemplari.

La Commissione per l'assegnazione del premio è composta di cinque membri, designati dalla R. Scuola d'Ingegneria di Milano, dalla Fondazione Politecnica Italiana, dal R. Istituto Lombardo di Scienze e Lettere, dal Credito Italiano e dalla Società Edison.

Il giudizio della Commissione deve essere pronunciato e comunicato al Consiglio della Fondazione Politecnica Italiana non oltre il 30 settembre 1933.

## CORSI ALLA "SCUOLA DI SPECIALIZZAZIONE PER INGEGNERI ELETTRICISTI„ (d

Il 1° febbraio p. v. inizierà il suo quarto anno di vita, presso la R. Scuola di Ingegneria di Milano, la « Scuola di Specializzazione per Ingegneri elettricisti » inaugurata nel 1929 con l'appoggio della Fondazione Politecnica.

Il Corso durerà fino a tutto dicembre coll'interruzione dei tre mesi estivi, di modo che gli allievi regolari passeranno otto mesi in laboratorio, occupandosi prevalentemente di ricerche e di esperienze.

Fra gli insegnamenti orali figureranno anche corsi monografici affidati a specialisti di chiara fama.

## IL PREMIO "AUGUSTO RIGHI„ CONFERITO AL PROF. FRANCO RASETTI (e

In questo mese ha avuto luogo un'adunanza plenaria della R. Accademia delle Scienze, sotto la presidenza di S. E. il Sen. Prof. Luigi Rava, nella quale è stato conferito solennemente per la prima volta il premio internazionale delle scienze fisiche intitolato ad Augusto Righi, premio triennale di L. 8000, istituito sul fondo destinato dal Comitato per le onoranze all'illustre fisico. Il premio è stato assegnato al Prof. Franco Rasetti, dell'Università di Roma.

All'illustre nostro Collaboratore le più vive congratulazioni.

## APPLICAZIONE DEI RAGGI ROENTGEN NELL'AGRICOLTURA (f

La stampa sovietica informa che gli esperimenti iniziati l'anno scorso dal Prof. Shnisky dell'Accademia Agricola di Mosca per ottenere un migliore raccolto e una più precoce maturazione degli ortaggi mediante l'esposizione dei semi ai raggi Roentgen, hanno dato buoni risultati. I semi di cavoli e di cetriuoli così trattati avrebbero dato un raccolto quasi due volte superiore a quello usuale ed il periodo di maturazione dei frutti risulterebbe abbreviato da 5 a 10 giorni.

I costi connessi alla roentgenizzazione dei semi non supererebbero due rubli per ettaro.

## IL CONGRESSO INTERNAZIONALE DI RABDOMANZIA E GEOFISICA (g

Il 1° Congresso Internazionale di Rabdomanzia e Geofisica si terrà a Verona nel prossimo marzo in occasione della 36ª Fiera annuale dell'Agricoltura, sotto gli auspici dell'Ente Autonomo Fiera dell'Agricoltura e dell'Ente Georabdico Italiano.

L'iniziativa è assolutamente nuova per l'Italia e si può dire che non è stato mai in nessun luogo tenuto un Congresso Internazionale dove la nuova scienza geofisica abbinata alla rabdomanzia per ancor più e ancor meglio intensificare la conoscenza del sottosuolo, per sistematizzare le ricerche dei tesori che in esso si racchiudono, in ispecie l'acqua i cui benefici hanno tanta importanza in agricoltura.

La Commissione organizzatrice ha concrerato un interessante programma generale dei lavori del Congresso, programma che richiamerà sulla nuova iniziativa veronese la più viva attenzione di tutta l'Italia e del Mondo.

# Atti Ufficiali

## dell'Unione Nazionale Fascista Industrie Elettriche (UNFIEL)

# Schema di norme per l'ordinazione e il collaudo delle macchine elettriche

*A termini dell'art. 10 dello Statuto del Comitato Elettrotecnico Italiano, pubblichiamo qui appresso lo «Schema di Norme per l'ordinazione e il collaudo delle macchine elettriche» elaborato dal Sottocomitato Macchine del C. E. I. stesso.*

*Le osservazioni e proposte di modifiche eventuali dei Soci Tecnologici dovranno essere trasmesse entro tre mesi dalla data di pubblicazione, alla Presidenza del C. E. I., con il tramite del quale verranno sottoposte all'esame del Sottocomitato Macchine per la decisione definitiva.*

PARTE PRIMA

## DEFINIZIONI E NORME GENERALI

CAPITOLO I.

### DEFINIZIONI.

#### 1. - Potenza.

1–**1101** (1201) (*). *Potenza normale di una macchina* (**). È la potenza che la macchina è destinata a sviluppare in relazione alle caratteristiche indicate nella sua targa e che si può quindi dalla macchina normalmente pretendere, sempre che la temperatura ambiente non superi i valori stabiliti nelle presenti norme.

1–**1102** (1207). L'unità di misura della potenza sia elettrica che meccanica è il watt (W) o il kilowatt (kW). Quindi la potenza dei motori primi, anche se termici od idraulici, destinati ad azionare macchine elettriche, deve essere espressa in watt (W) o in kilowatt (kW) sviluppati all'albero del motore stesso.

#### 2. - Tensione e corrente.

1–**1201** (2112 m). I dati di tensione e corrente relativi alle macchine a corrente alternata esprimono i valori efficaci.

Nelle macchine trifasi le tensioni indicate sono da intendersi come tensioni concatenate (fra fase e fase).

Nelle macchine bifasi per tensione indicata si intende quella di fase quando i due circuiti sono separati e quella di fase unitamente a quella concatenata quando i due circuiti del sistema sono concatenati.

#### 3. - Fattore di potenza.

1–**1301** (nuovo). Fattore di potenza (Cos φ) è il rapporto fra la potenza attiva (in kW) e la potenza apparente (in kVA): può essere in ritardo o in anticipo.

Nel caso di carichi squilibrati la definizione esatta del fattore di potenza è:

$$\text{Cos}\ \varphi = \cos \text{arc tg} \frac{\text{pot. reattiva}}{\text{pot. attiva}}$$

#### 4. - Rendimenti.

1–**1401** (1601). Il *rendimento effettivo* $\eta_e$ di una macchina è il rapporto tra la potenza erogata $P_e$ e la potenza assorbita o immessa $P_i$ $\left(\eta_e = \frac{P_e}{P_i}\right)$ e si determina mediante la misura diretta delle potenze totali.

1–**1402** (1602). Il *rendimento convenzionale* $\eta_c$ è il rapporto fra la potenza erogata $P_e$ e la stessa potenza aumentata delle perdite $p_1$, $p_2$ ecc.

$$\left(\eta_c = \frac{P_e}{P_e + p_1 + p_2 + \ldots}\right)$$

e si ricava dalla misura o valutazione convenzionale delle perdite enunciate nelle parti II e III.

#### 5. - Forma d'onda - Coefficiente di deformazione.

1–**1501** (1801). La *forma d'onda* normale è la sinusoidale; il grado di deformazione di una data curva rispetto alla sinusoide si esprime col *coefficiente di deformazione*, per ottenere il quale si procede nel modo seguente.

Si sovrappone all'onda rilevata sperimentalmente l'onda sinusoidale equivalente, che ha cioè eguale valore efficace, in modo che risulti minima la massima differenza fra le ordinate. Questa massima differenza fra le ordinate corrispondenti, divisa per l'ordinata massima della sinusoide equivalente, si chiama coefficiente di deformazione.

#### 6. - Natura del servizio.

1–**1601** (1301). Rispetto alla destinazione delle macchine elettriche si distinguono tre nature di servizio: *il servizio continuativo, il servizio a durata limitata, il servizio intermittente.*

1–**1602** (1302). Una macchina destinata ad un servizio *continuativo* deve poter funzionare alla sua potenza normale per un tempo illimitato, senza che le sovratemperature rilevate su di essa sorpassino i limiti stabiliti e rispondendo a tutte le prescrizioni date in seguito.

1–**1603** (1303 m). Una macchina destinata ad un servizio a *durata limitata* deve, a partire da una temperatura eguale a quella dell'ambiente, poter funzionare alla sua potenza normale per il periodo di tempo convenuto, senza che le sovratemperature rilevate su di essa sorpassino i limiti stabiliti e rispondendo a tutte le prescrizioni date in seguito.

Le macchine per servizio a durata limitata dovranno corrispondere ad una delle specificazioni seguenti:

*a*) macchina per servizio di 10 minuti;
*b*) macchina per servizio di 30 minuti;
*c*) macchina per servizio di 60 minuti;
*d*) macchina per servizio di 90 minuti.

(*) Il numero fra parentesi è quello dell'articolo corrispondente delle Norme attuali, seguito dalla lettera « m » se modificato.

(**) In questa prima parte sotto la denominazione *macchina elettrica* si comprendono tanto le macchine rotanti quanto i trasformatori e gli apparecchi statici ad induzione.

1–**1604** (1304). *Servizio intermittente* si intende quel servizio, nel quale a periodi di lavoro succedono ciclicamente periodi di riposo o di funzionamento a vuoto.

Tale servizio è caratterizzato dal rapporto fra la durata del periodo di lavoro e la durata totale del ciclo (*rapporto d'intermittenza*).

Si considerano come normali per il rapporto d'intermittenza i valori: 15, 25, 40%; la durata del ciclo non deve superare i 10 minuti.

La macchina deve poter fornire la sua potenza normale nel servizio intermittente durante i periodi di lavoro alternati a periodi di riposo convenuti, per un tempo indefinito, senza che le sovratemperature rilevate su di essa sorpassino i limiti stabiliti e rispondendo a tutte le prescrizioni date in seguito.

## CAPITOLO II.

## CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI ISOLANTI.

1–**2101** (4501 m). Gli isolanti impiegati nella costruzione delle macchine elettriche vengono classificati come segue:

*Classe O*: Cotone, seta, carta e simili materiali organici, quando non sono nè impregnati, nè immersi in olio.

*Classe A*: Cotone, seta, carta e simili materiali organici, quando sono impregnati od immersi in olio, smalti (fili smaltati).

Un isolante in cotone, seta o carta è considerato come *impregnato* quando una sostanza adatta sostituisce l'aria fra le sue fibre, anche se essa non riempia completamente gli interstizi fra i conduttori isolati. Tale sostanza è considerata come adatta se ha buone proprietà isolanti, copre interamente le fibre e le rende aderenti l'una all'altra ed al conduttore; essa non deve produrre interstizi nella sua massa, come conseguenza d'evaporazione del solvente o per qualunque altra causa, non deve fluire o deteriorarsi sotto l'azione prolungata delle temperature massime ammissibili.

*Classe B*: Mica, amianto, od altre simili sostanze inorganiche, formate e combinate con materiale cementante. Se il materiale di classe *A* è impiegato in piccola quantità insieme col materiale *B*, il materiale composto così risultante può essere considerato come di classe *B*, alla condizione che le proprietà meccaniche ed elettriche dell'avvolgimento così isolato non siano alterate nel servizio continuo dalle sovratemperature ammesse per la classe *B*.

*Classe C*: Pura mica, porcellana, vetro, quarzo od altri simili materiali senza materiale cementante.

## CAPITOLO III.

## NORME PER LA MISURA DELLE TEMPERATURE.

### 1. - Misura della temperatura ambiente.

1–**3101** (4201 m). La temperatura ambiente sarà rilevata durante le prove per mezzo di parecchi termometri distribuiti attorno alla macchina, a metà altezza di essa, a distanza fra uno e due metri, accuratamente riparati dalle radiazioni termiche, dalle correnti d'aria ed eventualmente dai raggi solari.

Il valore da adottarsi per la temperatura ambiente effettiva durante una prova, è la media delle letture termometriche fatte ad intervalli di tempo uguale, durante l'ultimo quarto della durata della prova.

1–**3102** (4202). Per le macchine a ventilazione forzata si dovrà misurare la temperatura dell'aria all'entrata della macchina.

1–**3103** (4203). Per le macchine raffreddate con acqua si dovrà misurare la temperatura dell'acqua all'entrata dell'organo refrigerante.

1–**3104** (nuovo). Per le macchine a ventilazione in circuito chiuso raffreddate con aria o con acqua, si dovrà misurare la temperatura dell'aria o dell'acqua di raffreddamento all'entrata dell'organo refrigerante.

1–**3105** (4204). Per tener conto del ritardo con cui la temperatura delle macchine segue le variazioni della temperatura ambiente, si adotteranno le precauzioni intese ad attenuarle, e si useranno opportuni accorgimenti perchè le misure non siano alterate da questo fatto (p. es., immergendo il termometro in un recipiente contenente olio).

### 2. - Metodi per la misura delle temperature delle macchine.

1–**3201** (4301 m). *Metodo termometrico.* Il metodo termometrico si basa sull'impiego di termometri ad alcool od a mercurio, oppure di termometri elettrici a resistenza, o di termocoppie purchè non predisposti durante la costruzione.

Esso si usa in generale per le temperature di tutti gli organi che non siano avvolgimenti, per quelle degli avvolgimenti in corto circuito permanente, per quelle superficiali di avvolgimenti e in quegli avvolgimenti di bassa resistenza, nei quali i giunti e le connessioni rappresentano una parte considerevole della resistenza totale.

Il termometro deve essere applicato sulle parti accessibili più calde della macchina in guisa che il contatto termico sia il più intimo possibile, ma procurando insieme di non alterare in modo apprezzabile le condizioni di ventilazione del punto dove si eseguisce la misura.

Il termometro deve essere protetto con panno od ovatta contro le irradiazioni e, quando possibile, introdotto nella massa di cui si vuole misurare la temperatura, ovvero circondato da una guaina metallica buona conduttrice posta in intimo contatto con la massa predetta.

È consigliabile nei pacchi lamellari fissi, praticare un foro di dimensioni esattamente sufficienti a contenere il bulbo del termometro.

1–**3202** (4302). *Metodo della variazione di resistenza, detto per brevità « per resistenza ».* Tale metodo si applica agli avvolgimenti in rame, misurandone l'aumento di resistenza dall'inizio alla fine della prova.

La misura della resistenza iniziale $R_1$ deve essere fatta a temperatura $t_1$ esattamente conosciuta, potendosi per questa assumere quella ambiente ovvero dell'olio in cui l'avvolgimento si trovi immerso, quando la macchina sia inattiva da un tempo sufficiente per poter ammettere che l'equilibrio termico sia perfettamente stabilito. Al termine della prova, raggiunto il regime di temperatura, si misurerà la resistenza $R_2$; la temperatura finale $t_2$ dell'avvolgimento si ricaverà dalla relazione:

$$t_2 = t_1 + \frac{R_2 - R_1}{R_1} (234{,}5 + t_1)$$

Il numero 234,5 è l'inverso del coefficiente di temperatura del rame a 0° e a massa costante e cioè 0,004265, valore adottato dalla Commissione Elettrotecnica Internazionale per il rame campione ricotto (vedi pubblicazione N. 17 del Comitato Elettrotecnico Italiano).

Questo metodo dà la temperatura media degli avvolgimenti; converrà sempre ricercare col metodo termometrico i punti a temperatura più elevata.

1–**3203** (4303 m). *Metodo dei rivelatori interni.* I rivelatori interni sono termocoppie o resistenze tarate, che vengono poste nella macchina, durante la costruzione, in punti che sono inaccessibili sulla macchina completa.

L'aumento di temperatura si deduce dalla f. e. m. della termocoppia o dalla variazione del valore della resistenza tarata.

Questo metodo si applica agli statori di alcune categorie di macchine sincrone, osservando le seguenti prescrizioni:

Devono disporsi nella macchina almeno 6 rivelatori, convenientemente distribuiti lungo la circonferenza e collocati nel senso della lunghezza del nucleo nei punti presumibilmente più caldi. Ogni rivelatore deve collocarsi in intimo contatto con la superficie di cui si vuol misurare la temperatura ed al riparo dal contatto con l'aria refrigerante.

Quando l'avvolgimento ha un solo lato di matassa per canale, ogni rivelatore deve essere collocato al fondo del canale, interiormente al rivestimento di questo, ma esternamente al tubo isolante, meno il caso in cui un canale d'aria sia adiacente al fondo; in questo caso il rivelatore sarà posto sul lato del canale oppure nell'interno di un dente.

(Nel caso di un solo lato di matassa per canale, il rivelatore, previi accordi con il costruttore, potrà anche essere messo in contatto col rame).

Quando l'avvolgimento ha due lati di matassa per canale, i rivelatori devono essere posti fra i due lati.

Quando l'avvolgimento ha più di due conduttori singolarmente isolati per canale, il rivelatore deve porsi nella posizione di più alta temperatura presumibile.

1–**3204** (4304). Quando si adottino varii metodi, si assumerà come vera la massima temperatura trovata.

1–**3205** (4305 m). *Durata della prova di riscaldamento in servizio continuo e intermittente.* La durata della prova di riscaldamento delle macchine per servizio continuo e intermittente sarà quella che occorre per assicurarsi che a regime non siano superate le sopraelevazioni di temperatura ammesse. Praticamente si potrà arrestare la prova quando l'andamento delle temperature osservate permetterà di prevedere sicuramente il valore della temperatura finale.

Si raccomanda di eseguire la prova tracciando un diagramma della temperatura ambiente e di quelle della macchina.

1–**3206** (nuovo). *Durata della prova di riscaldamento in servizio a durata limitata.* La durata della prova di riscaldamento della macchina per servizio a durata limitata sarà quella corrispondente al tempo di servizio convenuto. All'inizio della prova la temperatura della macchina deve essere praticamente quella dell'aria ambiente.

1–**3207** (4306 m). Data la rapidità con cui le macchine tendono a mettersi in equilibrio termico col mezzo ambiente quando vien meno la dissipazione interna di energia, le misure, che non possono aver luogo in modo continuo durante il servizio, dovranno essere predisposte in modo da potersi eseguire nel più breve tempo dopo la interruzione di questo, arrestando con la massima sollecitudine la circolazione del mezzo refrigerante. Quando fra la soppressione del carico e l'esecuzione della misura dovesse intercorrere un tempo non trascurabile, si deve determinare la temperatura di regime per extrapolazione, rilevando con misure successive, e rappresentando graficamente, l'andamento della temperatura in funzione del tempo trascorso dall'arresto.

## CAPITOLO IV.

## NORME PER L'ESECUZIONE DELLE PROVE D'ISOLAMENTO.

### 1. - Generalità.

1–**4101** (5101). Le verifiche d'isolamento si distinguono in:

*a*) misure di resistenza d'isolamento;

*b*) prove di rigidità dielettrica, relative a:

- 1° isolamento fra circuito e circuito, e fra circuiti e massa (isolamento esterno);
- 2° isolamento fra le fasi;
- 3° isolamento fra conduttori;

*c*) prove di funzionamento a tensione aumentata.

1–**4102** (5102). Si può ritenere che la misura della resistenza di isolamento serva unicamente a dare un'utile indicazione preliminare sullo stato della macchina, per verificare sopratutto se essa si trovi nelle condizioni adatte alle successive prove di rigidità dielettrica e di funzionamento a tensione aumentata.

### 2. - Rigidità dielettrica.

1–**4201** (5301 m). Le prove di rigidità dielettrica devono farsi, salvo accordi in contrario, nelle Officine del costruttore. La macchina deve essere completa, con tutti i suoi organi in posto in condizioni equivalenti a quelle normali di funzionamento. In ogni caso le tensioni di prova prescritte non possono essere applicate che ad una macchina nuova, e la prova stessa non deve farsi se la resistenza di isolamento è bassa per effetto di polvere o umidità.

La tensione di prova sarà alternativa.

1–**4202** (5302). *Frequenza e forma d'onda.* La frequenza della tensione di prova prodotta da sorgenti esterne non deve essere inferiore a quella normale della macchina in esame; per macchine a corrente continua e per ordinarie macchine a corrente alternata, si adotteranno di preferenza le frequenze 50 e 42.

Si raccomanda di fare uso di onde praticamente sinusoidali e di ricorrere a sistemi di regolazione della tensione che non deformino la forma della curva.

1–**4203** (5303 m). La tensione iniziale applicata alla macchina sarà inferiore al terzo della tensione di prova, essa verrà quindi aumentata con la massima rapidità compatibile con una buona lettura del voltmetro fino a raggiungere il valore prescritto. La durata delle singole prove va in ogni caso computata dall'istante in cui la tensione di prova è stata raggiunta.

1–**4204** (5304). Se la tensione di prova è superiore a 25000 V, le indicazioni del voltmetro inserito sul primario del trasformatore elevatore devono essere controllate con lo *spinterometro a sfere* applicato all'alta tensione. Si procederà nel seguente modo: collegata la macchina in prova al trasformatore elevatore, si regola la distanza delle sfere per una tensione del 10–15% inferiore a quella a cui si deve provare la macchina, e si aumenta la tensione, osservando il voltmetro, fino ad ottenere la scarica. Si ripete due o tre volte la prova, leggendo sempre la tensione segnata dal voltmetro al momento della scarica, e si determina il rapporto fra la tensione indicata dal voltmetro e quella corrispondente alla distanza delle sfere. Ottenuta così la taratura del voltmetro, si regola lo spinterometro ad una tensione alquanto superiore a quella a cui la macchina deve essere provata e si procede alla prova servendosi delle indicazioni del voltmetro; lo spinterometro assume così la funzione di uno scaricatore di sicurezza in caso di false manovre nella regolazione.

È necessario che il trasformatore e l'impianto di prova siano di potenza sufficiente perchè, in un notevole intervallo intorno al valore per cui si è fatta la taratura del voltmetro, il rapporto di trasformazione e la forma della curva di tensione non subiscano alterazioni apprezzabili.

1–**4205** (5305). Con lo spinterometro a sfere, osservando le seguenti prescrizioni, si può ottenere un'approssimazione del 2% circa.

I gambi delle sfere non debbono avere un diametro maggiore di 1/5 del diametro delle sfere. I collari metallici, attraverso i quali scorrono le aste, devono essere piccoli il più possibile e non devono distare dalle sfere meno della massima distanza esplosiva usata nella misura.

Il diametro delle sfere non deve scostarsi più del 0,1%, e la curvatura misurata allo sferometro non deve differire più dell'1% da quella di una sfera del dato diametro.

Lo spinterometro, costruito come sopra, deve essere collocato in uno spazio possibilmente privo di campi elettrici esterni.

Nessun corpo metallico o parte esterna del circuito deve distare dallo spinterometro meno di due volte il diametro delle sfere.

Nel caso di misure con una sfera messa a terra, questa deve essere distante dal pavimento o dalla terra almeno cinque volte il diametro delle sfere.

1–**4206** (5306). Durante le prove deve essere presa ogni precauzione contro la possibilità che avvengano scariche allo spinterometro.

Una resistenza non induttiva di circa un ohm per volt deve essere messa in serie con lo spinterometro. Facendo la prova con un elettrodo a terra, la resistenza deve essere collegata all'elettrodo isolato. Se nessuno dei due elettrodi è posto a terra, la resistenza deve essere suddivisa fra i due elettrodi. In ogni caso questa resistenza deve essere più vicina che sia possibile allo spinterometro e non in serie con i corpi da provare. La resistenza deve smorzare le oscillazioni ad alta frequenza, al momento della scarica, e limitare la corrente. Un tubo pieno d'acqua è la forma più conveniente di resistenza. Le resistenze a carbone non debbono essere impiegate, perchè la loro resistenza può diventare molto bassa al passaggio di correnti intense.

1–**4207** (5307 m).

DISTANZE ESPLOSIVE PER GLI SPINTEROMETRI A SFERE

(ALLA TEMPERATURA DI 25° E A 760 MM DI PRESSIONE ATMOSFERICA)

| Tensione | Distanza esplosiva in mm | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Sfere da 20 mm | | Sfere da 62,5 mm | | Sfere da 125 mm | | Sfere da 250 mm | | Sfere da 500 mm | | Sfere da 750 mm | |
| kV | 1 sf.a terra | 2 sf. isol. | 1 sf.a terra | 2 sf. isol. | 1 sf.a terra | 2 sf. isol. | 1 sf.a terra | 2 sf. isol. | 1 sf.a terra | 2 sf. isol. | 1 sf.a terra | 2 sf. isol. |
| 10 | 3.85 | 3.85 | 4.1 | 4.1 | | | | | | | | |
| 12 | 4.75 | 4.75 | | | | | | | | | | |
| 14 | 5.70 | 5.60 | | | | | | | | | | |
| 16 | 6.65 | 6.50 | | | | | | | | | | |
| 18 | 7.65 | 7.50 | | | | | | | | | | |
| 20 | 8.90 | 8.55 | 8.9 | 8.9 | | | | | | | | |
| 22 | 10.15 | 9.65 | | | | | | | | | | |
| 24 | 11.75 | 10.85 | | | | | | | | | | |
| 26 | 13.55 | 12.05 | | | | | | | | | | |
| 28 | 15.60 | 13.40 | | | | | | | | | | |
| 30 | 18.70 | 14.80 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | | | | | | |
| 40 | | | 19.6 | 19.5 | 19.5 | 19.5 | | | | | | |
| 50 | | | 25.6 | 25.3 | 25.1 | 25.0 | | | | | | |
| 60 | | | 33.3 | 31.8 | 30.9 | 30.7 | 29.7 | 29.6 | | | | |
| 70 | | | 45.3 | 39.6 | 37.0 | 36.6 | 35.3 | 35.1 | | | | |
| 80 | | | 62.3 | 49.1 | 43.6 | 42.8 | 41.1 | 40.7 | 40.4 | 40.2 | | |
| 90 | | | | 61.3 | 50.7 | 49.4 | 47.1 | 46.5 | 45.8 | 45.6 | | |
| 100 | | | | | 58.9 | 56.3 | 53.3 | 52.5 | 51.3 | 51.0 | 49.5 | 50.0 |
| 120 | | | | | 79.5 | 71.5 | 66.4 | 65.0 | 62.4 | 61.8 | 60.0 | 60.7 |
| 140 | | | | | 108.2 | 89.1 | 80.4 | 78.2 | 73.6 | 72.8 | 71.0 | 71.4 |
| 160 | | | | | 148.7 | 111.1 | 95.5 | 92.3 | 85.1 | 83.8 | 81.9 | 82.3 |
| 180 | | | | | | 138.9 | 111.9 | 107.4 | 96.8 | 04.9 | 93.0 | 93.4 |
| 200 | | | | | | | 129.9 | 123.4 | 108.6 | 106.4 | 104.5 | 104.5 |
| 220 | | | | | | | 150.5 | 140.8 | 120.9 | 118.3 | 116.0 | 116.0 |
| 240 | | | | | | | 175.1 | 159.8 | 134.0 | 130.6 | 128.4 | 127.5 |
| 260 | | | | | | | 209.0 | 180.2 | 148.0 | 143.6 | 140.5 | 139.5 |
| 280 | | | | | | | 255.5 | 203.1 | 162.8 | 157.3 | 152.5 | 152.0 |
| 300 | | | | | | | | 230.5 | 178.5 | 171.8 | 165.2 | 164.5 |
| 320 | | | | | | | | 263.1 | 195.4 | 187.2 | 178 1 | 177.5 |
| 340 | | | | | | | | | 213.7 | 203.2 | 191.8 | 190.7 |
| 360 | | | | | | | | | 233.2 | 219.9 | 206.0 | 204.3 |

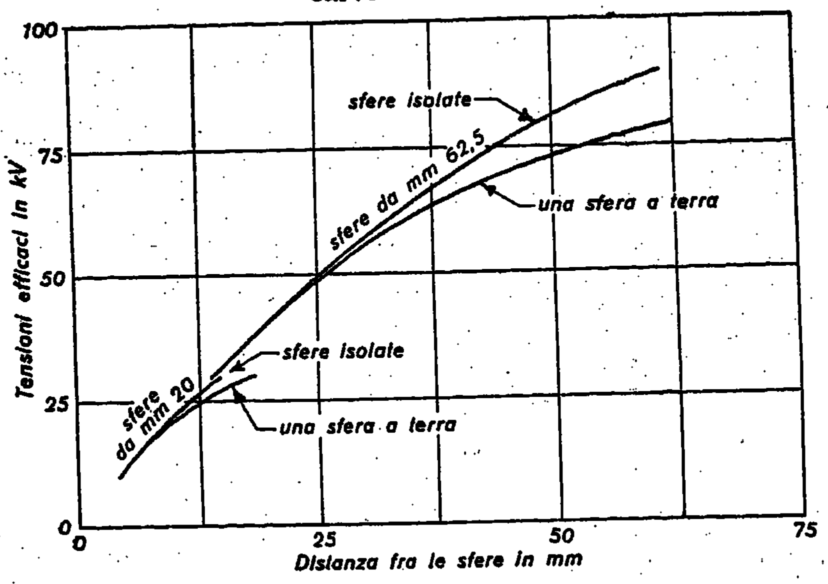
| Tensione kV | Distanza esplosiva in mm — Sfere da 20 mm — 1 sf.a terra | 2 sf. isol. | Sfere da 62,5 mm — 1 sf.a terra | 2 sf. isol. | Sfere da 125 mm — 1 sf.a terra | 2 sf. isol. | Sfere da 250 mm — 1 sf.a terra | 2 sf. islo. | Sfere da 500 mm — 1 sf.a terra | 2 sf. isol. | Sfere da 750 mm — 1 sf.a terra | 2 sf. isol. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 380 | | | | | | | | | 253.9 | 237.4 | 220.5 | 218.2 |
| 400 | | | | | | | | | 276.4 | 255.7 | 235.5 | 232.5 |
| 420 | | | | | | | | | 300.7 | 274.8 | 250.5 | 247.0 |
| 440 | | | | | | | | | 327.2 | 294.5 | 265.8 | 261.5 |
| 460 | | | | | | | | | 355.5 | 314.8 | 282.3 | 277.0 |
| 480 | | | | | | | | | 385.6 | 335.9 | 299.6 | 293.0 |
| 500 | | | | | | | | | 417.1 | 357.7 | 317.5 | 309.5 |
| 520 | | | | | | | | | 456.0 | 380.0 | 336.5 | 326.3 |
| 540 | | | | | | | | | 505.0 | 407.5 | 356.0 | 343.5 |
| 560 | | | | | | | | | | 433.0 | 377.0 | 361.0 |
| 580 | | | | | | | | | | 461.0 | 399.0 | 378.0 |
| 600 | | | | | | | | | | 493.0 | 422.0 | 396.0 |
| 620 | | | | | | | | | | 530.0 | 445.0 | 413.5 |
| 640 | | | | | | | | | | | 469.2 | 435.2 |
| 660 | | | | | | | | | | | 495.5 | 457.0 |
| 680 | | | | | | | | | | | 525.0 | 479.0 |
| 700 | | | | | | | | | | | 555.8 | 501.5 |
| 720 | | | | | | | | | | | 588.0 | 524.5 |
| 740 | | | | | | | | | | | 621.5 | 548.0 |
| 760 | | | | | | | | | | | 659.0 | 572.0 |
| 780 | | | | | | | | | | | 701.0 | 597.9 |
| 800 | | | | | | | | | | | 747.0 | 623.5 |
| 820 | | | | | | | | | | | 7955. | 651.2 |
| 840 | | | | | | | | | | | | 680.0 |
| 860 | | | | | | | | | | | | 709.5 |
| 880 | | | | | | | | | | | | 742.0 |
| 900 | | | | | | | | | | | | 776.0 |

Nella tabella precedente sono date le tensioni in kV efficaci corrispondenti alle varie distanze esplosive alla temperatura di 25° centigradi e 760 mm di pressione barometrica; per una temperatura $t$ ed una pressione $H$ in mm di mercurio, le tensioni devono moltiplicarsi per un coefficiente di correzione dato nella seguente tabella in funzione della densità relativa dell'aria, che si calcola con la formula: $d = \frac{0,392\ H}{273 + t}$.

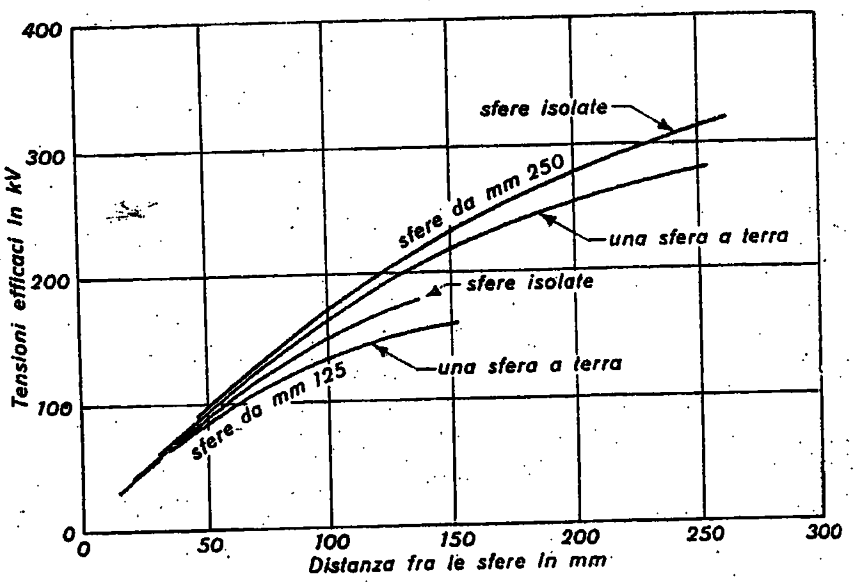
**Coefficienti di correzione.**

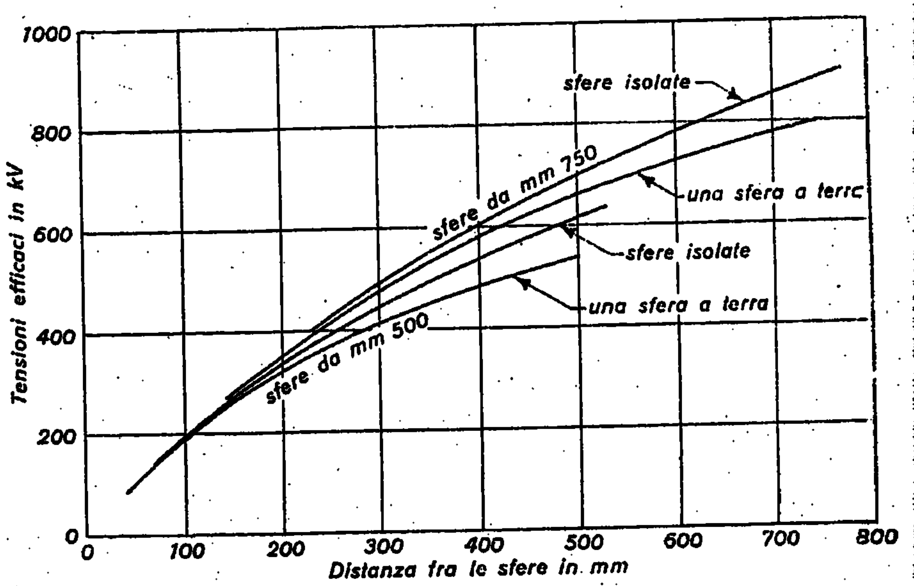
| Densità relativa dell'aria $d$ | Diametro delle sfere in mm — 20 | 62.5 | 125 | 250 | 500 | 750 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.50 | 0.573 | 0.547 | 0.535 | 0.527 | 0.519 | 0.517 |
| 0.55 | 0.617 | 0.594 | 0.583 | 0.575 | 0.567 | 0.565 |
| 0.60 | 0.661 | 0.640 | 0.630 | 0.623 | 0.615 | 0.613 |
| 0.65 | 0.705 | 0.686 | 0.677 | 0.670 | 0.663 | 0.661 |
| 0.70 | 0.748 | 0.732 | 0.724 | 0.718 | 0.711 | 0.709 |
| 0.75 | 0.791 | 0.777 | 0.771 | 0.766 | 0.759 | 0.757 |
| 0.80 | 0.833 | 0.821 | 0.816 | 0.812 | 0.807 | 0.805 |
| 0.85 | 0.875 | 0.866 | 0.862 | 0.859 | 0.855 | 0.854 |
| 0.90 | 0.917 | 0.910 | 0.908 | 0.906 | 0.904 | 0.903 |
| 0.95 | 0.959 | 0.956 | 0.955 | 0.954 | 0.952 | 0.951 |
| 1.00 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 1.05 | 1.041 | 1.044 | 1.045 | 1.046 | 1.048 | 1.049 |
| 1.10 | 1.082 | 1.090 | 1.092 | 1.094 | 1.096 | 1.097 |

**Curve normali**




**Curve normali**




PARTE SECONDA

# MACCHINE ROTANTI

## CAPITOLO I.

## CONVENZIONI E DEFINIZIONI.

### 1. - Campo di applicazione.

**2–1101** (1101 m). Queste norme si applicano alle macchin rotanti in generale senza limiti di tensione, potenza e dimer sioni, ad eccezione di quelle installate sui veicoli per servizi trazione, per le quali valgono norme separate.

Le presenti norme sostituiscono quelle delle precedenti edizion

### 2. - Classificazione in base al modo di funzionamento.

**2–1201** (nuovo). *Generatore.* È una macchina rotante c trasforma energia meccanica in energia elettrica.

*Motore.* È una macchina rotante che trasforma energia ele trica in energia meccanica.

*Convertitrice.* È una macchina rotante che trasforma energ elettrica in energia elettrica e nella quale tale trasformazio avviene in una sola armatura.

*Motore generatore.* È un gruppo di macchine rotanti dirett mente accoppiate che trasformano energia elettrica in ener elettrica.

*Regolatore sincrono di tensione e di fase o condensatore sincro* È una macchina rotante che eroga prevalentemente poter reattiva (corrente magnetizzante o di carica).

**2–1202** (1204). Nei *motori asincroni* si chiamano *primar* circuiti che ricevono l'energia elettrica, *secondari* gli altri, che rante il funzionamento risultano normalmente chiusi su se ste

2–**1203** (nuovo). Sotto la denominazione *macchine tipo turbo* si intendono gli alternatori a rotore cilindrico comandati da turbine a vapore e tutte le altre macchine a corrente alternata di costruzione simile destinate a funzionare a velocità elevate.

### 3. - Sistemi di chiusura.

2–**1301** (1401). Dicesi *aperta* una macchina nella quale nessun dispositivo è stato preso per impedire o rendere difficile l'accesso a qualcuna delle sue parti interne.

2–**1302** (1402). Dicesi *protetta* una macchina, quando la sua costruzione impedisce l'accesso diretto alle parti interne, senza ostacolare il passaggio dell'aria di raffreddamento fra l'interno e l'ambiente esterno, o quando siano disposte delle speciali custodie per proteggerla da qualche agente esterno.

2–**1303** (1403). Dicesi *chiusa con bocche di ventilazione* una macchina quando tutte le sue parti agenti siano contenute in una custodia che permette il passaggio dell'aria di raffreddamento attraverso opportune aperture.

2–**1304** (1404). Dicesi *chiusa* una macchina, quando tutte le sue parti agenti siano contenute in una custodia, che non permetta il passaggio dell'aria di raffreddamento fra l'interno e l'esterno.

### 4. - Sistemi di raffreddamento.

2–**1401** (1406). Una macchina di uno qualsiasi dei tipi di cui sopra è a *ventilazione naturale*, quando nessun dispositivo speciale è previsto per aumentare la ventilazione prodotta dagli organi stessi della macchina in moto o dalla circolazione naturale dell'aria esterna.

2–**1402** (1407). Una macchina di uno qualsiasi dei tipi di cui sopra è *auto-ventilatrice*, quando possiede sulla parte girante mezzi speciali atti ad attivare il movimento dell'aria.

2–**1403** (1408). Una macchina dicesi a *ventilazione forzata*, quando l'aria per la ventilazione è spinta nell'interno della custodia con mezzi meccanici esterni.

2–**1404** (nuovo). Una macchina dicesi *ventilata in circuito chiuso* quando l'aria di raffreddamento viene, a mezzo di ventilatori proprii della macchina o di un ventilatore esterno, fatta circolare in un circuito chiuso e raffreddata a mezzo di un organo refrigerante.

Come mezzo refrigerante può essere usata l'aria o l'acqua.

### 5. - Potenza.

2–**1501** (1202 m). Come potenze delle macchine rotanti si considerano:

*a*) per i *generatori a corrente continua* la potenza resa ai morsetti, espressa in watt (W) o in kilowatt (kW);

*b*) per i *generatori a corrente alternata sincroni od asincroni* la potenza apparente ai morsetti, espressa in voltampere (VA) o in kilovoltampere (kVA);

*c*) per i *regolatori sincroni di tensione e di fase* (condensatori sincroni) la potenza apparente ai morsetti, espressa in voltampere (VA) o in kilovoltampere (kVA);

*d*) per i *motori* la potenza resa all'albero, espressa in watt (W) o in kilowatt (kW);

*e*) per le *convertitrici* (di corrente alternata in corrente continua) la potenza resa ai morsetti della corrente continua, espressa in watt (W) o in kilowatt (kW);

*f*) per i *gruppi motori generatori* la potenza ai morsetti dai quali viene erogata l'energia.

### 6. - Fattore di potenza.

2–**1601** (1203 m). Nell'indicare la potenza di una macchina sincrona o di una convertitrice è necessario aggiungere il valore minimo del fattore di potenza col quale essa deve funzionare, con l'indicazione se in ritardo o in anticipo.

### 7. - Variazione di tensione.

2–**1701** (1701). La variazione di tensione $v$ di un generatore è la differenza fra la tensione $V$ normale ad un determinato carico e la tensione $V_0$ che si ha a vuoto rimanendo invariate la velocità e la corrente di eccitazione:

$$v = V_0 - V$$

Espressa in percento, va riferita alla tensione normale.

$$v\,\% = \frac{V_0 - V}{V}\,100$$

## CAPITOLO II.

## ISTRUZIONI PER L'OFFERTA E L'ORDINAZIONE.

### 1. - Generalità.

2–**2101** (2101). Le istruzioni che seguono sono intese ad indicare i dati necessari e sufficienti, perchè la macchina sia ben definita, per quanto riguarda la potenza e le condizioni di servizio.

2–**2102** (2102 m). Se l'offerta o l'ordinazione di una macchina contiene la clausola « La macchina deve essere conforme alle prescrizioni del Comitato Elettrotecnico Italiano (C. E. I.) » il rivenditore dovrà attenersi a tutte le prescrizioni che sono contenute in questo volume.

2–**2103** (2103 m). Salvo esplicite indicazioni in contrario, la temperatura dell'aria ambiente si riterrà di 40° C. Lo stesso valore sarà assunto per l'aria che entra nella macchina in caso di ventilazione forzata, e per l'aria di raffreddamento in caso di ventilazione in circuito chiuso.

In quest'ultimo caso se il raffreddamento avviene con acqua, la temperatura di questa, salvo accordi speciali, sarà ritenuta di 25° C.

2–**2104** (2104). Quando nell'offerta e nell'ordinazione non vi siano speciali indicazioni rispetto all'altitudine della località nella quale la macchina dovrà essere installata, si riterrà che tale altitudine non ecceda i 1000 metri sul mare.

2–**2105** (2105). Quando nell'offerta e nell'ordinazione non vi siano speciali indicazioni rispetto alla natura del servizio, si riterrà che la macchina sia destinata a servizio continuativo.

2–**2106** (2106). Quando la macchina sia destinata a servizio di durata limitata si dovrà indicare il valore di questa durata.

2–**2107** (2107). Quando la macchina sia destinata a servizio intermittente si dovrà indicare il rapporto di intermittenza.

2–**2108** (2108). Quando la macchina sia destinata a funzionare fra determinati limiti di tensione, di corrente, di velocità o di frequenza, devono essere indicati i limiti corrispondenti di questi valori caratteristici.

2–**2109** (2109). Si devono indicare le condizioni meccaniche d'impianto della macchina e il genere di accoppiamento (giunto, cinghia, ecc.). Quando possa interessare per la regolazione del sistema elettromeccanico, si deve indicare il momento d'inerzia del rotore; $PD^2$ in kg/m² ($P$ peso in kg; $D$ diametro di girazione in m).

2–**2110** (2110). La potenza normale di una macchina non deve essere sorpassata in servizio, e il venditore non è tenuto a garantire la buona conservazione della macchina se tale prescrizione non viene osservata. Tuttavia, allo scopo di facilitare il confronto fra varie offerte, il costruttore potrà, se richiesto, indicare la durata di tempo per la quale, in sede di prova, la macchina, quando si trovi già a regime di temperatura corrispondente alla potenza normale, potrà funzionare con un sovraccarico del 20%, senza che le sopraelevazioni massime di temperatura sorpassino di 10° i limiti stabiliti.

2–**2111** (2111). Nell'offerta e nell'ordinazione si potranno specificare anche il rendimento (Cap. VII), la variazione di tensione (Cap. VIII) ed altri dati che non sono enunciati negli articoli seguenti. Si dovrà precisare se il rendimento specificato sia effettivo o convenzionale.

### 2. - Dati da indicare nelle offerte ed ordinazioni delle macchine allo scopo di definirne la prestazione. (*)

2–**2201** (2201). *Generatore di corrente continua.*

Tipo e modo di raffreddamento.

Velocità di rotazione, in giri al minuto.

Potenza normale in watt (W) o in kilowatt (kW) con indicazione della natura del servizio.

Tensione ai morsetti, in volt.

Corrente, in ampere.

Modo di eccitazione (derivazione, serie, composta o indipendente).

Tensione di eccitazione, in volt. (**)

Corrente di eccitazione massima prevista, in ampere. (**)

Senso di rotazione (uguale o contrario a quello delle lancette dell'orologio) della macchina, vista dalla parte del collettore.

2–**2202** (2202). *Motore a corrente continua.*

Tipo e modo di raffreddamento.

Velocità di rotazione alla potenza normale e a temperatura di regime, in giri al minuto.

Potenza normale in watt (W) o in kilowatt (kW) con indicazione della natura del servizio.

---

(*) Per le macchine non esplicitamente considerate qui sotto saranno presi accordi particolari fra venditore e committente.

(**) Solo nel caso di eccitazione indipendente.

Tensione di alimentazione, in volt.
Corrente, in ampere.
Modo di eccitazione (derivazione, serie, composta o indipendente).
Senso di rotazione (uguale o contrario a quello delle lancette dell'orologio) del motore, visto dal lato del collettore.

**2-2203** (2203). *Generatore sincrono (alternatore).*
Tipo e modo di raffreddamento.
Velocità di rotazione, in giri al minuto.
Frequenza, in periodi al secondo.
Numero delle fasi, loro collegamento e numero dei morsetti.
Potenza normale in voltampere (VA) o in kilovoltampere (kVA) con indicazione della natura del servizio.
Fattore di potenza del carico, con l'indicazione se in ritardo o in anticipo. Mancando ogni indicazione il fattore di potenza sarà supposto uguale a 0,8 in ritardo.
Quando occorra s'indicherà la potenza in kVA che la macchina può sviluppare a cos $\varphi \cong 0$ in anticipo.
Tensione ai morsetti, in volt, corrispondente alla potenza normale.
Corrente, in ampere.
Modo di eccitazione (eccitatrice coassiale o separata).
Tensione di eccitazione, in volt.
Corrente di eccitazione massima prevista, in ampere.

**2-2204** (nuovo). *Generatore asincrono.*
Tipo e modo di raffreddamento.
Velocità di rotazione, in giri al minuto.
Frequenza, in periodi al secondo.
Numero delle fasi, loro collegamento e numero dei morsetti.
Potenza normale in voltampere (VA) o in kilovoltampere (kVA) con indicazione della natura del servizio.
Tensione ai morsetti, in Volt.
Corrente, in ampere.

**2-2205** (2204). *Motore sincrono.*
Tipo e modo di raffreddamento.
Velocità di rotazione, in giri al minuto.
Frequenza, in periodi al secondo.
Numero delle fasi e loro collegamento.
Potenza normale, in watt (W) o in kilowatt (kW) con indicazione della natura del servizio.
Se il motore è destinato a migliorare il fattore di potenza della rete, si dovrà indicare il valore del fattore di potenza (in anticipo) con cui esso dovrà funzionare.
Salvo indicazione contraria il motore deve essere capace di fornire la sua potenza normale con un fattore di potenza compreso fra 0,95 in ritardo e 0,95 in anticipo.
Tensione di alimentazione, in volt.
Corrente, in ampere.
Tensione di eccitazione, in volt.
Corrente di eccitazione massima prevista, in ampere.
Metodo previsto per l'avviamento e sorgente di potenza disponibile a questo scopo.
Coppia d'avviamento in kg/m.

**2-2206** (2205). *Regolatore sincrono di tensione e di fase (condensatore sincrono).*
Tipo e modo di raffreddamento.
Velocità di rotazione, in giri al minuto.
Frequenza, in periodi al secondo.
Numero delle fasi e loro collegamento.
Potenza normale in voltampere (VA) o in kilovoltampere (kVA) con indicazione della natura del servizio.
Quando occorra s'indicherà la potenza in kVA che la macchina può sviluppare a cos $\varphi \cong 0$ in ritardo.
Tensione di alimentazione, in volt.
Corrente, in ampere.
Tensione di eccitazione, in volt.
Corrente di eccitazione, massima prevista, in ampere.
Metodo previsto per l'avviamento e sorgente di potenza disponibile a questo scopo.

**2-2207** (2206). *Motore asincrono.*
Tipo e modo di raffreddamento.
Velocità di rotazione, alla potenza normale, in giri al minuto.
Frequenza, in periodi al secondo.
Numero delle fasi del primario e loro collegamento.
Potenza normale in watt (W) o in kilowatt (kW) con indicazione della natura del servizio.
Tensione di alimentazione, in volt.
Corrente, in ampere.
*Per motori con secondario non in corto circuito, aggiungere alle precedenti indicazioni:*
Tipo del dispositivo di avviamento.
Tensione secondaria a circuito aperto e rotore fermo, in volt.
*Quando si richiedono prestabilite coppie di avviamento, o limitazione di corrente, aggiungere alle precedenti indicazioni:*
Coppia di avviamento, in chilogrammi-metri.
Corrente di avviamento, in ampere.

Rapporto fra la coppia massima e la coppia corrispondente alla potenza normale.

**2-2208** (2207). *Motore asincrono sincronizzato.*
Si indicheranno tutti i dati relativi al motore sincrono aggiungendo le prescrizioni relative all'avviamento indicate per i motori asincroni e i seguenti altri dati:
Coppia massima in funzionamento sincrono, con la corrente normale di eccitazione.
Senso di rotazione (uguale o contrario a quello delle lancette dell'orologio) del motore, visto dal lato del collettore.

**2-2209** (2208). *Motore asincrono compensato.*
Si indicheranno tutti i dati relativi al motore asincrono aggiungendo:
Fattore di potenza a carico normale.
Senso di rotazione (uguale o contrario a quello delle lancette dell'orologio) del motore, visto dal lato del collettore.

**2-2210** (2211). *Convertitrice (di corrente alternata in corrente continua).*
Tipo e modo di raffreddamento.
Velocità di rotazione, in giri al minuto.
Potenza normale, in watt (W) o in kilowatt (kW) con indicazione della natura del servizio.
Tensione, in volt, e intensità, in ampere, della corrente continua.
Frequenza della corrente alternata, in periodi al secondo.
Numero delle fasi.
Fattore di potenza, con l'indicazione se in ritardo o in anticipo; quando questo non sia indicato si intenderà che la convertitrice debba funzionare con fattore di potenza compreso fra 0,97 in ritardo e 0,97 in anticipo. Tale condizione si dovrà verificare: nel caso di eccitazione in derivazione o indipendente per ogni carico fino alla potenza normale; nel caso di eccitazione composta solo per un carico prestabilito; se tale valore non è indicato, si intenderà uguale a 3/4 della potenza normale.
Tensione, in volt, e intensità, in ampere, della corrente alternata.
Modo di eccitazione (in derivazione, composta o indipendente).
Tensione di eccitazione, in volt. (*)
Corrente di eccitazione massima prevista, in ampere. (*)
Metodo previsto per l'avviamento e sorgente di potenza disponibile a questo scopo.
Metodo di regolazione della tensione continua.
Senso di rotazione (uguale o contrario a quello delle lancette dell'orologio) della macchina, vista dalla parte del collettore.

**2-2211** (2212). *Gruppo motore generatore per convertire corrente alternata in continua o viceversa.*

*a)* *Per il gruppo.* — Velocità di rotazione, in giri al minuto, e potenza normale del gruppo.
*b)* *Motore.* — Se sincrono vedi 2-2205, se asincrono vedi 2-2207, se a corrente continua vedi 2-2202.
*c)* *Generatore.* — Se a corrente continua vedi 2-2201; se a corrente alternata vedi 2-2203.

**2-2212** (2213). *Gruppo motore generatore per convertire corrente alternata in corrente alternata di altre caratteristiche (Trasformatore di frequenza o di numero di fasi).*

*a)* *Per il gruppo.* — Velocità di rotazione, in giri al minuto, e potenza normale del gruppo.
*b)* *Motore.* — Se sincrono vedi 2-2205, se asincrono vedi 2-2207.
*c)* *Generatore.* — Vedi 2-2203.

## CAPITOLO III.

## TARGHE CARATTERISTICHE.

### 1. - Generalità.

**2-3101** (3101). Ogni macchina dovrà portare, oltre alla targa indicante il nome del costruttore, una speciale targa caratteristica contenente i dati essenziali di servizio, insieme al tipo di catalogo e al numero della macchina.

Tale targa caratteristica deve dar modo da sola ad un tecnico di conoscere quei dati essenziali della macchina, che gli permettano di adoperarla razionalmente e senza danneggiarla.

**2-3102** (3102 m). Se una macchina è costruita secondo le prescrizioni contenute nel presente volume, deve portare sulla targa caratteristica il monogramma:

---

(*) Solo nel caso di eccitazione indipendente.

La targa deve portare anche l'indicazione dell'anno di fabbricazione.

2-**3103** (3103 m). Quando manchi qualsiasi indicazione in proposito la macchina si intenderà costruita:

1° in base ad una temperatura ambiente di riferimento di 40° C per l'aria o di 25° per l'acqua;

2° per un'altitudine non superiore ai 1000 metri;

3° per un servizio continuativo.

In caso contrario la targa deve portare l'indicazione della temperatura ambiente, dell'altitudine, della durata del servizio limitato e del rapporto di intermittenza.

Se la macchina è costruita secondo la clausola contenuta nell'art. 2-4303 la targa dovrà contenere l'indicazione « trop. » (tropicale).

2-**3104** (3105). Quando una macchina sia destinata a funzionare entro ampi limiti di tensione e di velocità, devono essere inscritte sulla targa tutte le indicazioni relative.

### 2. - Dati da inscriversi sulla targa.

2-**3201** (3101 m). *Generatore di corrente continua.*
Generatore c. c.
Velocità di rotazione, in giri al minuto.
Potenza normale, in watt (W) o in kilowatt (kW).
Tensione ai morsetti, in volt.
Corrente alla potenza normale, in ampere.
Modo di eccitazione.
Corrente massima di eccitazione, in ampere.
Tensione di eccitazione, in volt (*).
*Nota.* — Occorre indicare con una freccia vicino al collettore il senso di rotazione della macchina.

2-**3202** (3202 m). *Motore a corrente continua.*
Motore c. c.
Velocità di rotazione, alla potenza normale, in giri al minuto.
Potenza normale, in watt (W) o in kilowatt (kW).
Tensione di alimentazione, in volt.
Corrente assorbita a potenza normale, in ampere.
Modo di eccitazione.
Corrente massima di eccitazione, in ampere.
Tensione di eccitazione, in volt (*).
*Nota.* — Occorre indicare con una freccia vicino al collettore il senso di rotazione della macchina.

2-**3203** (3203). *Generatore sincrono (alternatore).*
Generatore sincrono (c. a.).
Velocità di rotazione, in giri al minuto.
Frequenza, in periodi al secondo.
Numero delle fasi e loro collegamento.
Potenza normale, in voltampere (VA) o in kilovoltampere (kVA).
Fattore di potenza corrispondente alla potenza normale con indicazione se in ritardo o in anticipo.
Tensione ai morsetti, in volt.
Corrente alla potenza normale, in ampere.
Tensione d'eccitazione, in volt.
Corrente massima di eccitazione, in ampere.

2-**3204** (nuovo). *Generatore asincrono.*
Generatore asincrono (c. a.).
Velocità di rotazione, in giri al minuto.
Frequenza, in periodi al secondo.
Numero delle fasi e loro collegamento.
Potenza normale in voltampere (VA) o in kilovoltampere (kVA).
Tensione ai morsetti, in volt.
Corrente alla potenza normale, in ampere.

2-**3205** (3204). *Motore sincrono.*
Motore sincrono.
Velocità di rotazione, in giri al minuto.
Frequenza, in periodi al secondo.
Numero delle fasi e loro collegamento.
Potenza normale in watt (W) o in kilowatt (kW).
Fattore di potenza alla potenza normale.
Tensione di alimentazione, in volt.
Corrente assorbita a potenza normale, in ampere.
Tensione di eccitazione, in volt.
Corrente massima di eccitazione, in ampere.
Tensione d'avviamento, in volt (*).
Corrente d'avviamento, in ampere (*).

2-**3206** (3205). *Regolatore sincrono di tensione e di fase (condensatore sincrono).*

(*) Solo nel caso di eccitazione indipendente.

Condensatore sincrono.
Velocità di rotazione, in giri al minuto.
Frequenza, in periodi al secondo.
Numero delle fasi e loro collegamento.
Potenza normale, in voltampere (VA) o in kilovoltampere (kVA).
Tensione di alimentazione, in volt.
Corrente assorbita a potenza normale, in ampere.
Tensione di eccitazione, in volt.
Corrente massima di eccitazione, in ampere.
Tensione d'avviamento, in volt (*).
Corrente d'avviamento, in ampere (*).

2-**3207** (3206). *Motore asincrono.*
Motore asincrono.
Velocità di rotazione alla potenza normale, in giri al minuto.
Frequenza, in periodi al secondo.
Numero delle fasi.
Potenza normale, in watt (W) o in kilowatt (kW).
Tensione di alimentazione, in volt.
Corrente assorbita a potenza normale, in ampere.
Tensione secondaria a circuito aperto e rotore fermo, in volt.
Corrente secondaria alla potenza normale, in ampere.
Schema di collegamento del primario e del secondario.

2-**3208** (3207). *Motore asincrono sincronizzato.*
Motore asincrono sincronizzato.
Velocità di rotazione, in giri al minuto.
Frequenza, in periodi al secondo.
Numero delle fasi e loro collegamento.
Potenza normale, in watt (W) o in kilowatt (kW).
Fattore di potenza alla potenza normale.
Tensione di alimentazione, in volt.
Corrente assorbita a potenza normale, in ampere.
Tensione di eccitazione, in volt.
Corrente massima di eccitazione, in ampere.
*Nota.* — Occorre indicare con una freccia vicino al collettore il senso di rotazione della macchina.

2-**3209** (3208). *Motore asincrono compensato.*
Motore asincrono compensato.
Velocità di rotazione alla potenza normale, in giri al minuto.
Frequenza, in periodi al secondo.
Numero delle fasi.
Potenza normale, in watt (W) o in kilowatt (kW).
Fattore di potenza alla potenza normale.
Tensione di alimentazione in volt.
Corrente assorbita a potenza normale, in ampere.
Tensione secondaria a circuito aperto e rotore fermo, in volt.
Corrente secondaria alla potenza normale, in ampere.
Schema di collegamento del primario e del secondario.
*Nota.* — Occorre indicare con una freccia vicino al collettore il senso di rotazione della macchina.

2-**3210** (3211). *Convertitrice.*
Convertitrice.
Velocità di rotazione, in giri al minuto.
Potenza normale, in watt (W) o in kilowatt (kW).
Fattore di potenza, alla potenza normale.
Tensione, in volt, e intensità, in ampere, della corrente continua, alla potenza normale.
Frequenza della corrente alternata, in periodi al secondo.
Numero delle fasi.
Tensione, in volt, e intensità, in ampere, della corrente alternata, alla potenza normale.
Tensione di eccitazione, in volt (*).
Corrente massima di eccitazione, in ampere (*).
*Nota.* — Occorre indicare con una freccia vicino al collettore il senso di rotazione della macchina.

2-**3211** (3212). *Gruppo motore generatore.*
Una targa su ciascuna delle due macchine formanti il gruppo, con tutte le indicazioni corrispondenti.

## CAPITOLO IV.

## SOVRARISCALDAMENTO.

### 1. - Temperatura ambiente di riferimento.

2-**4101** (4101). La temperatura ambiente di riferimento è rispettivamente di 40° o 25° secondo il tipo di macchina, sempre che non sia diversamente indicato nell'offerta, nell'ordinazione e nella targa caratteristica.

2-**4102** (4102). Se, durante le prove, la temperatura ambiente è inferiore ai 40°, o quella dell'acqua di raffreddamento

(*) Solo nel caso di eccitazione indipendente.

è inferiore ai 25° nessuna correzione dovrà applicarsi ai risultati delle misure di sopraelevazione di temperatura. Di regola però non conviene eseguire prove quando la temperatura ambiente scenda sotto i 10°.

2–**4103** (4202 m). Per le macchine a ventilazione forzata con aspirazione dall'esterno della sala e per quelle ventilate in circuito chiuso quando la temperatura dell'aria all'entrata nella macchina rispettivamente nell'apparecchio refrigerante differisca di almeno 5° da quella dell'ambiente, dicendo $t_e$ la prima e $t_i$ la seconda di queste temperature, si potrà considerare quale temperatura di riferimento il valore:

$$t = \frac{4 t_e + t_i}{5}$$

**2. - Prescrizioni per la misura delle temperature nelle varie macchine.**

2–**4201** (nuovo). In generale la temperatura degli avvolgimenti verrà determinata col metodo per resistenza.

Il metodo dei rivelatori verrà usato in casi speciali come indicato più avanti.

L'impiego del metodo termometrico è ammesso nei casi seguenti:

*a*) quando il metodo per resistenza è inapplicabile, p. es., nel caso di avvolgimenti d'eccitazione serie, poli ausiliari o compensatori, e in generale nei casi di avvolgimenti a bassa resistenza, sopratutto quando la resistenza dei giunti e delle connessioni costituisce una gran parte della resistenza totale;

*b*) per gli avvolgimenti, mobili o no, in un solo strato;

*c*) quando si tratti di prove su una serie di macchine simili, su una delle quali sia già stato eseguito il rilievo col metodo per resistenza.

2–**4202** (4401). *Macchine a corrente continua convertitrici.*
La temperatura degli avvolgimenti induttori va determinata per resistenza.

Quella dell'indotto va possibilmente determinata per resistenza; quando questo metodo sia inapplicabile si applicherà il termometro nei punti accessibili più caldi.

Per il ferro, i collettori, i cuscinetti, i morsetti ecc. si userà il metodo termometrico.

2–**4203** (4402 m). *Macchine sincrone e motori asincroni sincronizzati.*

La temperatura degli avvolgimenti induttori va determinata per resistenza.

Quella dell'indotto generalmente pure per resistenza; quando questo metodo sia inapplicabile si applicherà il termometro nei punti accessibili più caldi.

Per l'avvolgimento indotto delle macchine tipo turbo ed analoghe di 5000 kVA ed oltre e di quelle a poli salienti di 5000 kVA ed oltre, oppure di 1 m e più di lunghezza assiale di nucleo, si useranno i rivelatori interni.

Non è consigliabile il metodo per resistenza per la misura della temperatura degli avvolgimenti statorici delle macchine azionate da turbine a vapore.

Per il ferro, i collettori, i cuscinetti, i morsetti, ecc. si userà il metodo termometrico.

2–**4204** (4403). *Macchine asincrone.*
Le temperature degli avvolgimenti dello statore e del rotore vanno determinate per resistenza, salvo per avvolgimenti in corto circuito permanente per cui si ricorrerà al metodo termometrico.

Per il ferro, i collettori, i cuscinetti, i morsetti, ecc. si userà il metodo termometrico.

**3. - Sopraelevazioni di temperatura ammissibili sull'ambiente.**

2–**4301** (4502 m). La tabella seguente dà le sopraelevazioni sull'ambiente massime ammissibili per macchine destinate a funzionare con una temperatura massima dell'aria ambiente o di raffreddamento di 40° C e dell'acqua di raffreddamento di 25° C e isolate con materiali delle classi *O*, *A* e *B* come definiti nella prima parte.

Nessun limite di riscaldamento è stato finora fissato per i materiali della classe *C*.

Quando, con convenzioni particolari, fossero state stabilite temperature di riferimento inferiori o superiori a 40° e 25° le sopraelevazioni della tabella verranno aumentate o rispettivamente diminuite della differenza fra la temperatura di riferimento normale e quella convenuta.

2–**4302** (4503-4603 m).

SOVRARISCALDAMENTI AMMISSIBILI

| Art. N. | Avvolgimenti e parti di macchine | Classe isolamento O | Classe isolamento A | Classe isolamento B | Metodo di misura |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | (*a*) Avvolgimenti a corrente alternata eccettuati quelli art. 2 e 3 .......... | 35° (*) | 50° (*) | 65° (*) | termometrico |
| | (*b*) Avvolgimenti di eccitazione eccettuati quelli art. 4 e 5 ..........<br>(*c*) Avvolgimenti indotti collegati a collettori.... | 45° | 60° | 80° | per resistenza |
| 2 | Avvolgimenti di turbo alternatori di 5000 kVA o più nonché avvolgimenti di macchine sincrone a poli salienti e di macchine ad induzione di 5000 kVA o più aventi una lunghezza assiale di 1 m e più:<br>(*a*) Un lato di matassa per canale; rivelatore fra matassa e fondo canale ... | — | 50° | 65° | rivelatore int. |
| | (*b*) Un lato di matassa per canale; rivelatori a contatto rame .......... | — | 65° | 85° | rivelatore int. |
| | (*c*) Due o più lati di matassa per canale ...... | — | 60° | 80° | rivelatore int. |
| 3 | Avvolgimenti a corrente alternata di macchine tipo turbo più piccole di quelle art. 2 ................ | 35° (*) | 50° (*) | 65° (*) | termometrico |
| 4 | Avvolgimenti di eccitazione di macchine tipo turbo . | — | — | 90° | per resistenza |
| 5 | Avvolgimenti di eccitazione di debole resist. aventi uno o più strati e avvolgimenti di compensazione. | 45° | 60° | 80° | termometrico o per resist. |
| 6 | Avvolgimenti isolati di grosse macchine chiusi permanentemente su se stessi .............. | 45° | 60° | 80° | termometrico. |
| 7 | Avvolgimenti non isolati stabilmente chiusi su se stessi. | vedi art. 2-4809. | | | |
| 8 | Nuclei in ferro e altre parti non a contatto con gli avvolgimenti | | | | |
| 9 | Nuclei in ferro e altre parti a contatto con gli avvolgimenti. | | | | |
| 10 | Collettori ed anelli ........ | 50° (art. 2-4307). | | | |
| 11 | Parti metalliche dei cuscinetti ................ | 40° | | | |

(*) Per gli avvolgimenti ad alta tensione si deve applicare una correzione a questi articoli (vedi 2-4306).

2–**4303** (nuovo). Nel caso di macchine destinate a funzionare in luoghi dove la temperatura massima dell'aria ambiente è superiore a 40°, in mancanza di convenzioni particolari, le sopraelevazioni date nella tabella devono essere ridotte di 10° tanto per classe *A* che per la classe *B*, essendo inteso che le prove vanno eseguite nelle officine del costruttore.

2–**4304** (4103). Per le macchine da installare ad una altitudine superiore ai 1000 metri sul livello del mare, le sopraelevazioni di temperatura prescritte nella tabella saranno ridotte dell'1% per ogni cento metri di maggiore altitudine sopra i 1000 metri.

Fanno eccezione le macchine con raffreddamento ad acqua.

2–**4305** (4601 m). È ammesso un eccesso di 5° sui valori della tabella per gli avvolgimenti fissi costruiti in modo da formare una massa senza spazi interni d'aria e di buona conducibilità termica.

**2–4306** (nuovo). Per quanto riguarda gli avvolgimenti a corrente alternata isolati completamente per una tensione normale superiore a 11000 V, i limiti di riscaldamento determinati per termometro o per rivelatori interni di temperatura collocati all'esterno del tubo isolante saranno ridotti di 1,5° C per ogni 1000 V o frazione di 1000 V al disopra di 11000 V.

Gli avvolgimenti isolati per una tensione normale superiore a 15000 V formeranno oggetto di accordi speciali.

**2–4307** (nuovo). I riscaldamenti dei collettori e degli anelli possono superare i valori dell'art. 10 della tabella purchè siano osservate le tre condizioni seguenti:

*a*) Le temperature degli isolanti del collettore e degli avvolgimenti adiacenti non sorpasseranno i limiti ammessi nella tabella per gli isolanti di queste parti.

*b*) Il costruttore darà una garanzia speciale che l'alta temperatura raggiunta non sarà nociva alla commutazione.

*c*) Le temperature non dovranno compromettere la stabilità dei giunti saldati e delle connessioni.

**2–4308** (4604 m). *Isolamenti composti di diversi materiali.* Quando isolanti di classi diverse sono adoperati insieme in una stessa parte di avvolgimento (eccetto il caso contemplato parlando degli isolanti di classe *B*), per esempio quando l'isolamento di una parte di una macchina è costituito da strati sovrapposti di materiali diversi, la sopraelevazione di temperatura ammissibile è la minore fra quelle ammesse per i vari componenti, a meno che non sia possibile misurare le temperature dei diversi strati, nel qual caso si assegnerà ad ogni materiale il limite corrispondente.

Quando isolanti di classi diverse sono adoperati separatamente in diverse parti di uno stesso avvolgimento, la sopraelevazione di temperatura ammissibile per ciascuna parte dell'avvolgimento è quella fissata per l'isolante impiegato.

**2–4309** (4605 m). I limiti di sovratemperatura per i nuclei in ferro e altre parti a contatto con gli avvolgimenti (art. 9 della tabella) sono gli stessi di quelli ammessi nella tabella per gli avvolgimenti in contatto; non verrà però ad essi applicata la correzione dell'art. 2–4306.

Il riscaldamento di avvolgimenti non isolati permanentemente chiusi su se stessi e di nuclei in ferro ed altre parti non a contatto con gli avvolgimenti (art. 7 e 8 della tabella) non deve in nessun caso raggiungere un valore tale che sia di danno agli stessi ed ai materiali isolanti o no che siano adiacenti.

## CAPITOLO V.

## ISOLAMENTO.

### 1. - Resistenza d'isolamento.

**2–5101** (5201 m). La resistenza di isolamento di una macchina, misurata alla sua temperatura di regime normale, conviene che non sia inferiore a quella data dalla seguente formula empirica:

$$\text{Resistenza di isolamento in megohm} = \frac{\text{tensione ai morsetti}}{\text{potenza in kVA} + 1000}$$

con un minimo di 1 megohm.

È raccomandabile di usare per la misura una tensione di almeno 500 V.

### 2. - Rigidità dielettrica.

**2–5201** (5301 m). Le prove di rigidità dielettrica devono farsi, salvo accordi in contrario, nelle Officine del costruttore. La macchina deve essere completa, con tutti i suoi organi in posto in condizioni equivalenti a quelle normali di funzionamento. In ogni caso le tensioni di prova prescritte non possono essere applicate che ad una macchina nuova e la prova stessa non deve farsi se la resistenza di isolamento è bassa per effetto di polvere o di umidità.

La tensione di prova sarà alternativa.

**2–5202** (5308 m). *Isolamento esterno.* La tensione di prova deve essere applicata successivamente fra ciascun circuito elettrico e tutti gli altri circuiti collegati alle altre parti metalliche e messi a terra.

Si faranno due prove distinte:

a) *Prova di lunga durata* da eseguire sulle macchine per tensioni normali di oltre 500 V, applicando per 40 minuti una tensione eguale a 1,3 la maggiore delle tensioni di targa.

b) *Prova di breve durata* da eseguirsi dopo la precedente applicando per un minuto la tensione indicata nella seguente tabella:

| N. | Macchina o parte di macchina | Tensione di prova in volt | Osservazioni |
|---|---|---|---|
| 1 | Macchine rotanti di potenza inferiore a 1 kW o 1 kVA ..... | $2E + 500$ | $E$ = la più alta delle tensioni di targa in volt (*) |
| 2 | Macchine rotanti da 1 kW o 1 kVA a 3 kW o 3 kVA .......... | $2E + 1000$ | |
| 3*a* | Macchine rotanti oltre 3 kW o 3 kVA (vedi anche *b*) ...... | $2E + 1000$ min. 1500 | |
| 3*b* | Macchine rotanti di 10000 kW o kVA e oltre: | | |
| | per $E$ fino a 2000 V ...... | $2E + 1000$ | |
| | » » oltre » » fino a 6000 V ......... | $2{,}5\,E$ | |
| | » » oltre 6000 V ......... | $2E + 3000$ | |
| 4 | Avvolgimenti di eccitazione di generatori e motori sincroni: | | |
| | (*a*) Con avviamento non asincrono | $10\,b$ min. 1500 mass. 3500 | $e$ = tensione di eccitazione in volt. |
| | (*b*) Con avviamento asincrono essendo l'induttore chiuso su una resistenza non maggiore di 10 volte la resistenza propria .. | $10\,e$ min. 1500 mass. 3500 | |
| | (*c*) Con avviamento asincrono essendo l'induttore aperto o chiuso su una resistenza superiore a 10 volte la resistenza propria . | $10\,e + 1000$ min. 1500 mass. 8000 | |
| 5 | Avvolgimenti di eccitazione per convertitrici: | | |
| | (*a*) Per avviamento con gli avvolgimenti di eccitazione permanentemente collegati alla sorgente di eccitazione ........ | $2\,e + 1000$ | |
| | (*b*) per avviamento in altro modo | come sotto 4 | |
| 6 | Secondari di motori ad induzione non chiusi permanentemente in corto circuito: | | |
| | (*a*) In generale ................ | $2E_2 + 1000$ | $E_2$ = tensione in volt del circuito secondario aperto a motore fermo eccitato. |
| | (*b*) Se appartenenti a motori destinati ad essere invertiti mediante l'inversione di due fasi statoriche, mentre girano a velocità approssimativam. normale .................... | $4E_2 + 1000$ | |
| 7 | Gruppi di macchine ed apparecchi riuniti ................ | — | (**) |

(*) Per macchine inserite in serie per variare la tensione di una rete $E$ rappresenta la tensione della rete.

(**) Quando la prova deve essere eseguita su di un gruppo di diversi apparecchi nuovi installati in posto e fra loro collegati, dei quali ciascuno sia già stato sottomesso alla prova preliminare di rigidità dielettrica, la tensione di prova non deve superare l'85 % della tensione applicabile ad uno di questi apparecchi.

**2–5203** (5309). *Isolamento fra le fasi.* — Questa prova serve alla verifica della rigidità dielettrica fra parti contigue degli avvolgimenti di fasi diverse.

Si deve eseguire sulle macchine sincrone ed asincrone.

La prova deve farsi applicando successivamente fra ciascuna fase e tutte le altre, collegate a massa, una tensione di 1,5 $E$ volt per la durata di 1 minuto ($E$ = la più alta delle tensioni di targa, in volt).

**2–5204** (5310). *Isolamento fra conduttori* (***). — Questa prova

(***) Il Sottocomitato ha deciso a lieve maggioranza di precisare le norme per la prova dielettrica fra le spire. Esso ha provvisoriamente riprodotto la proposta già inclusa nello schema pubblicato nel Maggio 1928. La proposta attualmente è in discussione presso la Commissione Elettrotecnica Internazionale.

serve alla verifica della rigidità dielettrica fra conduttori contigui lungo tutto lo sviluppo dell'avvolgimento.

Essa si applica alle macchine sincrone ed asincrone di potenza superiore rispettivamente a 3000 kVA e 3000 kW ed avvolte con matasse eseguite a parte.

Si proveranno una o più matasse scelte a caso fra quelle destinate all'avvolgimento della macchina, dopo averle opportunamente sezionate e predisposte.

La prova deve farsi possibilmente a temperatura di regime, applicando (1-4203) ad ogni coppia di conduttori vicini la tensione indicata nella seguente tabella, per la durata ivi pure indicata.

La tensione verrà successivamente aumentata fino a perforazione dell'isolante.

| Macchina e parti di macchina | Tensione di prova in volt | Durata di applicaz. della tensione di prova |
|---|---|---|
| 1. Macchine sincrone ....... | $E$ | 1 minuto |
| 2. Macchine asincrone: | | |
| *a*) bobine di testa (la 1ª verso la linea) ...... | $E$ | 1 minuto |
| *b*) le altre bobine ....... | $0{,}5\,E$ | 1 minuto |

$E$ = la più alta delle tensioni di targa, in volt.

### 3. - Prova di funzionamento a tensione aumentata.

2-**5301** (5401 m). La macchina sarà fatta funzionare per 5 minuti ad una tensione eguale a 1,5 volte la tensione normale, aumentandone quando ne sia il caso convenientemente la velocità di rotazione, che però non dovrà oltrepassare 1,25 volte quella normale.

Sono escluse da questa prova le macchine a corrente continua per tensioni superiori a 750 V.

## CAPITOLO VI.

## NORME MECCANICHE ED ELETTRICHE VARIE.

### 1. - Norme meccaniche.

2-**6101** (6101). *Eccessi di velocità.* — Tutte le macchine rotanti devono con sicurezza, senza alterazioni o deformazioni permanenti, elettriche o meccaniche, sopportare per 1 minuto un eccesso di velocità del 25% rispetto alla massima velocità segnata sulla targa caratteristica.

2-**6102** (6102). Le generatrici accoppiate a turbine idrauliche devono poter sopportare la massima velocità (velocità di fuga) che il gruppo può assumere girando a vuoto senza regolatore. La prova alla velocità di fuga dovrà essere eseguita, possibilmente, presso il costruttore. Appena raggiunta la velocità massima, si dovrà fermare il gruppo il più rapidamente possibile, e controllare poscia accuratamente se le parti rotanti non hanno subito deformazioni permanenti.

*Nota.* — Per le generatrici accoppiate a turbine idrauliche è consigliabile, come per le termiche, l'adozione di un apparecchio, indipendente dall'ordinario regolatore, che chiuda automaticamente l'ammissione del fluido motore, in modo da limitare la velocità al 25% sopra la normale.

2-**6103** (nuovo). I serpentini dei cuscinetti raffreddati con circolazione d'acqua devono resistere ad una pressione di prova di 10 atmosfere.

I cuscinetti con camera di raffreddamento in ghisa devono resistere ad una pressione di prova di 2 atmosfere.

2-**6104** (6103 m). Coppia massima momentanea dei motori:

a) *Motori a corrente continua.* Un motore a corrente continua deve sopportare al banco di prova durante 15 secondi una coppia eguale a 1,5 volte quella normale, essendo la tensione mantenuta al valore normale.

b) *Motori sincroni polifasi.* Un motore sincrono polifase deve sopportare durante 15 secondi senza uscire di fase una coppia eguale a 1,5 volte quella normale, essendo tensione e frequenza d'alimentazione mantenute al loro valore normale e la corrente di eccitazione regolata al valore corrispondente al carico normale.

c) *Motori d'induzione polifasi.* Un motore d'induzione polifase deve sopportare durante 15 secondi senza arrestarsi nè scendere bruscamente di velocità (sotto un aumento graduale della coppia) una coppia eguale a 1,75 volte quella normale, essendo la tensione e frequenza mantenute al loro valore normale. Questa condizione non si applica:

1) ai motori d'induzione a velocità eccezionalmente bassa ed ai motori per frequenza elevata, aventi cioè un basso fattore di potenza;

2) ai motori d'induzione che non richiedono una forte coppia massima;

3) ai motori d'induzione specialmente studiati per limitare l'assorbimento di corrente durante l'avviamento.

In tutte le prove di coppia massima si partirà dal motore freddo, in modo da non superare durante la prova le sovratemperature ammesse.

### 2. - Norme elettriche.

2-**6201** (6202 m). *Commutazione.* — Le macchine a corrente continua per servizio continuativo e per servizio a durata limitata devono funzionare da vuoto alla potenza normale con spazzole fisse e praticamente senza scintille: devono poi funzionare ancora senza scintillamenti dannosi durante 15 secondi con una corrente eguale a 1,5 volte la normale, ammesso in questo caso uno spostamento delle spazzole per le macchine senza poli ausiliari.

La prova di commutazione deve farsi subito dopo la prova di riscaldamento.

2-**6202** (6203). Le macchine a corrente continua per servizio intermittente devono funzionare regolarmente con spazzole fisse nelle condizioni specificate di carico variabile.

2-**6203** (6204). Le macchine a corrente continua dovranno sopportare senza inconvenienti lo stacco istantaneo di una potenza 1,5 volte la normale.

2-**6204** (6205). *Forma d'onda.* — La forma normale d'onda è la sinusoidale. Salvo specificazioni speciali, il coefficiente di deformazione dell'onda di tensione dei generatori funzionanti a vuoto o con carico non induttivo sarà ritenuto soddisfacente quando non superi il 10 %.

2-**6205** (6201 m). *Corrente di corto circuito.* — I generatori sincroni trifasi devono sopportare senza inconvenienti di sorta per la durata di 30 secondi la corrente permanente di corto circuito con eccitazione normale, cioè corrispondente al pieno carico normale.

*Nota.* — Per i generatori sincroni di potenza di 5000 kVA e oltre si consiglia di stabilire caso per caso il valore istantaneo massimo della corrente di corto circuito nonchè la modalità della prova.

## CAPITOLO VII.

## RENDIMENTI.

### 1. - Generalità.

2-**7101** (7101). Quando nell'offerta o nell'ordinazione di una macchina si convenga di indicarne o garantirne il rendimento, si dovrà precisare se si tratta di rendimento effettivo o di rendimento convenzionale.

2-**7102** (7102 m). È consigliabile di indicare il valore del rendimento a metà ed a pieno carico normale, tanto per fattore di potenza eguale ad uno, che per fattore di potenza eguale a 0,8 in ritardo (ciò si intende per le macchine per le quali il fattore di potenza può essere considerato).

2-**7103** (7103). Il rendimento deve essere determinato per le condizioni normali di funzionamento e i risultati delle misure dovranno essere eventualmente corretti a questo scopo. Esso quindi deve determinarsi per i valori fissati della velocità, frequenza, tensione, fattore di potenza, ecc. e, quando si tratta di rendimento effettivo, deve misurarsi alla temperatura di regime.

2-**7104** (7104). Quando si tratta di rendimento convenzionale, le perdite variabili colla temperatura saranno riportate col calcolo alla temperatura di 75° C.

2-**7105** (7105 m). Per la misura del rendimento di motori a corrente alternata e di convertitrici di notevole importanza si dovrà verificare che la forma d'onda della tensione di alimentazione non abbia un coefficiente di deformazione maggiore del 10%.

2-**7106** (7106 m). Salvo espliciti accordi in contrario, nelle garanzie di rendimento si intendono incluse fra le perdite e si debbono quindi misurare, quelle che si verificano negli accessori facenti parte integrante della macchina, come reostati di regolazione, reostati addizionali, ventilatori interni, eccitatrici direttamente accoppiate: tali perdite potranno però anche essere indicate separatamente.

Sono invece esclusi il consumo di ventilatori esterni, pompe d'acqua, pompe d'olio e le perdite negli accessori meccanici esterni come cinghie, ingranaggi di comando, ecc.

### 2. - Avvertenze relative alla determinazione del rendimento effettivo.

2-**7201** (7201). La determinazione del rendimento effettivo non deve di norma effettuarsi che in quei casi, nei quali la differenza fra la potenza immessa e quella ricavata è notevole, cosicchè gli errori di misura possano risultare trascurabili di fronte al valore complessivo delle perdite.

2-**7202** (7202). *Metodi a ricupero.* — Per la misura del rendimento effettivo e allorchè si disponga di macchine uguali, potranno adottarsi i metodi a circolazione, ed a ricupero di energia.

### 3. - Avvertenze relative alla determinazione del rendimento convenzionale.

**2-7301** (7301). Quando nell'offerta o nell'ordinazione di una macchina si indichi un rendimento convenzionale si intenderà, salvo espliciti accordi in contrario, che le perdite da considerare e i metodi per misurarle sono quelli specificati negli articoli che seguono.

**2-7302** (7302). *Perdite.* — Le perdite nelle macchine rotanti, costruite per tensione e velocità costanti, sono di tre classi:

1° Perdite che rimangono o possono convenzionalmente ritenersi costanti al variare del carico, come quelle per attrito meccanico nei sopporti ed ai collettori, quelle di ventilazione, quelle del ferro, e quelle dei circuiti elettrici di eccitazione separata od in derivazione, quando la corrente di eccitazione non è variabile col carico.

2° Perdite variabili col carico, dovute alla resistenza, in tutti gli avvolgimenti dell'indotto e in quelli dell'induttore, in quanto siano destinati a portare correnti variabili col carico.

3° Perdite addizionali. Tali sono quelle dipendenti da distorsioni di flussi magnetici, da disuniforme distribuzione di corrente, da correnti parassite nelle masse metalliche vicine agli avvolgimenti, ecc.

Le sole perdite delle categorie 1 e 2 si possono generalmente misurare con una precisione sufficiente per le esigenze della pratica; delle perdite addizionali si tiene conto o con opportuni procedimenti di misura o con cifre convenzionali.

**2-7303** (7303). Le perdite dovute alla resistenza degli avvolgimenti, salvo i casi in cui sia diversamente specificato, si devono calcolare in base ai valori delle resistenze ohmiche, misurate con corrente continua, e riportate a 75° C.

### 4. - Perdite da considerarsi nella specificazione del rendimento convenzionale.

**2-7401** (7401). *Macchine a corrente continua.*

1° Perdite per attrito (cuscinetti e spazzole) e per ventilazione, a velocità normale.

2° Perdite nel ferro a vuoto per la tensione normale di targa.

3° Perdite per resistenza negli avvolgimenti induttori (7303) e nei reostati, per funzionamento a carico e tensione normale, assegnando alla corrente di eccitazione il valore calcolato o rilevato.

4° Perdite per resistenza negli avvolgimenti indotti (7303).

5° Perdite elettriche per contatto delle spazzole sul collettore valutate convenzionalmente in 2 $I$ watt per spazzole di carbone o grafite e 0,6 $I$ watt per spazzole a contenuto metallico, essendo $I$ la corrente di linea in ampere.

6° Perdite addizionali, valutate convenzionalmente uguali a 0,5 % della potenza resa.

**2-7402** (7402 m). *Macchine sincrone e motori asincroni sincronizzati.*

1° Perdite per attrito (cuscinetti e spazzole) e per ventilazione, a velocità normale.

2° Perdite nel ferro a vuoto per la tensione normale di targa.

3° Perdite per resistenza negli avvolgimenti induttori (inclusi i reostati, e le eccitatrici se accoppiate direttamente) per funzionamento a carico e tensione normale, assegnando alla corrente di eccitazione il valore calcolato o rilevato.

4° Perdite per resistenza negli avvolgimenti indotti.

5° Perdite elettriche per contatto delle spazzole sugli anelli, misurabili insieme a quelle dell'induttore o convenzionalmente valutate in 2 $I$ watt essendo $I$ la corrente di eccitazione, in ampère.

6° Perdite addizionali: desumibili dalla prova di corto circuito senza correzione per la temperatura.

**2-7403** (7403). *Motori asincroni e asincroni compensati.*

1° Perdite per attrito (cuscinetti e spazzole) e per ventilazione, la veocità normale.

2° Perdite nel ferro a vuoto per la tensione normale di targa.

3° Perdite per resistenza negli avvolgimenti dello statore e del rotore, deducendo i valori delle correnti primaria e secondaria dal diagramma circolare. Per motori col secondario in corto circuito le perdite nel secondario si dedurranno dalla misura dello scorrimento.

4° Perdite elettriche per contatto delle spazzole sugli anelli, quando esse non sono escluse sotto carico, valutate convenzionalmente uguali a 0,3 $I$ watt per anelli, essendo $I$ la corrente nell'anello, in ampere.

5° Perdite elettriche per contatto delle spazzole sul collettore (solo per gli asincroni compensati) valutate convenzionalmente uguali a $I$ watt per l'insieme delle spazzole appartenenti a ciascuna fase, essendo $I$ la corrente per fase, in ampere, che attraversa il collettore.

6° Perdite addizionali, valutate convenzionalmente uguali al 0,5 % della potenza resa.

**2-7405** (7405). *Convertitrici.*

1° Perdite per attrito (cuscinetti e spazzole) e per ventilazione, a velocità normale.

2° Perdite nel ferro a vuoto per la tensione normale di targa, indicata per la corrente continua.

3° Perdite per resistenza negli avvolgimenti induttori (inclusi i reostati, e le eccitatrici se accoppiate direttamente) per funzionamento a carico e tensione normali, assegnando alla corrente di eccitazione il valore calcolato o rilevato.

4° Perdite per resistenza negli avvolgimenti indotti (2-7303) calcolate per funzionamento cos $\varphi$ = 1: esse saranno ricavate da quelle corrispondenti all'uso della macchina come generatore di corrente continua, moltiplicandole per i seguenti coefficienti: 0,6 per macchine trifasi; 0,3 per macchine esafasi.

5° Perdite per resistenza nelle eventuali reattanze di regolazione.

6° Perdite elettriche per contatto delle spazzole sugli anelli (2-7403, 4°) e sul collettore (2-7401, 5°).

7° Perdite addizionali, valutate convenzionalmente uguali a 0,5 % della potenza resa.

## CAPITOLO VIII.

## VARIAZIONE DI TENSIONE.

**2-8001** (8001 m). Quando nell'offerta di una macchina si convenga di indicarne e garantirne la variazione di tensione percentuale è consigliabile di riferirla al pieno carico e al mezzo carico, per fattore di potenza eguale ad 1 e 0,8 in ritardo (ciò si intende per le macchine per le quali il fattore di potenza può essere considerato).

**2-8002** (8002). Per gli alternatori la misura della variazione di tensione deve di regola eseguirsi con metodo diretto. Quando ciò non sia possibile, è consigliabile di basarsi su una caratteristica a cos $\varphi$ = 0, tenendo in ogni caso conto separato della reazione smagnetizzante e della tensione assorbita dalla reattanza interna dell'indotto.

## CAPITOLO IX.

## TOLLERANZE.

### 1. - Generalità.

**2-9101** (9101 m). Le offerte contenenti garanzie soggette a tolleranza dovranno specificarle e le tolleranze dovranno essere conformi alla tabella seguente. Non è però necessario che vengano date garanzie su tutte le grandezze qui considerate.

### 2. - Tolleranze di carattere generale.

**2-9201** (9201 m). *Perdite e rendimenti.*

| Grandezza garantita | Tolleranza ammessa |
|---|---|
| Rendimento: | |
| *a*) dalla somma delle perdite | 1/10 di 1 — $\eta$ |
| *b*) dal rapporto fra la potenza resa e quella assorbita .. | 0,15 (1 — $\eta$) minimo 0,007 |
| Perdite ................. | 1/10 delle perdite totali |

### 3. - Tolleranze per le singole macchine.

**2-9301** (9301). *Generatori di corrente continua.*

| Grandezza garantita | Tolleranza ammessa |
|---|---|
| Variazione di tensione da vuoto a pieno carico, per i generatori con eccitazione derivata o indipendente .......... | 1/5 della variazione di tensione garantita. |
| Variazione di tensione dei generatori con eccitazione composta.................. | 1/5 della variazione di tensione garantita, con un minimo del 2% della tensione normale (questa tolleranza si applica alla deviazione massima, a un carico qualunque, fra la tensione osservata a quel carico e la retta congiungente i punti rappresentativi delle tensioni garantite a vuoto e a pieno carico). |

2-**9302** (9302 m). *Motori a corrente continua.*

| Grandezza garantita | Tolleranza ammessa |
|---|---|
| Velocità a pieno carico e a temperatura di regime: | Per potenze (in kW per 1000 giri): |
| *a*) eccitazione derivata .. | 10% fra 2/3 e 2,5 (*)<br>7,5% fra 2,5 e 10<br>5% oltre 10 |
| *b*) eccitazione serie ...... | 15% fra 2/3 e 2,5 (*)<br>10% fra 2,5 e 10<br>7,5% oltre 10 |
| Variazione della velocità dei motori in derivazione o dei motori compound (fra vuoto e pieno carico) ............ | 1/5 della variazione garantita, con un minimo di 0,2% della velocità normale. |

(*) Escluse le macchine di potenza inferiore a 1 kW.

2-**9303** (9303). *Generatori sincroni.*

| Grandezza garantita | Tolleranza ammessa |
|---|---|
| Corrente istantanea di corto circuito .................. | 30 % |
| Corrente permanente di corto circuito .................. | 15 % |
| Variazione di tensione a pieno càrico .................. | 20 % |

2-**9304** (9304 m). *Motori asincroni.*

| Grandezza garantita | Tolleranza ammessa |
|---|---|
| Fattore di potenza .......... | $\frac{1-\cos\varphi}{6}$ { minimo 0,02 / massimo 0,07 |
| Potenza reattiva ............ | $\frac{10\sqrt{P^2 Q^2}}{P}$ in % del valore garantito<br>$P$ = potenza attiva<br>$Q$ = potenza reattiva |
| Scorrimento ................ | 1/5 del valore garantito |
| Corrente d'avviamento (per i motori con rotore in corto circuito o con dispositivo di avviamento specificato) ...... | 1/5 della corrente garantita |
| Coppia d'avviamento: | |
| *a*) motore con rotore in corto circuito .............. | 1/10 della coppia garantita |
| *b*) motore con anelli e dispositivo automatico d'avviamento .............. | 1/10 della coppia garantita |
| *c*) motore ad anelli senza avviamento automatico ... | nessuna tolleranza è necessaria. |
| Coppia massima ........... | 1/10 della coppia garantita. Questa tolleranza si applica pure ai valori indicati nel paragr. 2-6103. |

---

PARTE TERZA

# TRASFORMATORI E REGOLATORI AD INDUZIONE

## CAPITOLO I.

## CONVENZIONI E DEFINIZIONI.

### 1. - Campo di applicazione.

3-**1101** (1101 m). Queste norme si applicano ai trasformatori in genere ed ai regolatori ad induzione; sono esclusi i trasformatori sui veicoli per servizio trazione, i trasformatori di misura, quelli di prova ed i trasformatori di piccolissima potenza quali ad esempio quelli da campanello.

In quanto segue sotto la denominazione *trasformatore* si comprendono tutti gli apparecchi sopra indicati.

Le presenti norme sostituiscono quelle delle precedenti edizioni.

### 2. - Classificazione in base al modo di funzionamento.

3-**1201** (nuovo). *Trasformatore.* — È un trasformatore nel quale gli avvolgimenti primario e secondario, fissi l'uno rispetto all'altro ed elettricamente separati, sono inseriti in parallelo sulla rete corrispondente.

*Autotrasformatore.* — È un trasformatore nel quale gli avvolgimenti primario e secondario, fissi l'uno rispetto all'altro, sono collegati in serie.

*Trasformatore serie, trasformatore sur-devoltore.* — Sono trasformatori nei quali gli avvolgimenti primario e secondario sono fissi e separati e l'avvolgimento primario o rispettivamente secondario è inserito in serie sulla rete corrispondente.

*Regolatore ad induzione.* — È un trasformatore i cui avvolgimenti sono mobili l'uno rispetto all'altro. Viene in generale usato come autotrasformatore o come trasformatore sur-devoltore.

3-**1202** (1205 m). Qualunque sia l'uso che si fa di un trasformatore si chiamano *primari* i circuiti che ricevono l'energia elettrica, *secondari* quelli che erogano l'energia verso gli apparecchi utilizzatori.

### 3. - Tipi costruttivi e modi di raffreddamento.

3-**1301** (1409 m). — Un trasformatore può essere del tipo:
*A*) in aria;
*B*) in olio.

I trasformatori in aria possono essere raffreddati:
*a*) con ventilazione naturale;
*b*) con ventilazione forzata.

I trasformatori in olio possono essere costruiti:
*c*) per installazione in ambiente chiuso senza conservatore d'olio;
*d*) per installazione in ambiente chiuso con conservatore d'olio;
*e*) per installazione all'esterno senza conservatore d'olio;
*f*) per installazione all'esterno con conservatore d'olio.

La circolazione dell'olio può essere:
*g*) naturale entro il cassone;
*h*) naturale in organi refrigeranti esterni al cassone.
*i*) forzata in organi refrigeranti esterni al cassone.

Il raffreddamento può avvenire:
*l*) con ventilazione naturale;
*m*) con ventilazione forzata;
*n*) con circolazione d'acqua.

### 4. - Schemi di collegamento per i trasformatori trifasi.

3-**1401** (*Appendice* m).
Per il collegamento dei trasformatori trifasi vengono usati i 4 gruppi di collegamenti riportati nelle tabelle che seguono.

Per la chiara interpretazione di queste tabelle è necessario tener presente le osservazioni seguenti:

1° Le lettere maiuscole si riferiscono all'alta tensione, le minuscole alla bassa, qualunque sia la funzione degli avvolgimenti (primario o secondario).

2° Nei *diagrammi vettoriali* sono rappresentate le f. e. m. indotte negli avvolgimenti dell'alta e della bassa tensione, con i corrispondenti spostamenti di fase; lo spostamento angolare risultante fra l'alta e bassa tensione è quello che si verifica fra le due rette passanti l'una per il punto *A* e il centro del diagramma relativo all'alta tensione, l'altra per il punto *a* e il centro del diagramma di bassa tensione.

3° Gli spostamenti angolari sotto indicati sono anticipi della bassa rispetto all'alta tensione, quando il senso ciclico delle fasi sia quello *A B C*.

Invertendo il senso ciclico delle tensioni rispetto alla successione dei morsetti, gli spostamenti angolari rimangono invariati in valore, ma diventano ritardi della bassa rispetto all'alta tensione.

Per ottenere la bassa in ritardo rispetto all'alta, mantenendo il senso ciclico normale, è necessario rovesciare i collegamenti interni nell'esecuzione del triangolo o dello zig-zag (ribaltare lo schema intorno ad un asse verticale, adagiato lungo la fase *B*).

4° Gli schemi che danno luogo ad uno stesso spostamento angolare sono riuniti in un medesimo gruppo: la numerazione dei gruppi si ottiene dividendo per 30 lo spostamento angolare (questo sistema di numerazione corrisponde a leggere gli spostamenti angolari su un quadrante d'orologio).

5° Gli *schemi di collegamento* rappresentano gli avvolgimenti come sarebbero visti da un osservatore situato dalla parte dei morsetti di alta tensione.

6° Tutti i diagrammi vettoriali sono tracciati supponendo gli avvolgimenti di alta e bassa tensione avvolti nel medesimo senso (ambedue a spirale destrorsa o ambedue a spirale sinistrorsa).

Ne segue che per realizzare i gruppi 6 e 7 bisogna collegare ai morsetti le estremità inferiori di uno dei due avvolgimenti (nel caso della fig. 1 la bassa tensione).

Se per comodità costruttiva si vorranno collegare invece ai morsetti le estremità superiori di ambedue gli avvolgimenti, sarà necessario, per realizzare gli schemi dei gruppi 0 e 1, eseguire gli avvolgimenti nel medesimo senso; per realizzare invece gli schemi dei gruppi 6 e 7 il senso di avvolgimento della bassa tensione dovrà essere rovesciato rispetto a quello dell'alta.

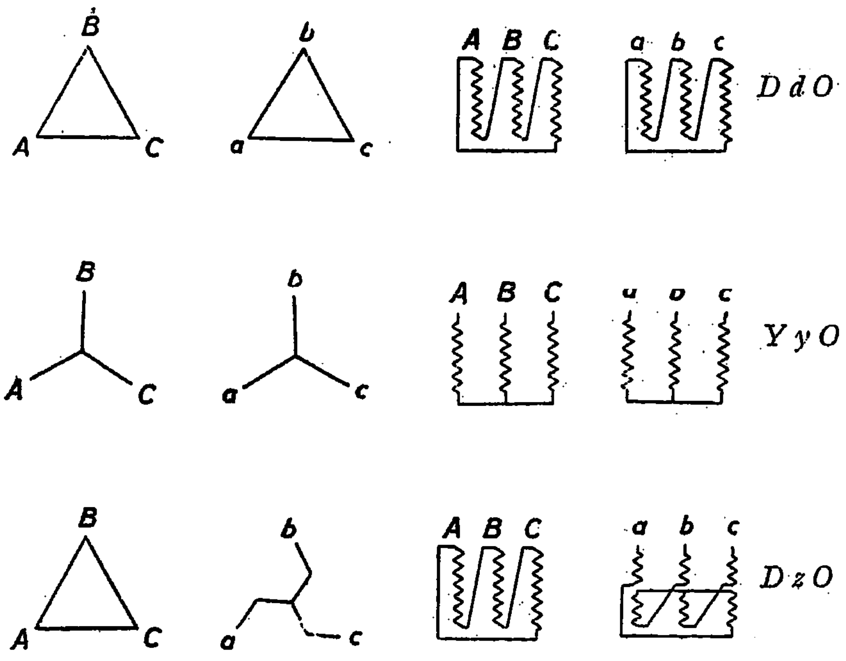
In questo caso gli schemi effettivi per la bassa tensione dei gruppi 6 e 7 si deducono dagli indicati ribaltandoli intorno ad un asse orizzontale.

7° Per la denominazione convenzionale degli schemi si scrivono successivamente le lettere rappresentative del tipo di collegamento dell'alta e della bassa tensione, seguite dal numero del gruppo.

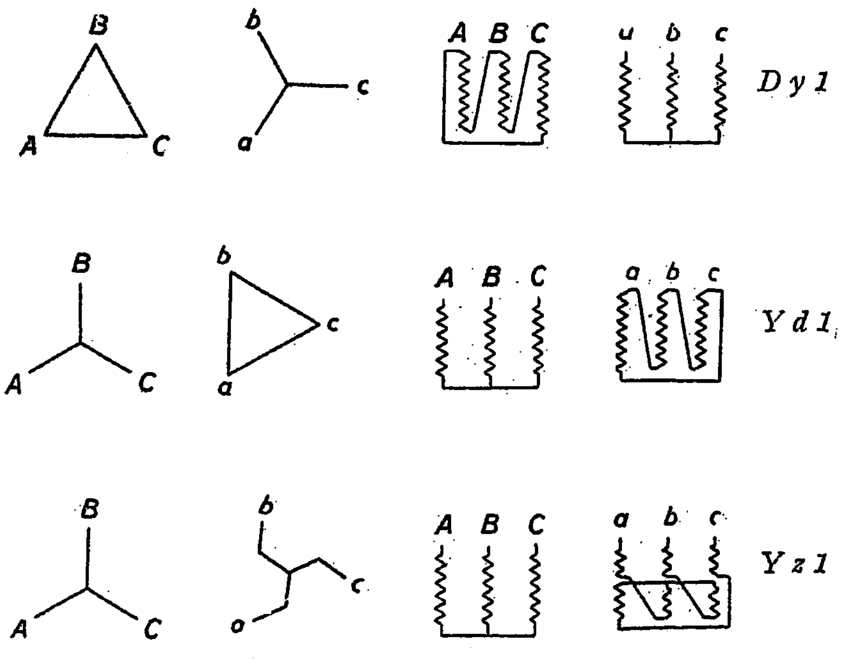
Si userà *D* (abbreviazione di delta) per il triangolo, *Y* per la stella, *Z* per il zig-zag.

8° Si raccomandano come schemi normali quelli dei gruppi 0 e 1.

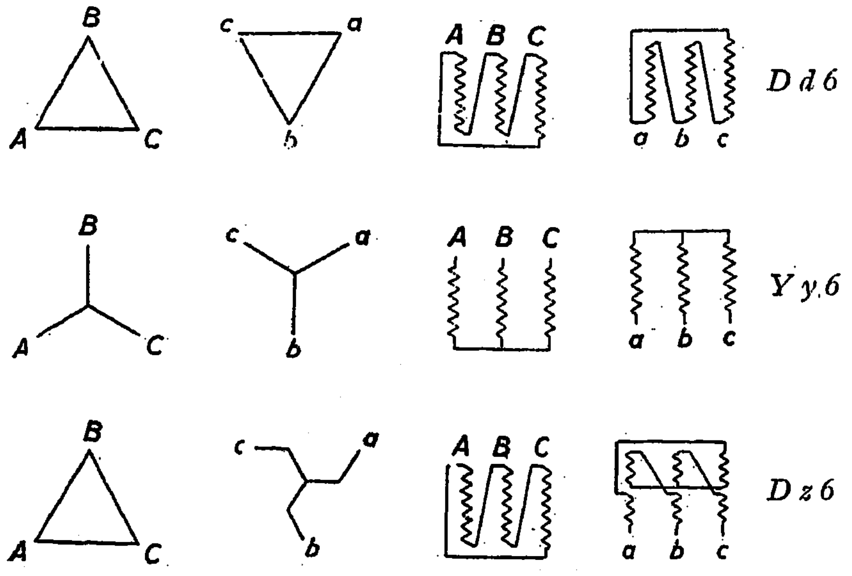
GRUPPO 0 (Spostamento angolare 0°)



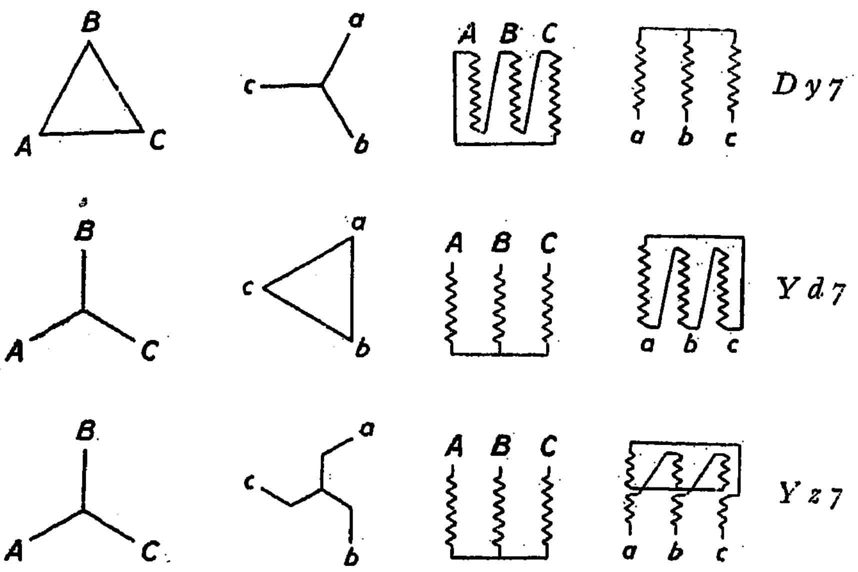

GRUPPO 1 (Spostamento angolare 30°)




GRUPPO 6 (Spostamento angolare 180°)




GRUPPO 7 (Spostamento angolare 210°)




**5. - Potenza.**

**3-1501** (1202 m). Come potenza di un trasformatore o di un regolatore ad induzione si considera la potenza apparente ai morsetti secondari espressa in voltampere (VA) o in kilovolampere (kVA).

**6. - Variazione di tensione.**

**3-1601** (1702 m). La variazione di tensione $v$ di un trasformatore è la differenza fra la tensione $V_0$ del secondario a vuoto e quella $V$ a un determinato carico e fattore di potenza, rimanendo invariata la tensione del primario e la frequenza

$$v = V_0 - V$$

Espressa in percento, va riferita alla tensione secondaria a vuoto

$$v\,\% = \frac{V_0 - V}{V_0}\,100.$$

## CAPITOLO II.

## ISTRUZIONI PER L'OFFERTA E L'ORDINAZIONE.

**1. - Generalità.**

**3-2101** (2101). Le istruzioni che seguono sono intese ad indicare i dati necessari e sufficienti, perchè il trasformatore sia ben definito, per quanto riguarda la potenza e le condizioni di servizio.

**3-2102** (2102). Se l'offerta o l'ordinazione di un trasformatore contiene la clausola « Il trasformatore deve essere conforme alle prescrizioni del Comitato Elettrotecnico Italiano (C. E. I.) » il venditore dovrà attenersi a tutte le prescrizioni che sono contenute in questo volume.

**3-2103** (2103 m). Salvo esplicite indicazioni in contrario la temperatura dell'aria ambiente si riterrà di 40°. Lo stesso valore sarà assunto per l'aria nel caso di ventilazione forzata e nel caso di trasformatori a circolazione d'olio raffreddato all'esterno con aria.

La temperatura dell'acqua di raffreddamento, salvo accordi speciali, sarà ritenuta di 25°.

3–**2104** (2104). Quando nell'offerta e nell'ordinazione non vi siano speciali indicazioni rispetto all'altitudine della località nella quale il trasformatore dovrà essere installato, si riterrà che tale altitudine non ecceda i 1000 metri sul mare.

3–**2105** (2105). Quando nell'offerta e nell'ordinazione non vi siano speciali indicazioni rispetto alla natura del servizio si riterrà che il trasformatore sia destinato a servizio continuativo.

3–**2106** (2106). Quando il trasformatore sia destinato a servizio di durata limitata si dovrà indicare il valore di questa durata.

3–**2107** (2107). Quando il trasformatore sia destinato a servizio intermittente si dovrà indicare il rapporto di intermittenza.

3–**2108** (2108). Quando il trasformatore sia destinato a funzionare fra determinati limiti di tensione, di corrente o di frequenza, devono essere indicati i limiti corrispondenti di questi valori caratteristici.

3–**2109** (2110). La potenza normale di un trasformatore non deve essere sorpassata in servizio, e il venditore non è tenuto a garantire la buona conservazione del trasformatore se tale prescrizione non viene osservata. Tuttavia, allo scopo di facilitare il confronto fra varie offerte, il costruttore potrà se richiesto, indicare la durata di tempo per la quale in sede di prova il trasformatore, quando si trovi già a regime di temperatura corrispondente alla potenza normale, potrà funzionare con un sovraccarico del 20 %, senza che le sopraelevazioni massime di temperatura sorpassino di 10° i limiti stabiliti.

3–**2110** (2111). Nell'offerta e nell'ordinazione si potranno specificare anche il rendimento (Cap. VII), la variazione di tensione (Cap. VIII) ed altri dati che non sono enunciati negli articoli seguenti.

### 2. - Dati da indicare nelle offerte e ordinazioni dei trasformatori allo scopo di definirne la prestazione. (*)

3–**2201** (2209 m). *Trasformatore.*
Tipo e modo di raffreddamento.
Frequenza in periodi al secondo.
Numero delle fasi.
Potenza normale, in voltampere (VA) o in kilovoltampere (kVA) con indicazione della natura del servizio.
Tensione primaria ai morsetti, in volt.
Tensione secondaria ai morsetti, in volt a vuoto e a carico, con indicazione del fattore di potenza del circuito alimentato. Se questo non è indicato, sarà supposto eguale a 0,8 in ritardo.
Corrente secondaria, in ampere.
Per i trasformatori trifasi si indicherà il modo di connessione degli avvolgimenti (3–1401).
Quando i trasformatori dovranno avere dei punti neutri o delle prese accessibili, questi verranno indicati.
Per i trasformatori destinati a funzionare in parallelo con altri preesistenti (ritenuto che la ripartizione del carico fra di essi in modo proporzionale alla rispettiva potenza debba verificarsi alla potenza e fattore di potenza normali) si indicheranno inoltre la tensione, la corrente e il fattore di potenza del primario corrispondenti alla corrente normale nel secondario messo in corto circuito. Nel caso di trasformatori provvisti di prese queste indicazioni vanno riferite al massimo numero di spire inserite.
Quando il raffreddamento sia fatto per circolazione dell'olio o dell'acqua si devono indicare le portate necessarie in litri al minuto.

3–**2202** (2210). *Regolatore a induzione.*
Tipo e modo di raffreddamento.
Frequenza, in periodi al secondo.
Numero delle fasi.
Potenza da regolare, in voltampere (VA) o in kilovoltampere (kVA).
Potenza normale propria del regolatore, in kilovoltampere (kVA) con indicazione della natura del servizio.
Tensione primaria ai morsetti in volt e suoi limiti di variazione.
Tensione secondaria ai morsetti in volt a vuoto e a carico e suoi limiti di variazione, con indicazione del fattore di potenza del circuito alimentato. Se questo non è indicato, sarà supposto eguale a 0,8 in ritardo.
Corrente secondaria, in ampere.
Modo di connessione degli avvolgimenti.
Quando il raffreddamento sia fatto per circolazione dell'olio o dell'acqua si devono indicare le portate necessarie in litri al minuto.

(*) Per i trasformatori non esplicitamente considerati qui sotto saranno presi accordi particolari fra venditore e committente.

## CAPITOLO III.

## TARGHE CARATTERISTICHE.

### 1. - Generalità.

3–**3101** (3101). Ogni trasformatore dovrà portare, oltre alla targa indicante il nome del costruttore, una speciale targa caratteristica contenente i dati essenziali di servizio, insieme al tipo di catalogo e al numero del trasformatore.

3–**3102** (3102 m.). Se un trasformatore è costruito secondo le prescrizioni contenute nel presente volume, deve portare sulla targa caratteristica il monogramma:

La targa deve portare anche l'indicazione dell'anno di fabbricazione.

3–**3103** (3103. m.). Quando manchi qualsiasi indicazione in proposito il trasformatore si intenderà costruito:
1° in base ad una temperatura ambiente di riferimento di 40° C per l'aria o di 25° per l'acqua;
2° per un'altitudine non superiore ai 1000 metri;
3° per un servizio continuativo.
In caso contrario la targa deve portare l'indicazione della temperatura ambiente, dell'altitudine, della durata del servizio limitato e del rapporto di intermittenza.
Se il trasformatore è costruito secondo la clausola dell'articolo 3–4303 la targa dovrà contenere l'indicazione: «trop». (tropicale).

3–**3104** (3105). Quando un trasformatore sia destinato a funzionare entro ampi limiti di tensione, devono essere inscritte sulla targa tutte le indicazioni relative.

### 2. - Dati da inscriversi sulla targa.

3–**3201** (3209). *Trasformatore.*
Trasformatore.
Frequenza, in periodi al secondo.
Numero delle fasi.
Potenza normale, in voltampere (VA) o in kilovoltampere (kVA).
Tensione primaria, in volt.
Tensione secondaria, in volt, a potenza normale con l'indicazione del fattore di potenza.
Corrente secondaria alla potenza normale, in ampere.
Rapporto fra i numeri delle spire.
Tensione di corto circuito riportata alla temperatura di 75° ed espressa in percento della tensione primaria.
Fattore di potenza di c. c.
Per i trasformatori trifasi si indicherà il modo di connessione degli avvolgimenti a mezzo della denominazione convenzionale (3–1401).
Per i trasformatori con raffreddamento a circolazione di acqua od olio si indicheranno le portate, in litri al minuto.

3–**3202** (3210). *Regolatore ad induzione.*
Regolatore ad induzione.
Frequenza, in periodi al secondo.
Numero delle fasi.
Potenza da regolare, in voltampere (VA) o in kilovoltampere (kVA).
Potenza normale propria del regolatore, in voltampere (VA) o in kilovoltampere (kVA).
Tensione primaria, in volt (valori massimo e minimo se variabile).
Tensione secondaria, in volt, a potenza normale (valori massimo e minimo se variabile) con l'indicazione del fattore di potenza.
Corrente secondaria a potenza normale, in ampere.
Rapporto fra i numeri delle spire.
Collegamento degli avvolgimenti.
Per i regolatori con raffreddamento a circolazione d'acqua od olio si indicheranno le portate, in litri al minuto.

## CAPITOLO IV.

## SOVRARISCALDAMENTO.

### 1. - Temperatura ambiente di riferimento.

3–**4101** (4101). La temperatura ambiente di riferimento rispettivamente di 40° o di 25° secondo il tipo di trasformatore, sempre che non sia diversamente indicato nell'offerta.

3–**4102** (4102). Se, durante le prove, la temperatura ambiente è inferiore ai 40°, e quella dell'acqua di raffreddamento

è inferiore ai 25°, nessuna correzione dovrà applicarsi ai risultati delle misure di sopraelevazione di temperatura. Di regola però non conviene eseguire prove quando la temperatura ambiente scenda sotto i 10° C.

### 2. - Prescrizioni per la misura delle temperature.

3-**4201** (4404 m). La temperatura degli avvolgimenti va determinata per resistenza, salvo in caso di avvolgimenti a resistenza molto bassa, nei quali la resistenza dei giunti e delle connessioni costituisce una gran parte della resistenza totale.

Per il ferro, l'olio, ecc. si userà il metodo termometrico.

### 3. - Sopraelevazioni di temperatura ammissibili sull'ambiente.

3-**4301** (4592 m). La tabella seguente dà le sopraelevazioni sul mezzo refrigerante massime ammissibili per trasformatori destinati a funzionare con una temperatura massima dell'aria ambiente o di raffreddamento di 40° e dell'acqua di raffreddamento di 25° e isolati con materiali delle classi *O*, *A* e *B* come definiti nella prima parte.

Nessun limite di riscaldamento è stato finora fissato per i materiali della classe *C*.

Quando, con convenzioni particolari, fossero state stabilite temperature di riferimento inferiori o superiori a 40° e 25° le sopraelevazioni della tabella verranno aumentate o rispettivamente diminuite della differenza fra la temperatura di riferimento normale e quella convenuta.

3-**4302** (4503 m).

SOPRAELEVAZIONI AMMISSIBILI

| Art. N.° | Parte del trasformatore | Classe isolamento *A* | *B* |
|---|---|---|---|
| | Avvolgimenti di trasformatori | | |
| 1 | Tipo in aria | 55° | 75° |
| 2 | Tipo in olio a ventilazione naturale o forzata | 60° | 60° |
| 3 | Tipo in olio raffreddato con acqua | 60° | 60° |
| 4 | Olio (nell'interno del cassone il più possibile vicino alla superficie dell'olio) | 50° | |
| 5 | Nuclei di ferro e altre parti in contatto con gli avvolgimenti | Come per gli avvolg. | |
| 6 | Nuclei di ferro e altre parti non in contatto con gli avvolgimenti | Il riscaldamento di queste parti non dovrà in nessun caso raggiungere un valore tale che possa essere di danno ai materiali isolanti od altre parti che siano adiacenti. | |

3-**4303** (4502 m). Nel caso di trasformatori destinati a funzionare in luoghi dove la temperatura massima dell'aria ambiente è superiore a 40° C o quella dell'acqua superiore a 25° C ed in mancanza di convenzioni particolari le sopraelevazioni indicate nella tabella dovranno essere ridotte della quantità seguente (le prove essendo eseguite nelle officine del costruttore).

Avvolgimenti di trasformatori del tipo in aria:
isolanti classe *A* e *B* .......... 10° C
Avvolgimenti di trasformatori del tipo in olio .. 15° »
Olio .......... 10° »

3-**4304** (4103). Per i trasformatori da installare ad una altitudine superiore ai 1000 metri sul livello del mare, le sopraelevazioni di temperatura prescritte nella tabella saranno ridotte dell'1 % per ogni cento metri di maggiore altitudine sopra i 1000 metri.

Fanno eccezione i trasformatori con raffreddamento ad acqua.

3-**4305** (4601 m). È ammesso un eccesso di 5° sui valori della tabella per gli avvolgimenti fissi costruiti in modo da formare una massa senza spazi interni e di buona conducibilità termica.

3-**4306** (4604 m). *Isolamenti composti di diversi materiali.* Quando isolanti di classi diverse sono adoperati insieme in una stessa parte di avvolgimento (eccetto il caso contemplato parlando degli isolanti di classe *B*), p. es., quando l'isolamento di una parte di un trasformatore è costituito da strati sovrapposti di materiali diversi, la sopraelevazione di temperatura ammissibile è la minore fra quelle ammesse per i vari componenti, a meno che non sia possibile misurare le temperature dei diversi strati, nel qual caso si assegnerà ad ogni materiale il limite corrispondente.

Quando isolanti di classi diverse sono adoperati separatamente in diverse parti di uno stesso avvolgimento, la sopraelevazione di temperatura ammissibile per ciascuna parte dell'avvolgimento è quella fissata per l'isolante impiegato.

## CAPITOLO V.

## ISOLAMENTO.

### 1. - Resistenza d'isolamento.

3-**5101** (5201 m). La resistenza di isolamento di un trasformatore in aria, misurata alla sua temperatura di regime normale, conviene che non sia inferiore a quella data dalla seguente formula empirica:

$$\text{Resistenza di isolamento in megohm} = \frac{\text{tensione ai morsetti}}{\text{potenza in kVA} + 1000}$$

con un minimo di 1 megohm.

È raccomandabile di usare per la misura una tensione di almeno 500 V.

### 2. - Rigidità dielettrica.

3-**5201** (5301 m). Le prove di rigidità dielettrica devono farsi, salvo accordi in contrario, nelle Officine del costruttore. Il trasformatore deve essere completo, con tutti i suoi organi in posto in condizioni equivalenti a quelle normali di funzionamento. In ogni caso le tensioni di prova prescritte non possono essere applicate che ad un trasformatore nuovo e la prova stessa non deve farsi se la resistenza di isolamento è bassa per effetto di polvere o umidità.

La tensione di prova sarà alternativa.

3-**5202** (5308). *Isolamento esterno.* — La tensione di prova deve essere applicata successivamente fra ciascun circuito elettrico e tutti gli altri circuiti collegati alle altre parti metalliche e messi a terra.

Si faranno due prove distinte:

a) *Prova di lunga durata* da eseguire sui trasformatori per tensioni normali di oltre 500 V, applicando per 40 minuti una tensione eguale a 1,3 la maggiore delle tensioni di targa.

b) *Prova di breve durata* da eseguirsi dopo la precedente applicando per un minuto le tensioni della seguente tabella:

| N° | Avvolgimenti di | Tensione di prova in Volt | Osservazioni |
|---|---|---|---|
| 1 | Trasformatori in generale | $2E + 1000$ | *E* = la più alta delle tensioni di targa in Volt, per l'avvolgim. considerato (*). |
| 2 | Trasformatori di distribuzione aventi una tensione primaria superiore a 550 V la tensione minima di prova del primario sarà | 10000 V. | |
| 3 | Gruppi di trasformatori ed apparecchi riuniti | — | (**) |

(*) Per avvolgimenti di trasformatori inseriti in serie su una rete, *E* denota la tensione della rete.

(**) Quando la prova debba essere eseguita su un gruppo di diversi apparecchi nuovi installati in posto e fra loro collegati, dei quali ciascuno sia già stato sottomesso alla prova preliminare di rigidità dielettrica, la tensione di prova non deve superare l'85% della tensione minima applicabile ad uno di questi apparecchi.

3-**5203** (5310). *Isolamento fra conduttori* (***). — Questa prova serve alla verifica della rigidità dielettrica fra conduttori contigui lungo tutto lo sviluppo dell'avvolgimento.

Essa si applica ai trasformatori di potenza superiore a 3000 kVA.

Si proveranno uno o più matasse scelte a caso fra quelle destinate all'avvolgimento della macchina, dopo averle opportunamente sezionate e predisposte.

(***) Il Sottocomitato ha deciso a lieve maggioranza di precisare le norme per la prova dielettrica fra le spire. Esso ha provvisoriamente riprodotto la proposta già inclusa nello schema pubblicato nel maggio 1928. La proposta attualmente è in discussione presso la Commissione Elettrotecnica Internazionale.

La prova deve farsi possibilmente a temperatura di regime, applicando (1-4203) ad ogni coppia di conduttori vicini la tensione indicata nella seguente tabella, per la durata ivi pure indicata.

La tensione verrà successivamente aumentata fino a perforazione dell'isolante.

| Macchina e parti di macchina | Tensione di prova in volt | Durata di applicaz. della tensione di prova |
|---|---|---|
| 1. Trasformatori: | | |
| a) l'uno per cento circa delle spire di ogni colonna, a ciascuna delle due estremità della colonna .... | $E$ | 10 secondi |
| b) il successivo 9 % circa, verso ciascuna delle estremità ............ | 0.5 $E$ | 30 secondi |
| c) il rimanente 80 % circa, nella parte centrale della colonna ............. | 0.25 $E$ | 1 minuto |

$E$ = la più alta delle tensioni di targa, in volt

### 3. - Prova di funzionamento a tensione aumentata.

3–**5301** (5401 m.). Il trasformatore sarà fatto funzionare per 5 minuti a vuoto ad una tensione eguale a 1,5 volte la tensione normale, aumentando convenientemente la frequenza.

## CAPITOLO VI.

### NORME MECCANICHE ED ELETTRICHE VARIE.

3–**6001** (6104 m). Gli apparecchi refrigeranti ad acqua dei trasformatori sia interni che esterni devono resistere ad una pressione di prova di 10 atmosfere.

## CAPITOLO VII.

### RENDIMENTI.

### 1. - Generalità.

3–**7101** (7101 m). Salvo espliciti accordi in contrario il rendimento indicato o garantito in un'offerta o ordinazione di un trasformatore è convenzionale.

3–**7102** (7102 m.). È consigliabile di indicare sempre il valore delle perdite a vuoto e negli avvolgimenti ed eventualmente i valori del rendimento in particolari condizioni di carico.

3–**7103** (7103 m). Il rendimento deve essere determinato per le condizioni normali di funzionamento e i risultati delle misure dovranno essere eventualmente corretti a questo scopo. Esso quindi deve determinarsi per i valori fissati della tensione, frequenza, fattore di potenza, ecc.

Le perdite variabili con la temperatura saranno riportate col calcolo alla temperatura di 75°.

3–**7104** (7105). Per la misura del rendimento di trasformatori di notevole importanza, si dovrà verificare che la forma d'onda della tensione di alimentazione non abbia un coefficiente di deformazione maggiore del 10%.

3–**7105** (7106 m). La potenza assorbita dai ventilatori nel caso di trasformatori a ventilazione forzata e dalle pompe di circolazione dell'acqua e dell'olio non vanno incluse nelle perdite.

### 2. - Perdite da considerarsi nella specificazione del rendimento.

3–**7201** (7404 m). Nella determinazione del rendimento dei trasformatori e regolatori ad induzione sono da considerarsi le perdite e i metodi di misura specificati qui sotto:

1° Perdite a vuoto (nel ferro, nel rame, e nei dielettrici) per il valore normale di targa della tensione primaria (*).

2° Perdite nel rame a carico desumibili dalla prova di corto circuito, calcolate per il valore della corrente secondaria corrispondente al carico considerato e riportate alla temperatura convenzionale di 75°.

*Nota*. — Nel misurare le perdite in corto circuito di trasformatori a forti intensità di corrente, occorre detrarre dai valori misurati le perdite nei collegamenti esterni che servono a realizzare il dispositivo della prova.

3° Perdite addizionali: desumibili dalla prova di corto circuito vanno riportate alla temperatura di 75° C facendole variare in proporzione inversa alla variazione di resistenza.

(*) Se per comodità di prova si eseguirà la prova a vuoto alimentando dal secondario o quella in corto circuito alimentando dal primario si dovranno considerare i valori corrispondenti della tensione o della corrente in base al rapporto del numero delle spire dei due avvolgimenti.

## CAPITOLO VIII.

### VARIAZIONE DI TENSIONE.

3–**8001** (8003 m). Per i trasformatori la variazione di tensione deve dedursi dai valori di resistenza e reattanza misurati nella prova di corto circuito, riportando col calcolo le resistenze alla temperatura di riferimento di 75°, e le reattanze alla frequenza normale qualora la prova abbia dovuto eseguirsi a frequenza diversa.

Per il calcolo si potrà usare la seguente formula:

$$v\ \% = v_r \cos\varphi + v_x \operatorname{sen}\varphi + \frac{(v_x \cos\varphi - v_r \operatorname{sen}\varphi)^2}{200}$$

$v\ \%$ = variazione di tensione in %
$\cos\varphi$ = fattore di potenza del carico
$v_r$ = componente ohmica della tensione di corto circuito, espressa in % della tensione secondaria a vuoto
$v_x$ = componente reattiva della tensione di corto circuito, espressa in % della tensione secondaria a vuoto.

## CAPITOLO IX.

### TOLLERANZE.

3–**9001** (9101 m). Le offerte contenenti garanzie soggette a tolleranze dovranno specificarle e le tolleranze dovranno essere conformi alla tabella seguente. Non è però necessario che vengano date garanzie su tutte le grandezze qui considerate.

3–**9202** (9291-9305).

| Grandezza garantita | Tolleranza ammessa |
|---|---|
| Rendimento (da determinarsi col metodo delle perdite separate) ................ | 1/10 di 1 — $\eta$ |
| Perdite .................... | 1/10 delle perdite totali: è ammessa una compensazione fra perdite ferro e perdite rame, purchè nessuna delle due superi del 15% il valore garantito. |
| Rapporto di tensione a vuoto | La più piccola delle due seguenti cifre: a) 1/200 del rapporto garantito b) una percentuale del rapporto garantito uguale a 1/10 della tensione percentuale di corto circuito. |
| Tensione di corto circuito ... | 1/10 del valore garantito (applicabile solo alle misure con tutto l'avvolgimento incluso, vi siano prese o no). |
| Corrente a vuoto ............ | 30% del valore garantito. |

## APPENDICE.

### BOBINE DI REATTANZA.

Per le bobine di reattanza con ferro di costruzione simile ai trasformatori valgono i capitoli IV, V e VI della parte III delle presenti norme.

Le bobine di reattanza destinate alla limitazione delle correnti di corto circuito non sono considerate in queste norme perchè ritenute appartenenti alla categoria « Apparecchi ».

Sen. Prof. O. M. Corbino, *Direttore* — Arti Grafiche E. Calamandrei & C. - Milano — Fotoincisioni della « Zincografica » - Milano — Ing. Ettore Cesàri, *Redattore-Capo responsabile*

MILANO
Febbraio 1932 - Anno X

Fascicolo II
Volume IX

# L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL' UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTRICHE (FENAGRIEL)

*Direttore:* SENATORE O. M. CORBINO

Le opinioni espresse dagli autori e dai redattori non impegnano nè la Direzione, nè le Associazioni di cui la Rivista è l'organo

DOTT. ING. EUGENIO CAMPINI

# La statica dei ponti-canali in pressione

*(Conferenza tenuta all'assemblea dei soci del Sindacato Provinciale Fascista Ingegneri di Milano ed ai soci dell'Associazione Elettrotecnica Italiana (Sezione di Milano) la sera del 21 gennaio 1932-X).*

SOMMARIO

I – Premesse.
II – La legge di variazione delle tensioni tangenziali agenti in una sezione retta sollecitata a flessione composta ed a sforzo normale.
III – Ricerca delle sollecitazioni (componenti) iperstatiche $M$ ed $N$ dovute alle sole tensioni tangenziali agenti sulle sezioni rette di un tronco di tubo di lunghezza unitaria - Nell'ipotesi: $\tau = k \operatorname{sen} \psi$.
IV – Tubi con appoggio continuo (ponte). Esempio di calcolo.
V – I ponti-canali in pressione dell'impianto idroelettrico di Mezzocorona sui torrenti Pongaiola e Rinassico (Noce-Trento).
VI – Tubi con appoggio discontinuo (pile).
VII – Il sifone dell'impianto idroelettrico di Santa Croce (III Salto) sul torrente Friga (Piave).
VIII – Il tubo-ponte dell'impianto idroelettrico del Wäggital (II Salto) sul torrente Trebsen (Svizzera).
IX – Il tubo-ponte dell'impianto idroelettrico di Pontecosi sul torrente Cavatina (Serchio).
X – Conclusioni.

## § I – Premesse.

In tre memorie pubblicate su questa Rivista, nell'anno 1928, ho preso in esame i tubi pensili cilindrici, in diverse condizioni di posa in senso trasversale, e nell'ipotesi che fosse nullo lo sforzo di taglio in qualsiasi sezione normale all'asse del cilindro, cioè nell'ipotesi che la reazione della sella di appoggio, al peso proprio del tubo ed al peso dell'acqua, fosse distribuita uniformemente lungo le generatrici (Si vedano le figg. 4, 5 e 6 di questa nota).

Nella realtà, anche nel caso di appoggio continuo (ponte), tale reazione è invece distribuita con legge che si discosta notevolmente da quella uniforme. Infine nel caso di appoggio discontinuo lungo le generatrici (pile), detta reazione non solo è disuniforme, ma anche discontinua.

Prendendo in esame un metro lineare di tubo misurato lungo le generatrici, esso è in equilibrio sotto l'azione delle pressioni dell'acqua, del peso proprio, delle reazioni della sella di appoggio e delle tensioni (tangenziali e normali) agenti sulle due facce liberate dal taglio.

Per valutare l'effetto statico (ovalizzatore) dell'acqua, del peso proprio e delle reazioni d'appoggio (concentrate o distribuite in senso trasversale) si possono utilizzare le formule trovate nelle tre memorie precedenti.

Per valutare l'effetto statico (ovalizzatore) delle tensioni tangenziali si possono usare i criteri e le formule consigliate in questa nota, derivanti da un'indagine approssimata del complicatissimo problema statico in questione.

Il tubo che si vuole esaminare, è un cilindro cavo od, in altre parole, una lastra curva chiusa, variamente vincolata e caricata da forze di massa e da forze superficiali dissimmetriche rispetto all'asse del cilindro stesso.

Esso dovrebbe essere trattato seguendo la teoria rigorosa delle lastre curve, ma purtroppo, così facendo, si urta in tali ostacoli di carattere analitico, da rendere perplessi anche i più valenti matematici. Ed allora sono giustificati tutti i modesti tentativi di risoluzione del problema statico, mediante scomposizione del solido in elementi ad una dimensione, fatti dagli ingegneri i quali, se vogliono costruire, devono pure, più o meno bene, impostare e risolvere il problema della stabilità di queste costruzioni.

Questo modo di vedere è poi maggiormente giustificato nelle strutture in calcestruzzo armato, le quali, in virtù del ferro, presentano appunto una struttura a fibre incrociate che è ben lontana da quella isotropica presa a fondamento della teoria rigorosa.

L'idea più semplice che viene in mente è quella di supporre che tutto il tubo sia una sola trave prismatica di dimensioni trasversali molto minori della sua lunghezza e soggetta a forze.

Se poi non vi fossero forze di massa e forze superficiali, ma soltanto forze sulle basi, il problema potrebbe addirittura essere ricondotto al caso di Barré de Saint Venant.

Infatti se il cilindro è molto lungo in confronto del diametro, le deformazioni della sezione trasversale a corona circolare, nelle zone soggette a forze, vanno via via smorzandosi e, ad una certa distanza da esse, la situazione statica non è più influenzata dalla distribuzione delle azioni esterne, ma soltanto dalla loro coppia e forza risultante.

Non è affatto fuori di luogo ricordare quali sono le ipotesi

di partenza e quali i risultati qualitativi forniti dalla soluzione del de Saint Venant.

I casi particolari per i quali detta soluzione è rigorosa sono quelli in cui ogni elemento superficiale, parallelo all'asse del cilindro, è soggetto soltanto ad una tensione tangenziale nella direzione dell'asse stesso.

Si suppone, in ogni caso, che il cilindro sia incastrato rigidamente in corrispondenza di una delle basi e sollecitato da forze soltanto sull'altra base.

Con ciò si vuole affermare che il baricentro $O$ della base è fisso, che l'elemento lineare uscente da $O$, nella direzione dell'asse del cilindro, mantiene immutata questa sua direzione e che l'elemento superficiale in $O$, normale a detto asse, mantiene invariata la sua giacitura (e non tutta la base che lo contiene).

I quattro casi esaminati sono i seguenti: estensione semplice, flessione semplice, torsione semplice, flessione composta.

Nel caso dell'estensione semplice, il cilindro dato si trasforma in un altro cilindro pure retto, le sezioni piane del primo si trasformano nelle sezioni piane del secondo, le sezioni rette si trasformano omoteticamente ed inoltre si spostano lungo l'asse del cilindro di una quantità proporzionale alla loro distanza, dalla base incastrata. La dilatazione cubica si mantiene dello stesso segno della forza normale sollecitante.

Nel caso della flessione semplice, i piani delle sezioni rette, inizialmente paralleli fra loro ed alle due basi, si trasformano nei piani di un fascio e tutti gli elementi che inizialmente si incontravano ad angolo retto, continuano ad incontrarsi ad angolo retto anche dopo la deformazione.

La trasformata dell'asse geometrico del cilindro, chiamata «linea elastica», è un arco di cerchio.

Le sezioni rette restano piane, ma si deformano in modo analogo a quelle longitudinali del cilindro.

La dilatazione cubica è in ogni punto proporzionale alla distanza dall'asse neutro.

In virtù del principio di sovrapposizione degli stati di equilibrio, il quale è strettamente legato alla dipendenza lineare fra forze e spostamenti, può facilmente studiarsi il caso derivato della estensione e flessione.

Le sezioni restano piane, la linea elastica giace nel piano di flessione, al quale sono perpendicolari gli assi neutri delle singole sezioni rette e che, in generale, non coincide col piano di sollecitazione.

Nel caso della torsione tutte le sezioni, comprese le due basi, subiscono un ingobbimento, una rotazione d'ampiezza proporzionale alla loro distanza dalla base incastrata e tutte le rette si trasformano in eliche cilindriche, ad eccezione dell'asse. La dilatazione cubica è nulla.

Se la sezione del cilindro è circolare, le sezioni rette si mantengono piane.

Nel caso della flessione composta, che qui particolarmente interessa, la linea elastica è una parabola cubica (piana).

Essa parte dall'origine con una certa inclinazione sulla posizione primitiva dell'asse del cilindro.

Lo stato di tensione, a differenza di quanto accade negli altri casi, varia da sezione a sezione, poichè oltre allo sforzo di taglio, costante, vi è un momento flettente variabile lungo l'asse del cilindro.

Le tensioni normali sulle singole sezioni rette dipendono dal momento flettente nello stesso modo a secondo le stesse leggi valide per la flessione semplice.

Le tensioni tangenziali, sono da ritenersi derivanti direttamente dallo sforzo tagliante.

La separazione di questi due sistemi di tensione è però puramente ideale e non corrisponde ad alcuna possibilità fisica, ma ha grande valore dal punto di vista analitico, poichè permette di calcolare separatamente le componenti di spostamento dovute alla flessione ed al taglio (Colonnetti).

Si trova così che l'effetto del taglio è la somma di due effetti: il primo effetto è uno scorrimento che le singole sezioni rette subiscono, senza deformarsi, nel loro stesso piano. Questo scorrimento avviene nella direzione dello sforzo tagliante ed è proporzionale, per ciascuna sezione, alla sua distanza dalla base incastrata.

In causa di questo scorrimento, tutte le rette inizialmente parallele all'asse del cilindro si trasformerebbero in altre rette pure fra loro parallele ed aventi sulle prime un'inclinazione proporzionale allo sforzo di taglio.

Il secondo effetto è un ingobbimento di ciascuna sezione retta, indipendente dalla sua posizione nel cilindro, cioè uguale per tutte le sezioni.

La nuova forma che ciascuna sezione viene così ad assumere e l'inclinazione di cui si è parlato, dipendono dalla forma del solido e la loro determinazione urta quasi sempre contro insormontabili difficoltà analitiche.

Nel caso del cilindro circolare la soluzione è possibile.

Si trova che le sezioni rette del cilindro divengono gobbe mentre il loro contorno si conserva piano.

Negli altri casi, di sezioni rette a contorno non circolare, si usa risolvere il problema della flessione coesistente al taglio, seguendo una teoria approssimata, che tiene conto del solo valore medio delle tensioni tangenziali agenti sulle singole corde parallele all'asse neutro anzichè dei singoli valori incogniti variabili da punto a punto della corda.

In pratica, quando si vogliono valutare le deformazioni complessive dell'asta cilindrica molto lunga, l'azione del taglio può venire sovente trascurata rispetto a quella del momento di flessione.

È facile convincersi che i quattro casi particolari di deformazioni ora accennati esauriscono completamente il problema dell'equilibrio elastico posto dal de Saint Venant sulle aste cilindriche. Se le varie sollecitazioni sono coesistenti, i vari stati di equilibrio si possono sovrapporre.

Si arriva infine a stabilire:

*a*) che il lavoro di deformazione, in un tronco elementare di cilindro compreso fra due sezioni rette vicinissime si può, in via di approssimazione, ritenere eguale alla somma dei lavori di deformazione che nello stesso tronco si verificherebbero ove su di esso le varie sollecitazioni semplici agissero separatamente;

*b*) che la curvatura della linea elastica è, in ciascun punto, proporzionale al corrispondente valore del momento flettente.

Su questi due teoremi si fonda tutta la teoria delle travi inflesse e così pure quella degli archi a grande raggio di curvatura.

In pratica si usa infatti ammettere che le tensioni interne siano punto per punto, in ciascuna sezione retta, quelle stesse che si avrebbero se la sezione appartenesse ad una trave sollecitata secondo le ipotesi di de Saint Venant.

Ciò è manifestamente arbitrario, poichè le travi sono quasi sempre sollecitate da forze di massa e di superficie distribuite o concentrate; tuttavia, l'accordo con l'esperienza si mantiene il più delle volte soddisfacente.

Non è però da escludersi, in certe situazioni particolari, com'è quello delle intacche o delle piccole fessure nelle travi, che lo stato di tensione reale sia profondamente diverso da quello ipotetico ammesso nei calcoli ed è a queste eccezioni che talvolta si devono attribuire gli insuccessi di certe costruzioni.

Come si vede l'idea che il tubo sia una sola trave prismatica è già feconda di risultati e permette, attraverso le considerazioni sopra dette, di verificare, in prima approssimazione, la stabilità longitudinale e di studiare le armature di ferro come nel caso di una trave inflessa a piena sezione.

Ma a noi interessa particolarmente il comportamento elastico trasversale nelle zone di appoggio, specialmente se esse sono di estensione limitata rispetto alla lunghezza del tubo cilindrico, perchè è appunto in tali zone che può verificarsi lo sfiancamento

prima che siano raggiunti i limiti di resistenza a flessione longitudinale di tutto il sistema.

E, se l'appoggio è continuo, la non uniformità della distribuzione delle reazioni della sella contro il tubo può pure provocare sollecitazioni tali da modificare le condizioni statiche trasversali del tubo indefinito, esaminate nelle note precedenti.

Ecco dunque sorgere la necessità di un metodo di calcolo che permetta di assicurare anche la stabilità trasversale.

Distinguiamo subito i due casi: di appoggio continuo (ponte) e di appoggio discontinuo (pile).

Nel primo caso, ogni anello (compreso fra due sezioni rette) in cui il tubo può immaginarsi scomposto, è a contatto con la sella di appoggio e la sua situazione statica è notevolmente influenzata da quella degli anelli contigui per cui il considerarlo isolatamente, può condurre ad errori non trascurabili.

Si può tuttavia intravedere subito che il pericolo di snervamento in senso trasversale non è localizzato in certe zone, ma pressochè distribuito nel senso della lunghezza, poichè le azioni e reazioni agenti sono sempre del medesimo ordine di grandezza, pur variando da sezione a sezione.

Nel secondo caso, in cui gli anelli a contatto con la sella sono isolati e la gran parte del tubo è autoportante, è evidente che, alla concentrazione delle reazioni, corrisponde un pericolo localizzato di ovalizzazione (di sfondamento) proprio nelle zone di appoggio, e che va scemando rapidamente fuori di esse.

Si deve pertanto ritenere che gli anelli sugli appoggi e quelli nelle campate abbiano un comportamento elastico profondamente diverso.

Per quelli di appoggio è infatti trascurabile l'effetto ovalizzatore del loro peso e della pressione idrostatica direttamente applicata in confronto a quello dovuto alle reazioni delle selle ed alle forze tangenziali agenti sulle loro basi.

Su quelli intermedi, l'effetto ovalizzatore delle tensioni tangenziali agenti sulle basi è invece dello stesso ordine di grandezza di quello della pressione dell'acqua e del peso proprio.

Analogamente gli scorrimenti relativi, in senso verticale, dei vari anelli contigui, dovuti allo sforzo di taglio, sono tanto maggiori quanto più ci si avvicina agli appoggi.

Non solo, ma la impedita deformazione degli anelli, sovrastanti alle pile, da parte di quelli contigui, genera, in certe zone delle loro basi, scorrimenti radiali che sono ben diversi da quelli sopra accennati, ed ai quali corrispondono delle tensioni tangenziali radiali distribuite in modo affatto diverso dal caso della flessione complessa.

Infatti, là dove la reazione dell'appoggio agisce con forte intensità e concentrazione, la parete del tubo viene impegnata in tutta la sua resistenza, sia al taglio che alla flessione, ed ivi nascono tensioni tangenziali maggiori che nelle altre zone.

La flessione della parete del tubo verso l'interno provocherebbe in pari tempo un movimento dei fianchi verso l'esterno e del vertice verso il basso, ma gli anelli contigui reagiscono favorevolmente a questa deformazione, mediante tensioni tangenziali, dipendenti dall'entità dello spostamento impedito, il quale a sua volta dipende dal momento flettente di parete; sicchè, si intuisce che, in prossimità degli appoggi isolati, molto sollecitati e sprovvisti di rinforzi, alle tensioni tangenziali indicate dalla teoria della flessione composta si aggiungono sistemi di tensioni a risultante nulla su ogni base, presentanti una distribuzione a diagramma intrecciato, a zone positive, che ricordano i diagrammi polari dei momenti flettenti ottenuti per l'anello, nelle note precedenti.

Se invece il tubo è provvisto di robuste nervature anulari, in corrispondenza degli appoggi, le ipotesi di tensioni tangenziali distribuite come nella flessione complessa è da ritenersi non lontana dal vero.

Infine, se il tubo è solidale con le testate della galleria, la distribuzione delle tensioni tangenziali è identica a quella corrispondente al caso di flessione composta.

Ciò è confermato dal confronto fra i risultati ottenuti dal Martinelli, nel calcolo delle «fosse Wenk» (pubblicato sulla rivista *Il Cemento*, nel 1929) ed i risultati da me ottenuti in questa memoria, per il caso della flessione composta.

Nei riguardi dell'intensità e direzione nello spazio di dette tensioni, si deve poi osservare che, se sul contorno della parete non vi sono tensioni tangenziali ad esso parallele, non possono neanche esistere tensioni perpendicolari, cioè taglianti il contorno, e ciò per la nota proprietà di eguaglianza delle tensioni tangenziali agenti su due elementi piani perpendicolari fra loro, sicchè, dette tensioni tangenziali, spostandosi su di un raggio, dovranno supporsi a valore nullo sulla parete, massimo sulla mezzeria e dirette anche secondo il raggio; oppure a valore costante sul raggio, ma dirette tangenzialmente al contorno.

Passando ora a considerare gli anelli delle campate si deve notare, a proposito delle tensioni tangenziali agenti sulle facce a corona circolare liberate dal taglio, che esse sono di diversa natura a seconda che derivano dalle forze applicate direttamente al tronco di tubo in esame o dalle forze applicate fuori del tronco. Le prime fanno equilibrio al peso dell'anello in esame ed alle pressioni idrostatiche; le seconde hanno risultante nulla: esse sono infatti le due forze della coppia flettente dovuta ai carichi, sono molto maggiori delle prime e non dovrebbero contribuire alla ovalizzazione.

In tal caso, se è noto a priori che le tensioni tangenziali non ovalizzano il tubo, esse possono ritenersi distribuite come nel caso della flessione composta e devono essere tenute presenti nelle verifiche di stabilità al taglio e nello studio delle staffe nella parete, considerata come facente parte di una trave inflessa.

Se invece il tubo è ovalizzato si potrà supporre che coesista un diagramma intrecciato indotto dagli anelli contigui.

Diciamo infine che, nel centro delle campate e nelle zone degli appoggi, anche se il tubo è di diametro piccolo in confronto della lunghezza, l'effetto della flessione longitudinale non è preoccupante a meno che lo spessore della parete non sia eccesivamente sottile, poichè allora deve essere evitato il pericolo della presso-flessione della porzione di lastra curva caricata di punta, nella zona compressa.

Dopo questa analisi qualitativa, suggerita in parte dall'intuizione, cerchiamo di concretare opportune ipotesi semplificatrici che permettano di porre in termini largamente approssimati il problema statico della stabilità trasversale del tubo allo sfiancamento. Quanto si è premesso avrà fatto ben comprendere che fra i sistemi di azioni e reazioni, distribuite, sollecitanti un anello, considerato come isolato dal resto del sistema, sono conosciute soltanto le azioni dovute al peso proprio ed alla pressione interna dell'acqua.

Sulle reazioni delle selle e sulle reazioni tangenziali, dovute alle due parti del tubo, contigue a quello in esame, nulla di preciso può ottenersi dalla teoria rigorosa.

Cerchiamo allora di procedere come si è fatto nelle note precedenti cioè di circoscrivere la realtà.

Supponiamo risolto *a priori* il problema facendo certe ipotesi estreme su dette reazioni tangenziali entro le quali sia presumibilmente compresa la distribuzione effettiva.

Con questo si intenderà di fornire al progettista un metodo che consenta di non trascurare completamente uno dei fattori essenziali dell'equilibrio dell'anello e cioè gli sforzi taglianti distribuiti sulle sezioni rette (basi a corona circolare).

Il confronto dei risultati numerici relativi a tubi esistenti porterà qualche lume sulla opportunità o meno di seguire le ipotesi stesse nelle verifiche di stabilità trasversale.

*a*) Il primo problema da risolvere sarà quello di cercare l'espressione analitica della tensione tangenziale dovuta alla coesistenza della flessione e del taglio in un sezione generica e ciò per verificare anche la stabilità longitudinale.

Si dovrà poi, oltre a questa ipotesi di flessione composta, considerarne altre.

Alcune che mi sembrano adatte ai vari casi sono le seguenti:

*b*) che le tensioni tangenziali medie sulle corde (vettori) siano ripartite uniformemente sulla corona circolare e dirette verticalmente (come il peso proprio);

*c*) che le tensioni tangenziali medie (vettori) siano ripartite come la pressione idrostatica agente sulla superficie interna del tubo;

*d*) che le tensioni tangenziali medie (vettori) siano ripartite con legge sinusoidale a risultante nulla.

L'esame di queste varie ipotesi porterà a conclusioni di qualche interesse pratico come si vedrà nei paragrafi seguenti.

### § II – La legge di variazione delle tensioni tangenziali agenti in una sezione retta, sollecitata a flessione composta ed a sforzo normale.

Ricerchiamo ora la legge di variazione delle tensioni tangenziali agenti sulle due basi, a corona circolare, delimitanti un tronco di tubo di lunghezza unitaria.

Su ogni base agisca un certo sforzo di taglio e più precisamente $T_1$ sulla base sinistra e $T_2$ sulla base destra.

Prendiamo in considerazione una di queste sezioni trasversali del cilindro e riferiamola a due assi coordinati ortogonali $y$ verticale ed $x$ orizzontale. L'asse $z$ normale ad $x$ ed $y$ coincida con quello del cilindro.

Facciamo le seguenti ipotesi:

*a*) il cilindro sia sollecitato in modo che l'asse neutro della sezione normale sia parallelo all'asse $x$ e che, in ogni punto d'una corda generica, $\overline{AB}$ esista la stessa tensione normale:

$$\sigma = \frac{N}{F} + \frac{My}{J} \quad ;$$

*b*) lo sforzo normale $N$ sia costante lungo l'asse $z$ del cilindro mentre il momento $M$ sia variabile con $z$;

*c*) la tensione tangenziale $\tau$ (vettore) ammetta due componenti $\tau_x$ e $\tau_y$ rispettivamente parallele all'asse orizzontale $x$ ed all'asse verticale $y$, e $\tau_y$ abbia il medesimo valore per tutti i punti della corda $\overline{AB}$, fatta eccezione per i segmenti circolari al vertice e nella sezione infima.

Con questa ipotesi, di valore costante, si viene a sostituire al diagramma effettivo delle tensioni tangenziali sulla corda, quello $\tau_y$ costante corrispondente all'ordinata media.

In questa ipotesi può scriversi:

$$\tau_y = \frac{\mathcal{G}}{2 \, . \, \overline{AB}} \; \frac{T}{J}$$

nella quale i simboli hanno il seguente significato:

$\mathcal{G}$ = è il momento statico rispetto all'asse $x$ della zona $\mathcal{F}$, limitata dalle corde $AB$, $A'B'$ e dal contorno della corona circolare;

$J$ = è il momento d'inerzia della corona circolare, rispetto al diametro;

$T$ = è lo sforzo di taglio agente nella sezione retta del cilindro riferita agli assi $x$ ed $y$ ed è supposto negativo se diretto verso il basso.

Esso è equipollente alla risultante di tutte le forze che sono applicate alla porzione di tubo che si trova, dalla sezione che si considera, verso le $z$ negative, proiettata sulla sezione in discorso.

Detta espressione di $\tau_y$ è giustificata dalle seguenti considerazioni:

Calcoliamo la risultante $\mathcal{N}$ di tutte le tensioni normali agenti sull'area $\mathcal{F}$.

Si ha, indicando con $r_2$ il raggio esterno della corona circolare:

$$d\mathcal{N} = \int_y^{r_2} \sigma \, dF = \frac{N}{F}\int_y^{r_2} dF + \frac{M}{J}\int_y^{r_2} dF = \frac{N}{F}\,\mathcal{F} + \frac{M}{J}\,\mathcal{G}$$

L'incremento $d\mathcal{N}$ corrispondente a $dz$ è la somma delle tensioni tangenziali agenti sull'area $2\,\overline{AB}\,dz$.

cioè: $$d\mathcal{N} = \tau_y \, . \, 2\,\overline{AB}\,dz$$

Ma dall'equazione sopra scritta si ha:

$$d\mathcal{N} = \frac{\mathcal{G}}{J}\,dM$$

e ricordando che $dM = T\,dz$ si ottiene:

$$d\mathcal{N} = \frac{\mathcal{G}}{J}\,T\,dz$$

Eguagliando le due espressioni di $d\mathcal{N}$ si ha:

$$\frac{\mathcal{G}}{J}\,T\,dz = \tau_y \, . \, 2\,\overline{AB}\,dz$$

come volevasi dimostrare.

Se si suppone ora che alle due superficie, interna ed esterna, non agiscano forze esterne nella direzione dell'asse del cilindro, cioè che per tutti i punti delle superficie di contorno la sollecitazione tangenziale sia eguale a zero, non si verifica in nessun punto del contorno una tensione tangenziale tagliante il contorno e ciò per il noto teorema:

« .... tensioni tangenziali che tagliano lo stesso spigolo di un parallelepipedo rettangolare elementare sono della stessa grandezza ».

La composizione di $\tau_x$ e $\tau_y$ al contorno, deve dare quindi una tensione tangenziale $\tau$ tangente alla superficie (fig. 2).

Dovrà quindi essere, tanto alla superficie esterna quanto alla superficie interna del tubo:

$$\tau_y = \tau \cos(90^\circ - \psi) = \tau \operatorname{sen} \psi \qquad \text{cioè:}$$

$$\tau_e = \frac{\tau_y}{\operatorname{sen} \psi_e} \quad \text{ed analogamente} \quad \tau_i = \frac{\tau_y}{\operatorname{sen} \psi_i}$$

Ma osservando che $\psi_i$ è circa uguale a $\psi_e$, si può supporre che le tensioni tangenziali abbiano la stessa grandezza, direzione e verso lungo un raggio, e cioè:

$$\tau = \frac{\tau_y}{\operatorname{sen} \psi}$$

Così facendo, l'ipotesi di $\tau_y$ costante su una corda viene rispettata soltanto sul diametro orizzontale $\left(\psi = \frac{\pi}{2}\right)$ mentre, mano a mano che ci si avvicina al diametro verticale ($\psi = 0$, $\psi = \pi$) ci si discosta sempre più.

Si deve però osservare che l'ipotesi di $\tau_y$ costante su una corda è tanto meno verificata quanto più lunga è la corda stessa e ciò succede nelle zone estreme.

D'altra parte, nelle zone estreme, le tensioni tangenziali hanno valori molto bassi e quindi qualunque ipotesi è accettabile ed in particolare anche quella di tensioni tangenziali nulle per

$$\psi < \arccos \frac{r}{r_2}$$

Osserviamo che, quando si fà l'ipotesi di tensioni tangenziali perpendicolari al raggio e di valore costante, si viene a sostituire al diagramma effettivo delle $\tau$ lungo un raggio, un diagramma medio.

A questo punto si potrebbe cercare l'espressione analitica esprimente la legge di dipendenza delle tensioni $\tau_y$ dall'angolo $\psi$ sostituendo al momento statico $\mathcal{G}$, alla corda $\overline{AB}$, ed al momento d'inerzia $J$ le loro espressioni analitiche, ma ciò non è agevole, per cui conviene girare la difficoltà adottando un metodo grafico di ricerca in un esempio numerico (fig. 1).

Prendiamo in considerazione una corona circolare definita dai seguenti elementi:

$r = \text{cm } 8{,}92 \qquad r = \text{cm } 10{,}50 \qquad e = r_2 - r = \text{cm } 1{,}58$

il momento d'inerzia risulta dalla formula: $J = \frac{\pi}{4} \; (r_2^4 - r^4)$

si ha cioè $J = \frac{\pi}{4} \, 5830 = 4570 \text{ cm}^4$.

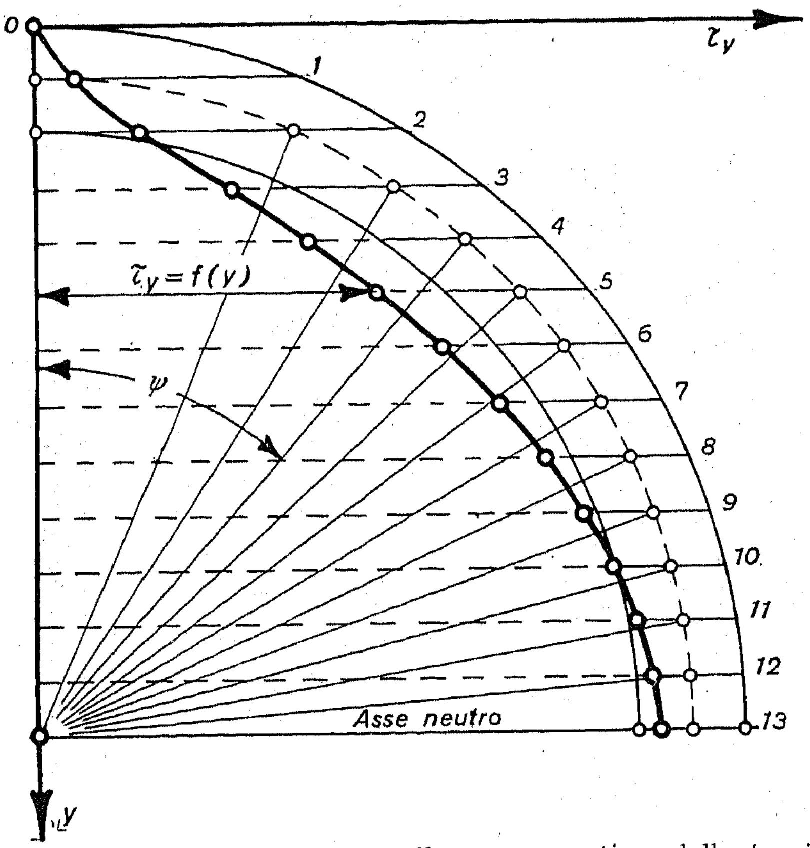



Fig. 1. - Legge di variazione delle componenti $\tau_y$ delle tensioni tangenziali $\tau$.
($\tau_y$ è il valore medio sulla corda).

Lo sforzo di taglio, agente su di essa sia $T = 1000$ kg. Dividiamo la corona circolare in 26 striscie con dei segmenti paralleli all'asse $x$ e di ogni striscia calcoliamo l'area $\Delta F$, la distanza $y$ del suo baricentro dall'asse $x$, il momento statico $y \Delta F$ rispetto all'asse $x$, sommiamo progressivamente i momenti statici e dividiamoli per la corrispondente lunghezza della corda $2 \overline{AB}$.

Si ottiene la seguente tabella riferentesi alla semi-sezione superiore:

| Corda | $y$ | $\Sigma y \Delta F$ | $2 \overline{AB}$ | $\frac{G}{2 \overline{AB}}$ | $\psi$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | cm | cm³ | cm | cm² | gradi sessages. |
| 1 | 10,05 | 43,20 | 8,20 | 5,25 | 0° |
| 2 | 9,25 | 116,20 | 7,60 | 15,50 | 23° |
| 3 | 8,50 | 162,90 | 5,80 | 28,10 | 33° 30' |
| 4 | 7,70 | 195,30 | 4,80 | 40,70 | 41° 30' |
| 5 | 6,88 | 220,20 | 4,30 | 51,20 | 48° |
| 6 | 6,17 | 240,20 | 3,96 | 60,60 | 54° |
| 7 | 5,26 | 256,40 | 3,70 | 69,20 | 60° |
| 8 | 4,45 | 269,30 | 3,50 | 76,80 | 65° 30' |
| 9 | 3,64 | 279,30 | 3,40 | 82,20 | 70° 30' |
| 10 | 2,83 | 286,88 | 3,34 | 86,00 | 76° |
| 11 | 2,02 | 292,21 | 3,28 | 89,00 | 80° 30' |
| 12 | 1,21 | 295,35 | 3,24 | 91,10 | 85° 30' |
| 13 | 0,40 | 296,38 | 3,20 | 92,70 | 90° |

I valori $\frac{\mathcal{G}}{2 \overline{AB}}$ della penultima colonna, moltiplicati per $\frac{T}{J} = \frac{1000}{4570}$, sono i valori medi cercati delle tensioni tangenziali parallele all'asse $y$.

Con essi è stato tracciato il diagramma della figura 3, il quale è molto vicino al diagramma del $\text{sen}^2 \psi$, per cui è lecito ritenere che detto valore medio $\tau_y$ delle tensioni sia variabile col $\text{sen}^2 \psi$, abbia cioè l'espresione $\tau_y = k \text{ sen}^2 \psi$, in cui $k$ è un coefficiente dipendente dallo sforzo di taglio totale $T$, dallo spessore della parete $e = r_2 - r$ e dal raggio medio $r_1 = \frac{r + r_2}{2}$.

Cerchiamo l'espressione analitica di $k$, ricordando che la somma delle $\tau_y \, dF$, per $\varphi$ variabile da 0 a $\pi$, deve essere uguale a $\frac{1}{2}T$. Deve cioè aversi:

$$\frac{1}{2} T = k \, e \, r_1 \int_0^{\pi} \text{sen}^2 \psi \, d\psi$$

avendo posto $dF = e \, r_1 \, d\psi$

$$\text{Ma si ha} \int_0^{\pi} \text{sen}^2 \psi \, d\psi = \left[ -\frac{1}{4} \text{sen } 2\psi + \frac{1}{2} \psi \right]_0^{\pi} = \frac{\pi}{2}$$

quindi

$$k = \frac{T}{\pi \, e \, r_1} \qquad \text{ed allora } \tau_y = \frac{T}{\pi \, e \, r_1} \text{ sen}^2 \psi$$

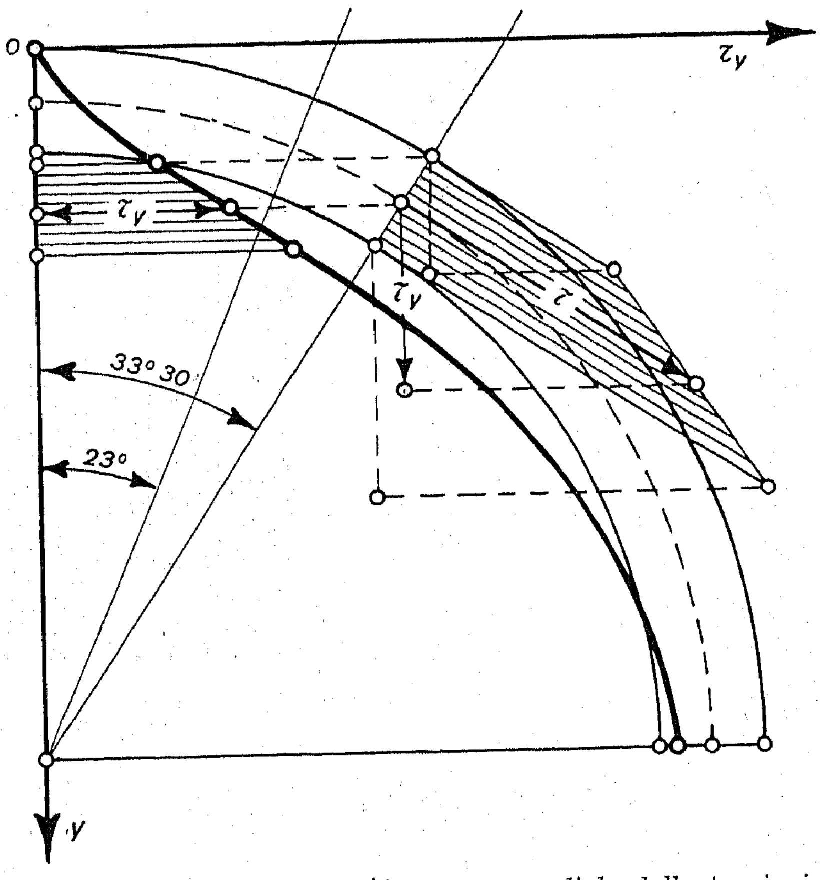



Fig. 2. - Ricerca grafica del diagramma radiale delle tensioni tangenziali $\tau$ nell'ipotesi che le $\tau_y$ siano costanti sulla corda.

Osservando infine che può porsi, con buona approssimazione: $\tau = \frac{\tau_y}{\text{sen } \psi} \left( \text{per } \psi > \text{arc cos } \frac{r}{r_2} \right)$, la legge di variazione delle tensioni tangenziali medie $\tau$, normali al raggio, lungo la circonferenza, risulta $\tau = k \text{ sen } \psi$ cioè:

$$\tau = \frac{T}{\pi \, e \, r_1} \text{ sen } \psi.$$

Per verifica confrontiamo i valori effettivi di $\tau$ dedotti graficamente e quelli derivanti dall'espressione analitica approssimata:

$$\tau = \frac{1000}{\pi \times 1{,}50 \times 2{,}71} \cdot \text{sen } \psi =$$

$$= 20{,}70 \text{ sen } \psi \text{ (in kg/cm}^2\text{)}$$

| $\psi$ | $\tau = 20{,}70$ sen $\psi$ appross. | $\tau$ effettive | $\tau_y$ effettive |
|---|---|---|---|
| 0 | 0,— | cade in difetto | 1,15 |
| 23° | 8,10 | 8,90 | 3,39 |
| 33° 30' | 11,40 | 11,15 | 6,13 |
| 60° | 17,90 | 17,60 | 15,15 |
| 90° | 20,70 | 20,30 | 20,30 |

Agli effetti della ricerca (che qui si vuol fare) delle sollecitazioni iperstatiche che nascono nell'anello in conseguenza delle tensioni tangenziali $\tau$ agenti sulle basi, la concordanza è molto soddisfacente.

Ricordando ora che $dF = e r_1 d\psi$ si ha, per $\tau\, dF$, l'espressione semplicissima:

$$\tau\, dF = \frac{T}{\pi} \text{ sen } \psi\, d\psi$$

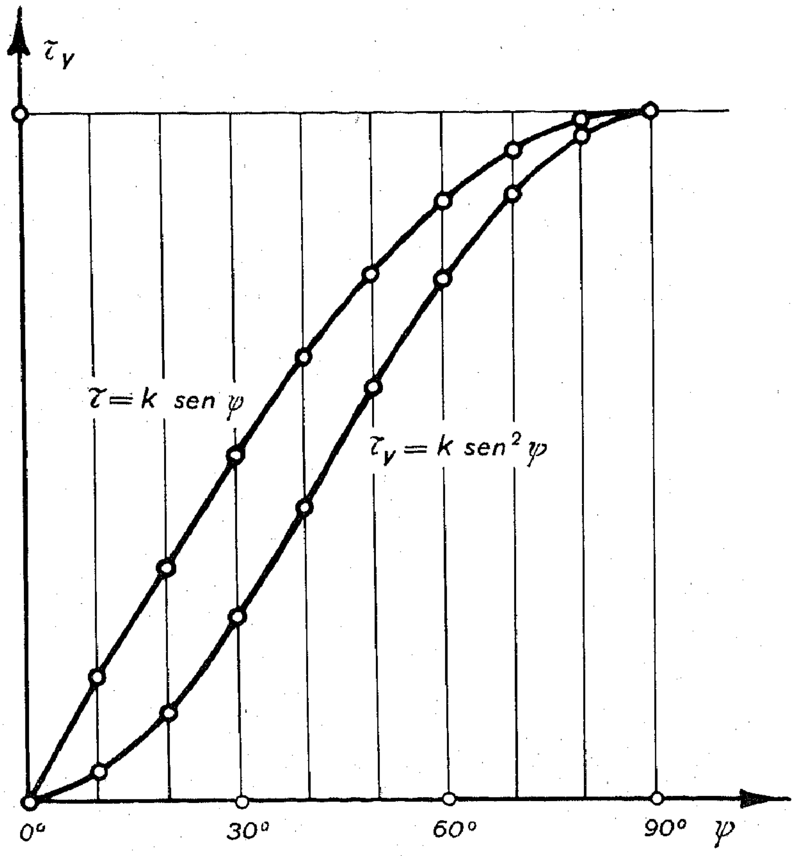



Fig. 3. - Legge di dipendenza delle tensioni tangenziali medie $\tau$ e $\tau_y$ dall'angolo $\psi$.

§ III – **Ricerca delle sollecitazioni (componenti) $M$ ed $N$ iperstatiche dovute alle sole tensioni tangenziali agenti sulle sezioni rette di un tronco di tubo di lunghezza unitaria.**

Facciamo ora la ricerca di $H$ ed $M_0$ e di $M$ ed $N$ nella ipotesi che, sulle due basi delimitanti il semi-anello incastrato nella sezione infima, le tensioni tangenziali abbiano le seguenti espressioni:

$$\tau_1 = \frac{T_1}{\pi\, e\, r_1} \text{ sen } \psi \qquad \tau_2 = \frac{T_2}{\pi\, e\, r_1} \text{ sen } \psi$$

e quindi:

$$(\tau_1 + \tau_2)\, dF = \frac{1}{\pi} (T_1 + T_2) \text{ sen } \psi\, d\psi$$

Le espressioni delle reazioni elementari $dH$ e $dM_0$ si possono ottenere in due modi, o partendo dalle equazioni fondamentali del Guidi, oppure partendo dalle relazioni ottenute alla nota II, ponendovi:

$r_1$ al posto di $r_2$
$\pi - \psi$ » » » $\alpha$
$(\tau_1 + \tau_2) dF$ » » » $A$

In ogni caso si ottiene per la sezione al vertice:

$$\varphi = 0 \begin{cases} dH = -\dfrac{(\tau_1 + \tau_2)\, dF}{\pi} [(\pi - \psi) \cos \psi + \text{sen } \psi] \\[2ex] dM_0 = \dfrac{r_1 (\tau_1 + \tau_2)\, dF}{\pi} [(\pi - \psi) \cos \psi + 2 \text{ sen } \psi + \psi - \pi)] \end{cases}$$

Osserviamo che se $(\tau_1 + \tau_2)\, dF$ è diretto verso l'alto (positivo), devono risultare:

$\begin{cases} dH \text{ negativa (compressione)}, \\ dM_0 \text{ positivo (che aumenta la curvatura dell'anello)}. \end{cases}$

L'angolo $\psi$ definisce il punto di applicazione della forza elementare $(\tau_1 + \tau_2)\ dF$.

Si ottiene poi, per una sezione generica definita dall'angolo $\varphi$:

$$\text{per } \varphi < \psi \begin{cases} d\mathfrak{N} = 0 \\ d\mathfrak{M} = 0 \end{cases}$$

$$\text{per } \varphi > \psi \begin{cases} d\mathfrak{N} = (\tau_1 + \tau_2)\, dF \cos (\varphi - \psi) \\ d\mathfrak{M} = r_1 (\tau_1 + \tau_2)\, dF\, [1 - \cos (\varphi - \psi)] \end{cases}$$

L'angolo $\varphi$ definisce la sezione in cui agiscono $d\mathfrak{N}$ e $d\mathfrak{M}$; dovuti alla sola forza $(\tau_1 + \tau_2)\ dF$ applicata nella sezione definita da $\psi$.

Sostituendo infine a $(\tau_1 + \tau_2)\ dF$ la sua espressione in funzione di $\psi$ ed integrando a tutto il semianello, cioè da 0 a $\pi$, si ottiene per la sezione al vertice:

$$\begin{cases} H = -\dfrac{1}{\pi^2} (T_1 + T_2) \displaystyle\int_0^\pi [(\pi - \psi) \cos \psi + \text{sen } \psi] \text{ sen } \psi\, d\psi \\[2ex] M_0 = \dfrac{r_1}{\pi^2} (T_1 + T_2) \displaystyle\int_0^\pi [(\pi - \psi) \cos \psi + 2 \text{ sen } \psi + \psi - \pi] \text{ sen } \psi\, d\psi \end{cases}$$

e per una sezione generica definita dall'angolo $\varphi$:

$$\begin{cases} \mathfrak{N} = \dfrac{1}{\pi} (T_1 + T_2) \displaystyle\int_0^\varphi \cos (\varphi - \psi) \text{ sen } \psi\, d\psi \\[2ex] \mathfrak{M} = \dfrac{r_1}{\pi} (T_1 + T_2) \displaystyle\int_0^\varphi [1 - \cos (\varphi - \psi)] \text{ sen } \psi\, d\psi \end{cases}$$

($\varphi$ deve essere trattato come una costante, nell'integrazione rispetto a $\psi$).

Calcoliamo separatamente i 4 integrali definiti che compaiono nelle espressioni generali precedenti e indichiamoli rispettivamente con

$$I_1, \quad I_2, \quad I_3{}^\varphi, \quad I_4{}^\varphi \quad .$$

Si ha intanto:

$$I_1 = \pi \int_0^\pi \text{sen } \psi \cos \psi\, d\psi - \int_0^\pi \psi \text{ sen } \psi \cos \psi\, d\psi + \int_0^\pi \text{sen}^2 \psi\, d\psi$$

$$I_2 = \pi \int_0^\pi \text{sen } \psi \cos \psi\, d\psi - \int_0^\pi \psi \text{ sen } \psi \cos \psi\, d\psi + 2 \int_0^\pi \text{sen}^2 \psi\, d\psi +$$

$$+ \int_0^\pi \psi \text{ sen } \psi\, d\psi - \pi \int_0^\pi \text{sen } \psi\, d\psi$$

$$I_3{}^\varphi = \cos \varphi \int_0^\varphi \text{sen } \psi \cos \psi\, d\psi + \text{sen } \varphi \int_0^\varphi \text{sen}^2 \psi\, d\psi$$

$$I_4{}^\varphi = \int_0^\varphi \text{sen } \psi\, d\psi - I_3{}^\varphi$$

Ma gli integrali precedenti valgono:

$$\int_0^\pi \operatorname{sen}\psi\, d\psi = 2 \qquad \int_0^\varphi \operatorname{sen}\psi\, d\psi = 1 - \cos\varphi$$

$$\int_0^\pi \operatorname{sen}^2\psi\, d\psi = \frac{\pi}{2} \qquad \int_0^\varphi \operatorname{sen}^2\psi\, d\psi = \frac{1}{2}\left(\varphi - \frac{1}{2}\operatorname{sen} 2\varphi\right)$$

$$\int_0^\pi \operatorname{sen}\psi \cos\psi\, d\psi = 0 \qquad \int_0^\varphi \operatorname{sen}\psi\cos\psi\, d\psi = \frac{1}{4}(1 - \cos 2\varphi)$$

$$\int_0^\pi \operatorname{sen}\psi\, d\psi = \pi$$

$$\int_0^\pi \psi \operatorname{sen}\psi\cos\psi\, d\psi = -\frac{\pi}{4}$$

E quindi in definitiva al vertice:

$$\begin{cases} I_1 = \dfrac{3\pi}{4} \\ I_2 = \dfrac{\pi}{4} \end{cases}$$

e in una sezione generica definita da $\varphi$:

$$I_3^\varphi = \cos\varphi\,\frac{1}{4}(1-\cos 2\varphi) + \operatorname{sen}\varphi\,\frac{1}{2}\left(\varphi - \frac{1}{2}\operatorname{sen} 2\varphi\right)$$

$$I_4^\varphi = 1 - \cos\varphi - I_3^\varphi$$

In particolare si ha sul diametro orizzontale $\varphi = \frac{\pi}{2}$:

$$I_3^{90} = \frac{\pi}{4}$$

$$I_4^{90} = 1 - \frac{\pi}{4},$$

nella sezione infima $\varphi = \pi$:

$$\begin{cases} I_3^{180} = 0 \\ I_4^{180} = 2. \end{cases}$$

e per altre sezioni diametrali definite dall'angolo $\varphi$:

| $\varphi$ gradi sessag. | $I_3^\varphi$ | $I_4^\varphi$ |
|---|---|---|
| 0° | 0,000 | 0,000 |
| 10 | 0,0135 | 0,0015 |
| 20° | 0,057 | 0,003 |
| 30° | 0,129 | 0,005 |
| 40° | 0,220 | 0,014 |
| 50° | 0,329 | 0,028 |
| 60° | 0,448 | 0,052 |
| 70° | 9,565 | 0,093 |
| 80° | 0,681 | 0,145 |
| 90° | 0,785 | 0,215 |
| 100° | 0,859 | 0,315 |
| 110° | 0,904 | 0,438 |
| 120° | 0,905 | 0,595 |
| 130° | 0,868 | 0,775 |
| 140° | 0,786 | 0,980 |
| 150° | 0,655 | 1,211 |
| 160° | 0,475 | 1,465 |
| 170° | 0,255 | 1,730 |
| 180° | 0,000 | 2,000 |

Le espressioni definitive delle reazioni iperstatiche al vertice dovute ai due sforzi taglianti $T_1$ e $T_2$ agenti sulle basi di un tronco di tubo di lunghezza unitaria, sono allora:

per $\varphi = 0$
$$\begin{cases} H = -\dfrac{3}{4\pi}(T_1+T_2) & (T \text{ diretto verso l'alto è positivo}) \\ M_0 = \dfrac{1}{4\pi}(T_1+T_2)\,r_1 & (H \text{ negativa, è una compressione}) \end{cases}$$

Ed analogamente le espressioni generali della componente $\mathcal{N}$ dello sforzo normale e della componente $\mathcal{M}$ del momento flettente, dovute alle sole forze esterne $\tau$ applicate sulle basi, sono:

per $\varphi$ generico
$$\begin{cases} \mathcal{N} = \dfrac{1}{\pi}(T_1+T_2)\,I_3^\varphi \\ \mathcal{M} = \dfrac{1}{\pi}(T_1+T_2)\,I_4^\varphi\, r_1 \end{cases}$$

In particolare si ha nella sezione sul diametro orizzontale:

per $\varphi = \pi/2$
$$\begin{cases} \mathcal{N} = \dfrac{1}{4}(T_1+T_2) \\ \mathcal{M} = \left(\dfrac{1}{\pi} - \dfrac{1}{4}\right)(T_1+T_2)\,r_1\ ; \end{cases}$$

nella sezione infima:

per $\varphi = \pi$
$$\begin{cases} \mathcal{N} = 0 \\ \mathcal{M} = \dfrac{2}{\pi}(T_1+T_2)\,r_1 \end{cases}$$

Le sollecitazioni (componenti) totali $N$ ed $M$, dovute ai due sforzi taglianti $T_1$ e $T_2$ distribuiti sulle due basi secondo la legge sinusoidale $\tau = K \operatorname{sen}\psi$, hanno dunque le seguenti espressioni:

per $\varphi$ generico
$$\begin{cases} N = H\cos\varphi + \dfrac{1}{\pi}(T_1+T_2)\,I_3^\varphi \\ M = M_0 + H\,r_1(1-\cos\varphi) + \dfrac{1}{\pi}(T_1+T_2)\,I_4^\varphi\,r_1 \end{cases}$$

In particolare si ha, per la sezione sul diametro orizzontale:

per $\varphi = \frac{\pi}{2}$
$$\begin{cases} N = \dfrac{1}{4}(T_1+T_2) \\ M = M_0 + H\,r_1 + \left(\dfrac{1}{\pi} - \dfrac{1}{4}\right)(T_1+T_2)\,r_1 \end{cases}$$

e per la sezione infima:

per $\varphi = \pi$
$$\begin{cases} N = -H \\ M = M_0 + 2\,H\,r_1 + \dfrac{2}{\pi}(T_1+T_2)\,r_1 \end{cases}$$

§ IV - **Tubi con appoggio continuo (esempio di calcolo).**

Prendiamo in considerazione un tubo avente le seguenti caratteristiche:

$r = 2{,}50 \qquad r_1 = 2{,}70 \qquad r_2 = 2{,}90 \qquad e = r_2 - r = 0{,}40$

Volume di calcestruzzo per metro lineare:

$$2\pi r_1 e = 2 \times \pi \times 2{,}70 \times 0{,}40 = 6{,}78 \text{ mc/m}$$

Volume d'acqua per metro lineare:

$$\pi r^2 = 19{,}62 \text{ mc/m}$$

Peso per metro corr.:
- calcestruzzo armato: $6{,}78 \times 2{,}50 = 16{,}95$ tonn/m (peso proprio)
- acqua: $= 19{,}62$ » (sovraccarico)

Peso totale $= 36{,}57$ tonn/m

$$P = \frac{1}{2} \text{ del peso} \simeq 18{,}25 \text{ tonn}$$

Il tubo sia sostenuto da selle di appoggio (fig. 4), per tutta la sua lunghezza, del tipo di quelle prese in esame nella nota III, ma la componente verticale della reazione della sella contro il tubo, pieno di acqua, invece di essere costante, come nel caso di tubo indefinito, sia ora variabile lungo le generatrici dal valore $+ 0{,}50 \times 36{,}50$ al valore $+ 1{,}50 \times 36{,}50$.

Prendiamo in esame separatamente le diverse zone.

Nella zona più caricata, intermedia, al peso di 1 metro lineare di tubo (— 36,50) si aggiungono due sforzi taglianti $T_1$ e $T_2$ diretti verso il basso (negativi) la cui somma è $T_1 + T_2 = - 0{,}50 \times 36{,}50 = - 18{,}25$ tonn.

Nella zona meno caricata, intermedia, al peso 36,50 vengono aggiunti due sforzi taglianti diretti verso l'alto (positivi) la cui somma è: $T_1 + T_2 = + 0{,}50 \times 36{,}50 = + 18{,}25$ tonn.

Nelle zone estreme si ha il taglio su una sola base, dell'anello di 1 m, il quale vale ancora $\pm$ 18,25 tonn.

Dalle formule ottenute in questa memoria si ottengono subito i valori delle sollecitazioni $H$ ed $M_0$ al vertice, ed $N$, $M$ in una sezione generica, nell'ipotesi che i vari anelli siano indipendenti nei riguardi delle deformazioni.

Si ha infatti per $T_1 + T_2 = - 18{,}25$ tonn (diretto verso il basso).

Al vertice:

cioè per $\varphi = 0$

$$\begin{cases} H = -\dfrac{3}{4\pi} \times 18{,}25 = + 4{,}36 \text{ tonn} \\[2ex] M_0 = -\dfrac{1}{4\pi} \times 18{,}25 \times 2{,}70 = - 3{,}92 \text{ tonn/m} \end{cases}$$

E in una sezione generica:

$$\begin{cases} N = + 4{,}36 \cos\varphi - \dfrac{1}{\pi}\, 18{,}25 \,.\, I_3{}^{\varphi} \\[2ex] M = - 3{,}92 + 4{,}36 \times 2{,}70\,(I - \cos\varphi) - \dfrac{1}{\pi}\, 18{,}25 \times 2{,}70\; I_4{}^{\varphi} \end{cases}$$

cioè

per $\varphi$ generico
$$\begin{cases} N = + 4{,}36 \cos\varphi - 5{,}82\, I_3{}^{\varphi} \\ M = - 3{,}92 + 11{,}77\,(1 - \cos\varphi) - 15{,}70\, I_4{}^{\varphi} \end{cases}$$

Il calcolo, eseguito per diversi valori di $\varphi$ conduce alla tabella seguente:

| $\varphi$ | $M$ | $N$ |
|---|---|---|
| 0° | — 3,92 | + 4,36 |
| 30° | — 2,42 | + 3,02 |
| 60° | + 1,14 | — 0,43 |
| 90° | + 4,48 | — 4,57 |
| 120° | + 4,40 | — 7,45 |
| 137° | + 2,18 | — 7,96 |
| 143° 40' | + 0,64 | — 7,87 |
| 147° | — 0,20 | — 7,71 |
| 157° | — 3,17 | — 7,11 |
| 160° | — 4,10 | — 6,86 |
| 170° | — 7,72 | — 5,77 |
| 180° | —11,78 | — 4,36 |

Questi sono i valori delle sollecitazioni componenti che scaturiscono dalle ipotesi che le tensioni tangenziali medie (vettori), agenti sulle basi dell'anello, siano normali al raggio e varîno, lungo l'anello, secondo il sen $\psi$, per $\psi$ variabile da 0 a $\pi$, e che gli anelli siano indipendenti nei riguardi delle deformazioni.

Vediamo ora quali valori assumerebbero dette sollecitazioni componenti se le tensioni tangenziali medie fossero invece distribuite uniformemente sulle due basi e dirette verticalmente come il peso proprio.

Esse si deducono subito da quelle ottenute alla nota I[a] § V, per il peso proprio del solo tubo $2\pi r_1 e \overline{\omega}_c = 16{,}95$ tonn, moltiplicando queste ultime per il rapporto:

$$\frac{18{,}25}{16{,}95} = 1{,}076$$

È facile vedere che si arriva a momenti flettenti $M$ pressochè identici a quelli ottenuti nell'ipotesi:

$$\begin{cases} \tau = k \text{ sen } \psi \\ T_1 + T_2 = - 18{,}25 \text{ tonn.} \end{cases}$$

e ciò in tutte le sezioni.

Le componenti normali $N$ sono invece notevolmente diverse.

Cerchiamo ora i valori analoghi nell'ipotesi che le tensioni tangenziali medie (vettori) siano distribuite sulle due basi dell'anello come le pressioni idrostatiche $\overline{\omega}\, y$ con battente nullo sul vertice.

Poichè equivalgono, nel loro insieme, al peso dell'acqua $\pi r^2 \overline{\omega} = 19{,}62$ tonn, contenuta nel tronco di tubo in esame, esse si deducono subito da quelle ottenute alla nota I, § V per la pressione idrostatica, variabile da 0 a $\overline{\omega} y$, moltiplicandole per il rapporto

$$\frac{18{,}25}{19{,}62} = 0{,}93$$

È facile vedere che, anche in questa ipotesi, si arriva a momenti flettenti $M$ pressochè identici a quelli ottenuti nella ipotesi $\tau = k$ sen $\psi$.

Le componenti normali $N$ sono invece diverse da quelle dei casi precedenti.

Questi risultati sono notevolmente interessanti poichè mostrano che il semianello in esame, incastrato rigidamente nella sezione infima e vincolato al vertice in modo che alla sezione diametrale (verticale) siano concesse soltanto traslazioni nel suo piano, ha un comportamento a flessione che, entro certi limiti non risente praticamente della legge vettoriale, secondo la quale variano le forze distribuite con continuità sulla sua peri

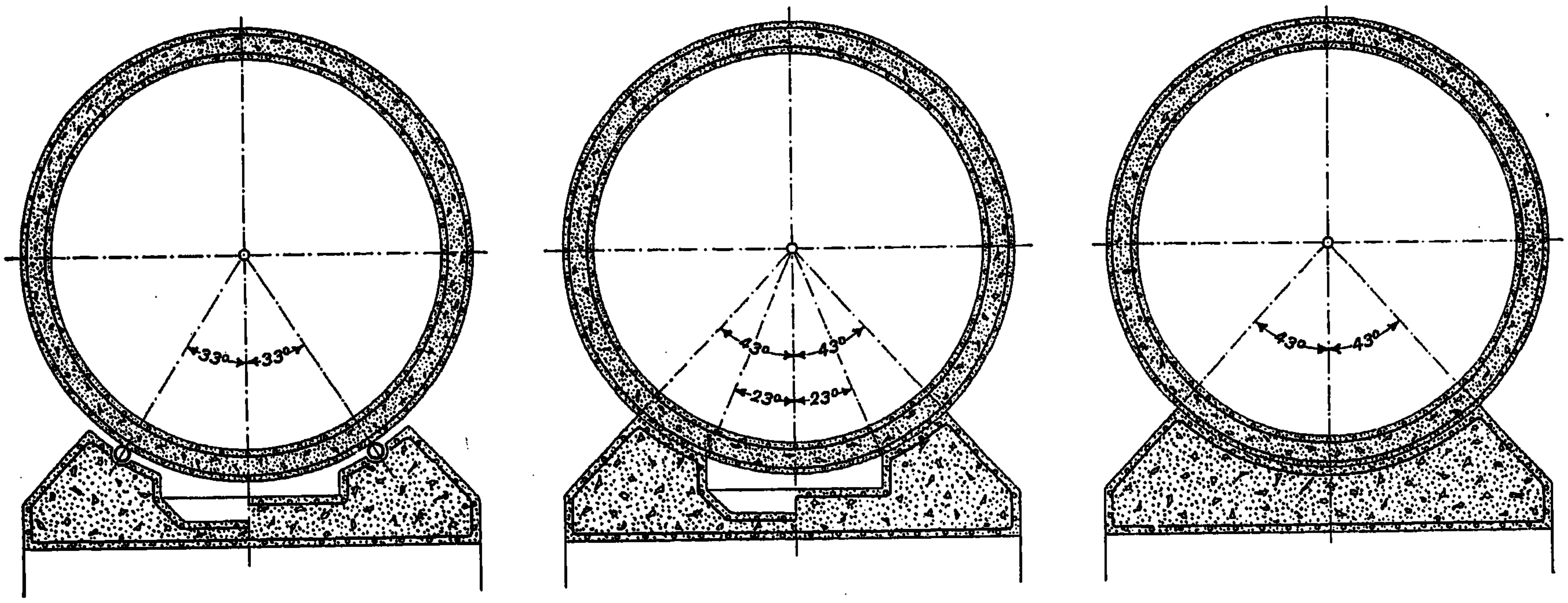



Fig. 4. - Varî tipi di selle di sostegno dei tubi.
Appoggio a rulli, sella discontinua trasversalmente e sella continua trasversalmente.

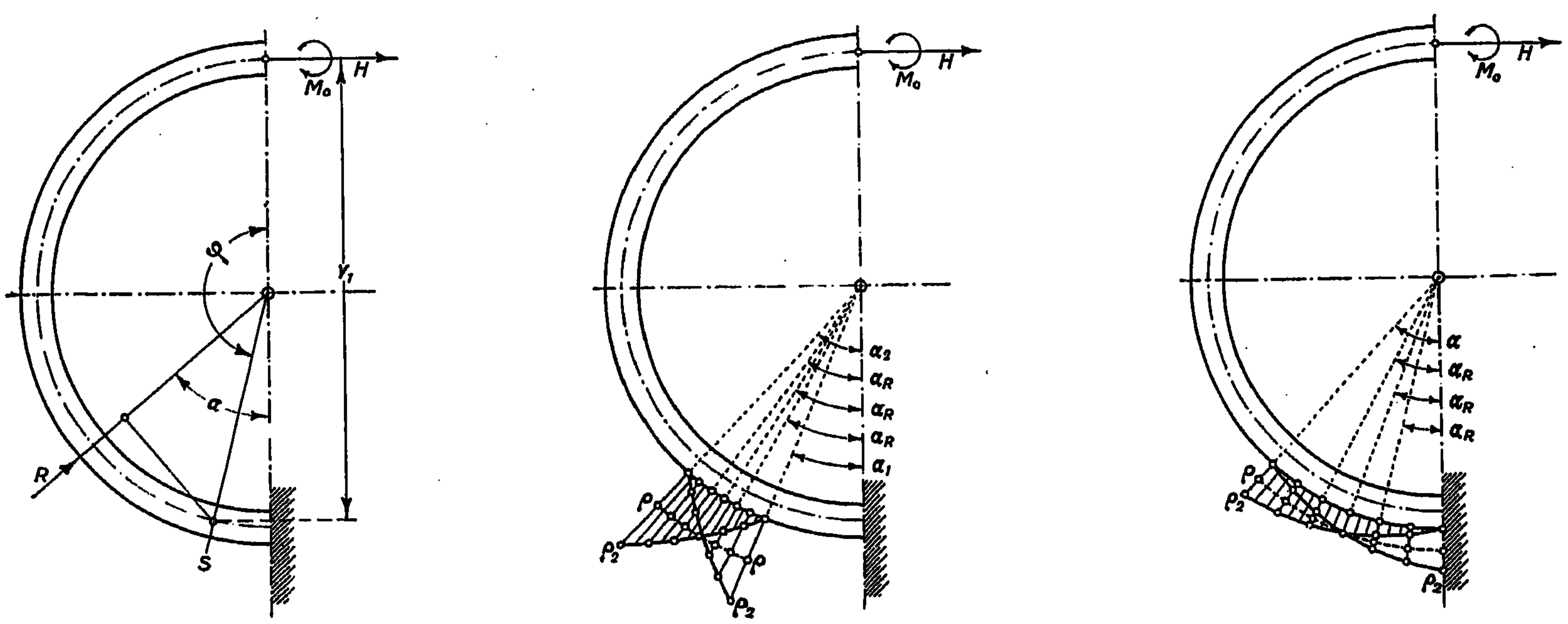



Fig. 5. - Varie ipotesi di carico del semianello (ideale).
Reazioni radiali concentrate o distribuite. Varie ipotesi di ripartizione lineare.

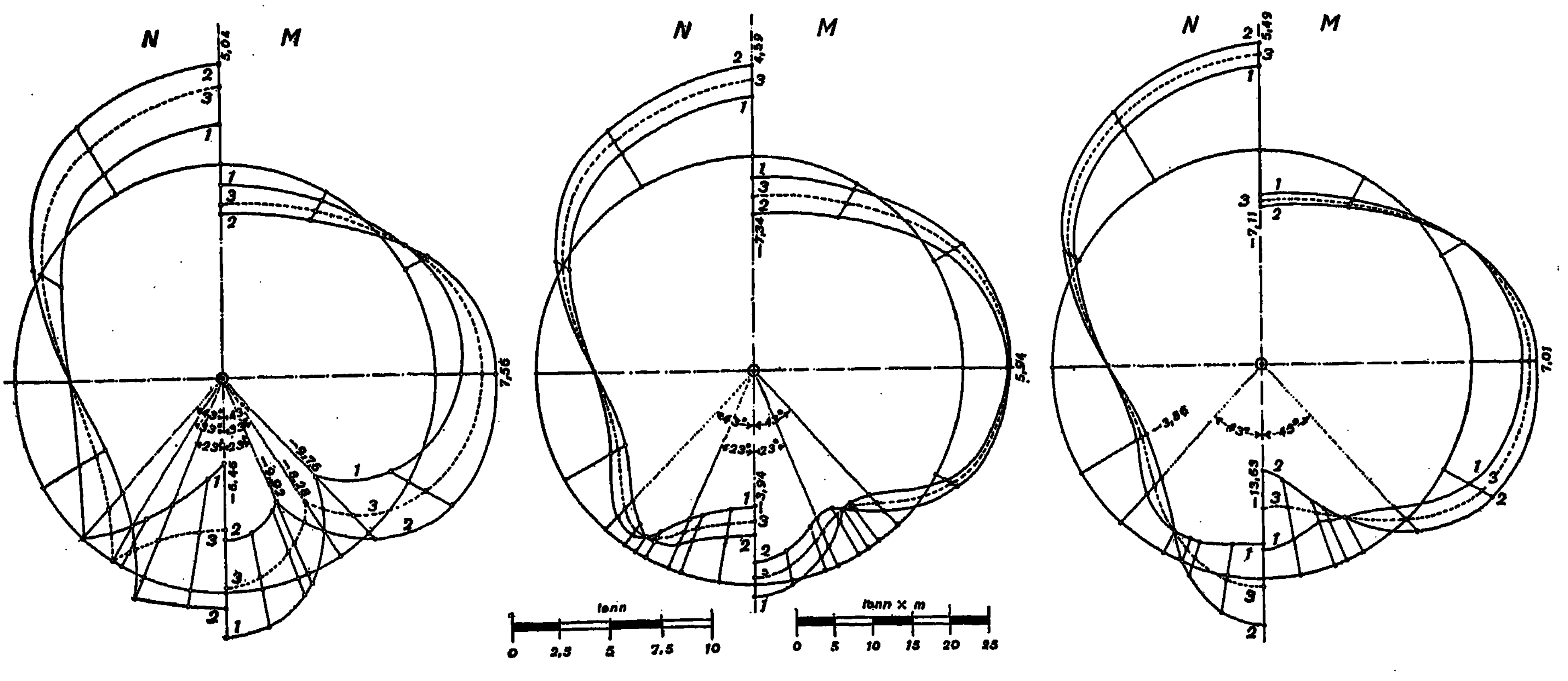



Fig. 6. - Tubi indefiniti.
Diagrammi radiali delle componenti normali $N$, e dei momenti flettenti $M$, dovuti al peso proprio, alla pressione idrostatica variabile ed alle reazioni radiali degli appoggi nelle varie ipotesi della figura precedente. (Valori per un metro lineare di tubo misurato lungo le generatrici).

feria. Al contrario se le forze agenti sull'anello sono localizzate in zone ristrette, come è il caso delle reazioni delle selle contro il tubo, la distribuzione dei momenti iperstatici nelle varie sezioni diametrali, diversifica notevolmente da quella precedente e anche da caso a caso; tanto è vero che, se agiscono contemporaneamente il peso proprio, la pressione variabile e le reazioni delle selle di appoggio (costituenti un sistema equilibrato), le sollecitazioni a flessione assumono valori elevati. Si osservi che nei tre casi esaminati di peso proprio, pressione variabile e tensioni $\tau = k$ sen $\psi$, la risultante delle forze applicate al semianello, pur mantenendo lo stesso valore $T_1+T_2 =$ — 18,25 tonn e la stessa direzione verticale, ha, da caso a caso, diversa linea d'azione.

Possiamo dunque ritenere che le sollecitazioni $N$ ed $M$, raccolte nella tabella precedente, siano soddisfacenti, dal punto di vista pratico, nel caso che l'ipotesi di anelli indipendenti sia accettabile.

Alle sollecitazioni ora citate, dovute alle tensioni $\tau$, fanno equilibrio quelle dovute alle reazioni radiali supplementari, la cui componente verticale è +18,25 tonn (diretta verso l'alto).

1° *Caso – Sella discontinua trasversalmente.*

Supponiamo ora che la sella di sostegno sia discontinua trasversalmente e definita dagli angoli $\alpha_1 = 23°$; $\alpha_2 = 43°$, cioè come quella presa in esame alla nota III.

Supponiamo, inoltre, che la reazione radiale della sella contro il tubo, sia uniformemente distribuita nelle zone di contatto (ipotesi III).

Si hanno allora i seguenti valori:

| φ | *M* | *N* |
|---|---|---|
| 0° | + 1,39 | — 1,10 |
| 30° | + 1,00 | — 0,95 |
| 60° | — 0,10 | — 0,55 |
| 90° | — 1,58 | 0,00 |
| 120° | — 3,06 | + 0,55 |
| 137° | — 3,76 | + 0,80 |
| 147° | — 2,70 | + 0,44 |
| 157° | + 0,79 | — 0,87 |
| 160° | + 2,22 | — 1,40 |
| 170° | + 6,97 | — 3,15 |
| 180° | +11,42 | — 4,81 |

Sommando le due sollecitazioni componenti si ottiene l'effetto supplementare complessivo, sull'anello in esame, come risulta dalla seguente tabella:

| φ | *M* | *N* |
|---|---|---|
| 0° | — 2,53 | + 3,26 |
| 30° | — 1,42 | + 2,07 |
| 60° | + 1,04 | — 0,98 |
| 90° | + 2,90 | — 4,57 |
| 120° | + 1,34 | — 6,90 |
| 137° | — 1,58 | — 7,16 |
| 147° | — 2,90 | — 7,27 |
| 157° | — 2,38 | — 7,98 |
| 160° | — 1,88 | — 8,26 |
| 170° | — 0,75 | — 8,92 |
| 180° | — 0,36 | — 9,17 |

Passando ora ad esaminare l'anello nella zona intermedia, meno caricata, e ricordando che il taglio è diretto verso l'alto e quindi la reazione dell'appoggio viene ridotta del 50 %, si conclude che l'effetto complessivo è esattamente il contrario di quello precedente.

Sommando infine le sollecitazioni supplementari con quelle trovate nella nota III, § X, ipotesi III, per il tubo indefinito (fig. 6), si ottengono le sollecitazioni totali per la zona sovraccaricata e per la zona alleggerita.

I momenti flettenti, nella zona sovraccaricata, risultano tutti aumentati del 50 % e, nella zona alleggerita, tutti diminuiti del 50 %. Questo risultato è conseguenza dell'identità fra i diagrammi (a meno del segno), dei momenti flettenti, dovuti alle tensioni $\tau$ e quelli dovuti al peso proprio ed alla pressione dell'acqua, s'intende nell'ipotesi che i sistemi di forze siano equivalenti (a meno del segno).

Le componenti normali seguono, invece, una diversa legge di distribuzione e risultano molto aumentate nella zona inferiore.

Riuniamo nella seguente tabella i valori più interessanti di $M$ e di $N$.

| φ | Nella zona sovraccaricata del 50 % | | Nella zona alleggerita del 50 % | |
|---|---|---|---|---|
| | *M* | *N* | *M* | *N* |
| 0° | — 7,61 | + 7,09 | — 2,55 | + 0,57 |
| 90° | + 8,67 | — 7,47 | + 2,87 | + 1,67 |
| 147° | — 8,77 | — 8,10 | — 2,97 | + 6,44 |
| 180° | — 1,06 | —12,32 | — 0,34 | + 6,02 |

2° *Caso – Sella continua trasversalmente.*

Supponiamo che la sella sia continua trasversalmente e dell'apertura $2\,\alpha = 86°$, cioè come quella presa in esame al capitolo III, e che la reazione radiale vari linearmente dal valore zero, nella sezione infima, al valore massimo per $\alpha = 43°$ (ipotesi I).

Anche in questo caso, i momenti flettenti risultano aumentati del 50 %, nella zona sovraccaricata, e diminuiti del 50 %, nella zona alleggerita.

Le componenti normali seguono invece una diversa legge.

Riuniamo nella tabella seguente i valori più interessanti di $M$ e di $N$.

| φ | Nella zona sovraccaricata del 50 % | | Nella zona alleggerita del 50 % | |
|---|---|---|---|---|
| | *M* | *N* | *M* | *N* |
| 0° | — 8,27 | + 7,75 | — 2,77 | + 0,79 |
| 90° | + 9,80 | — 7,47 | + 3,24 | + 1,67 |
| 151°20' | — 7,34 | — 8,70 | + 2,58 | + 6,30 |
| 180° | — 5,63 | —10,25 | — 1,87 | + 6,71 |

Questi risultati mostrano che, quando i tubi siano appoggiati su terreno non omogeneo o su strutture elastiche (ponti a travata o ad arco) le sollecitazioni derivanti dalla non uniformità della distribuzione delle reazioni meritano l'attenzione del progettista. Si deve però osservare che, se il tubo in esame ha una lunghezza di qualche diametro, cioè è molto corto, la solidarietà degli anelli interviene favorevolmente a regolarizzare l'ovalizzazione, ed il comportamento trasversale del tubo può essere molto simile a quello del tubo indefinito, nonostante che la reazione dell'appoggio presenti sensibili irregolarità.

Esempi di tubi pensili esistenti, appoggiati su ponti, che abbiano le dimensioni trasversali di quello qui esaminato, sono forniti dai due attraversamenti sul torrente Pongaiola e sul torrente Rinassico, costruiti dalla impresa Damioli per conto della Società Generale Elettrica Tridentina (S.G.E.T.). Tali manufatti hanno lo scopo di mantenere la continuità della galleria forzata dell' impianto idroelettrico Mollaro-Mezzocorona.

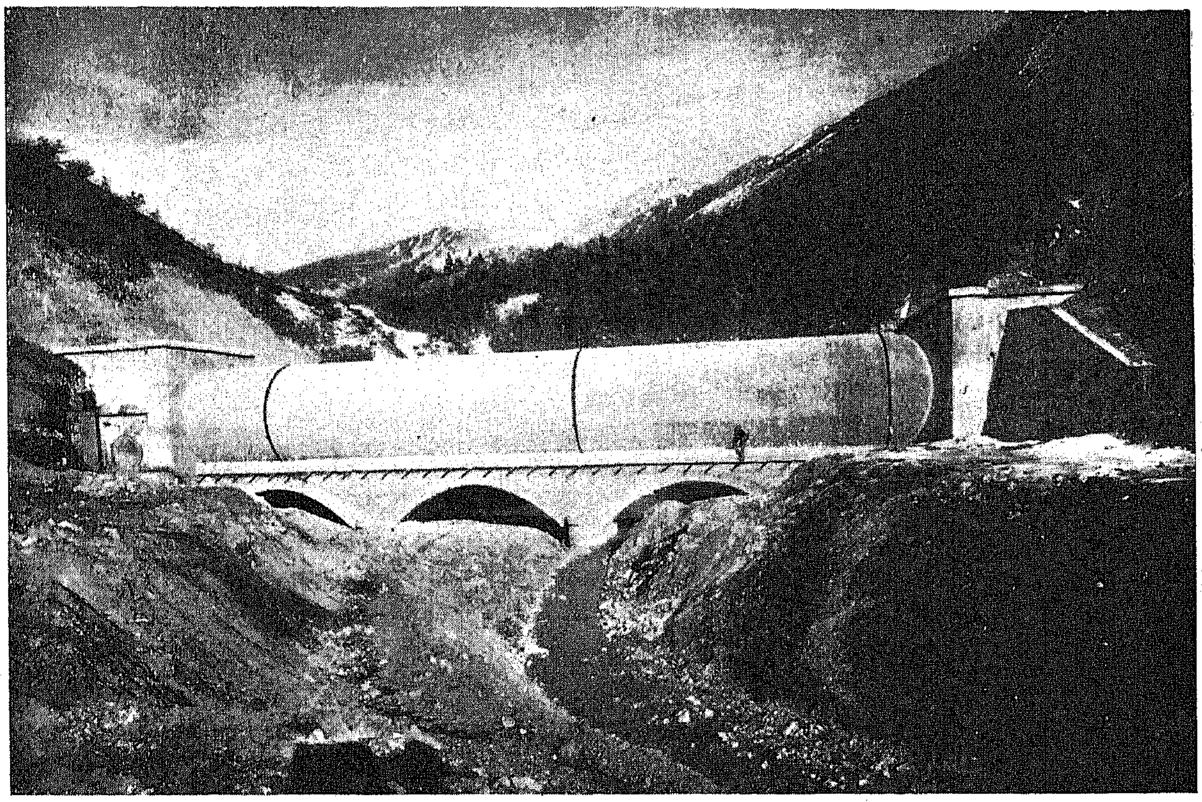


Fig. 9. - Ponte-canale in pressione sul torrente Rinassico (Noce-Trento).
Prospetto da valle.

### § V - I ponti canali in pressione dell' impianto idroelettrico di Mezzocorona sui torrenti Pongaiola e Rinassico (Noce-Trento).

A) *Le strutture portanti (ponti ad arco).*

L'attraversamento dei suddetti torrenti avviene in località nelle quali la roccia affiora sulle sponde e si trova a limitata profondità sul fondo, perciò la parte portante ha solida impostazione. Il tipo di ponte è strettamente legato alla ampiezza e profondità del torrente.

Nel Pongaiola (figg. 7 e 8) l'attraversamento avviene in una zona di altezza sul fondo, notevole in confronto alla larghezza, per cui è stata opportuna l'erezione di un manufatto ad unica luce (a pianta leggermente obliqua).

L'arcata portante ha un profilo parabolico, la corda è di m 17, la monta di m 5,50. Lo spessore dell'arcata, è, in sommità, di m 0,70 ed aumenta gradualmente verso le imposte fino a m 1,40.

Il timpano è stato poi parzialmente riempito con calcestruzzo armato, al fine di rendere più resistente e più rigida la struttura.

Il manufatto sul torrente Rinassico è a tre luci (fig. 9), non convenendo un ponte ad unica luce che sarebbe riuscito ribassato ad 1/5 e di 33 metri di corda.

L'aversi nel letto la roccia a lieve profondità ed il fatto che il torrente non è soggetto a piene notevoli, hanno favorita l'adozione di un manufatto con due pile intermedie e con tre archi di m 10 di luce.

L'interasse delle pile è di m 12,50. La direttrice dell'intradosso è un arco circolare ribassato. Il ribassamento è di circa 1/4.

La verifica di stabilità dei due ponti Pongaiola e Rinassico è stata fatta in base alla teoria dell'elasticità.

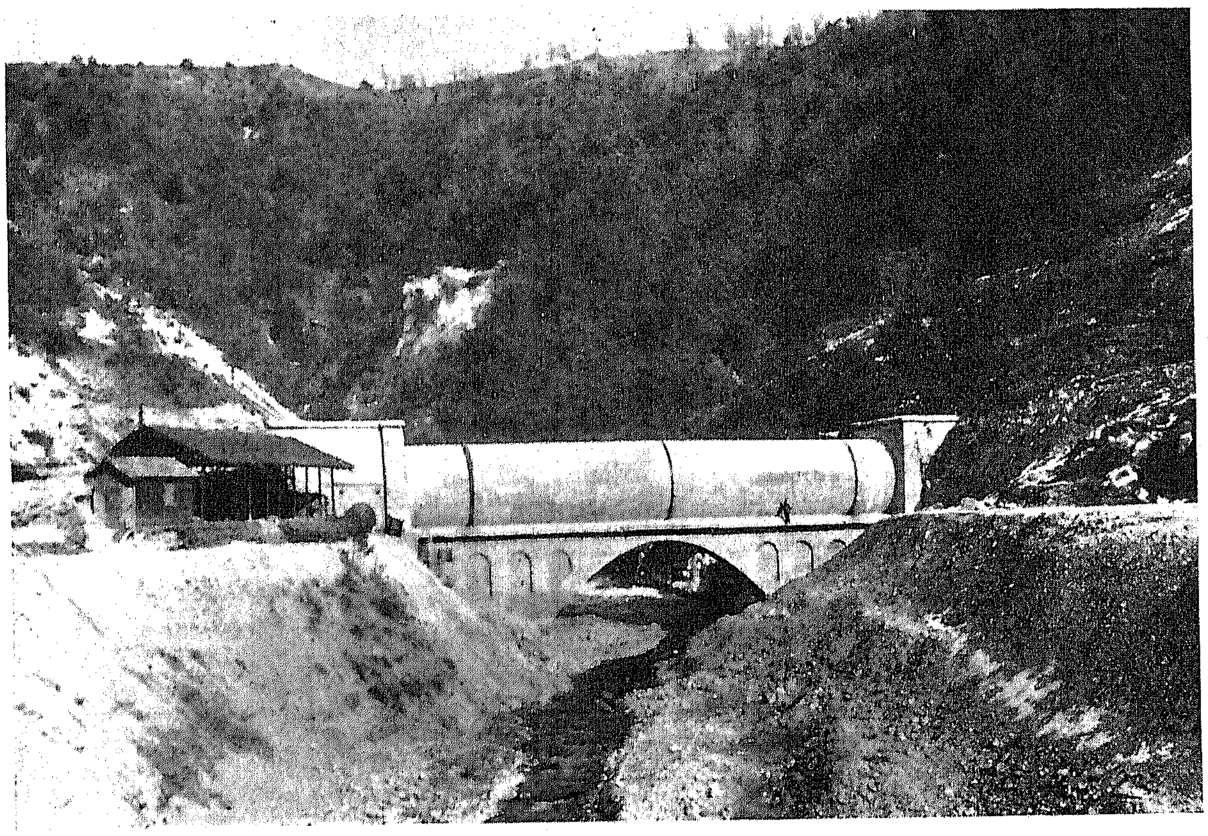


Fig. 7. - Ponte-canale in pressione sul torrente Pongaiola (Noce-Trento).
Prospetto da valle.

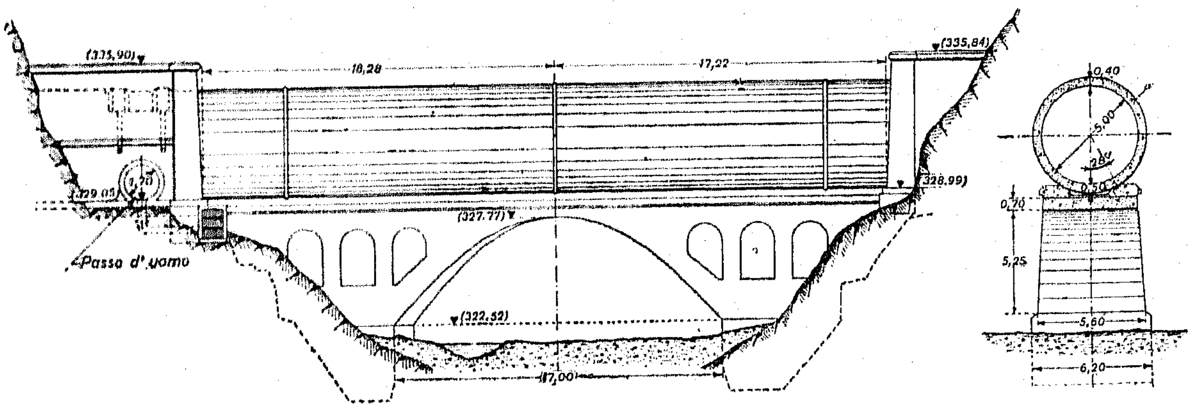



Fig. 8. - Ponte-canale in pressione sul torrente Pongaiola.
Prospetto da valle e sezione trasversale in chiave.

B) *I tubi in pressione.*

Il diametro interno dei tubi è di 5 metri, il semitubo superiore ha lo spessore di 40 cm, il semitubo inferiore ha lo spessore variabile da 40 cm, sul diametro orizzontale, a 50 cm nella sezione infima, sicchè risulta un volume di calcestruzzo di 7,25 mc/m (figg. 8, 10 e 12).

Il volume corrispondente della sella di sostegno del tubo è di 2,95 mc/m.

L'armatura trasversale di ferro è costituita da 32 cerchi per m. e più precisamente:

| | Diametro | Lungh. |
|---|---|---|
| 8 cerchi con tondino di mm | 22 e di m | 18,20 |
| 8 » » » » | » 22 » | » 16,10 |
| 8 » » » » | » 20 » | » 16,10 |
| 8 » » » » | » 20 » | » 12,80 |

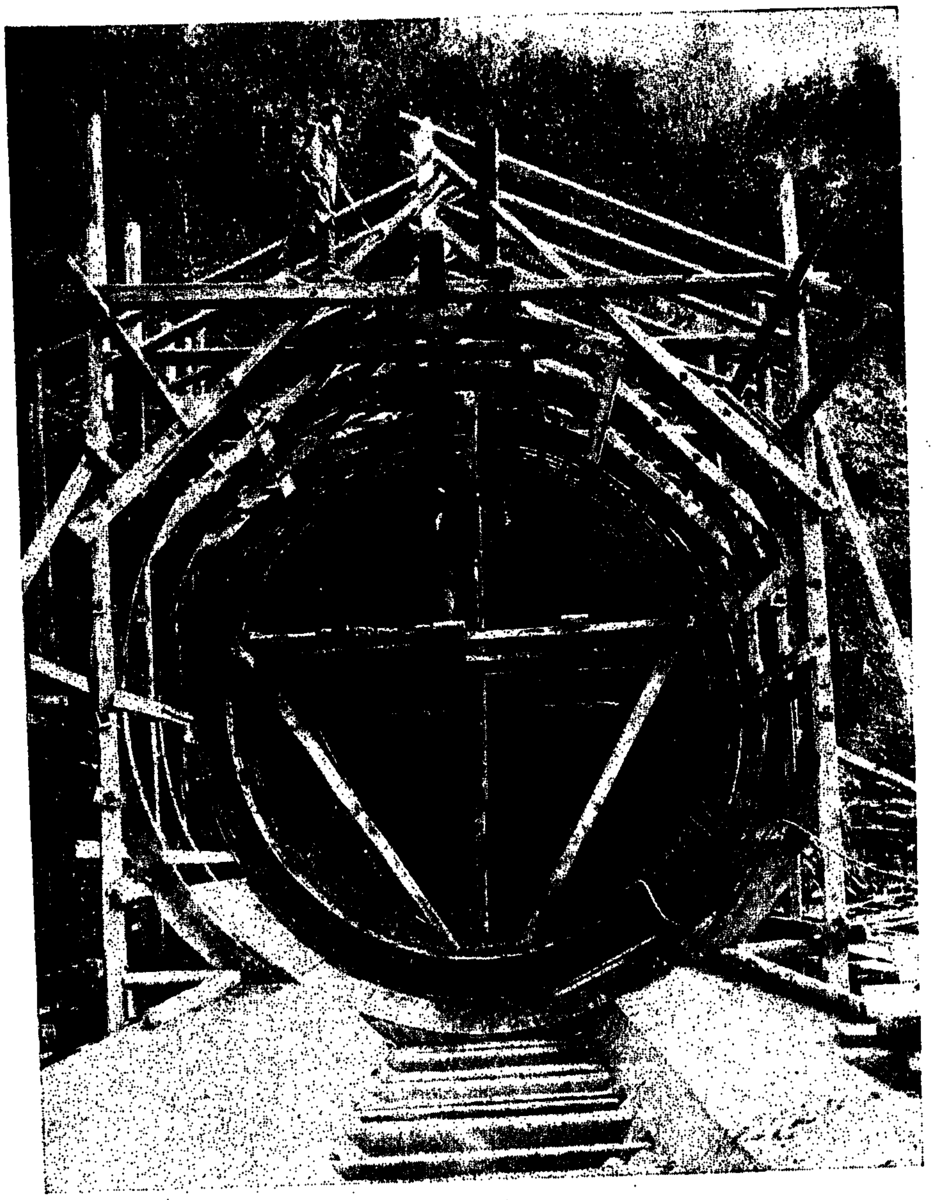


Fig. 10. - Ponte-canale sul Pongaiola. Centine ed armature in opera.

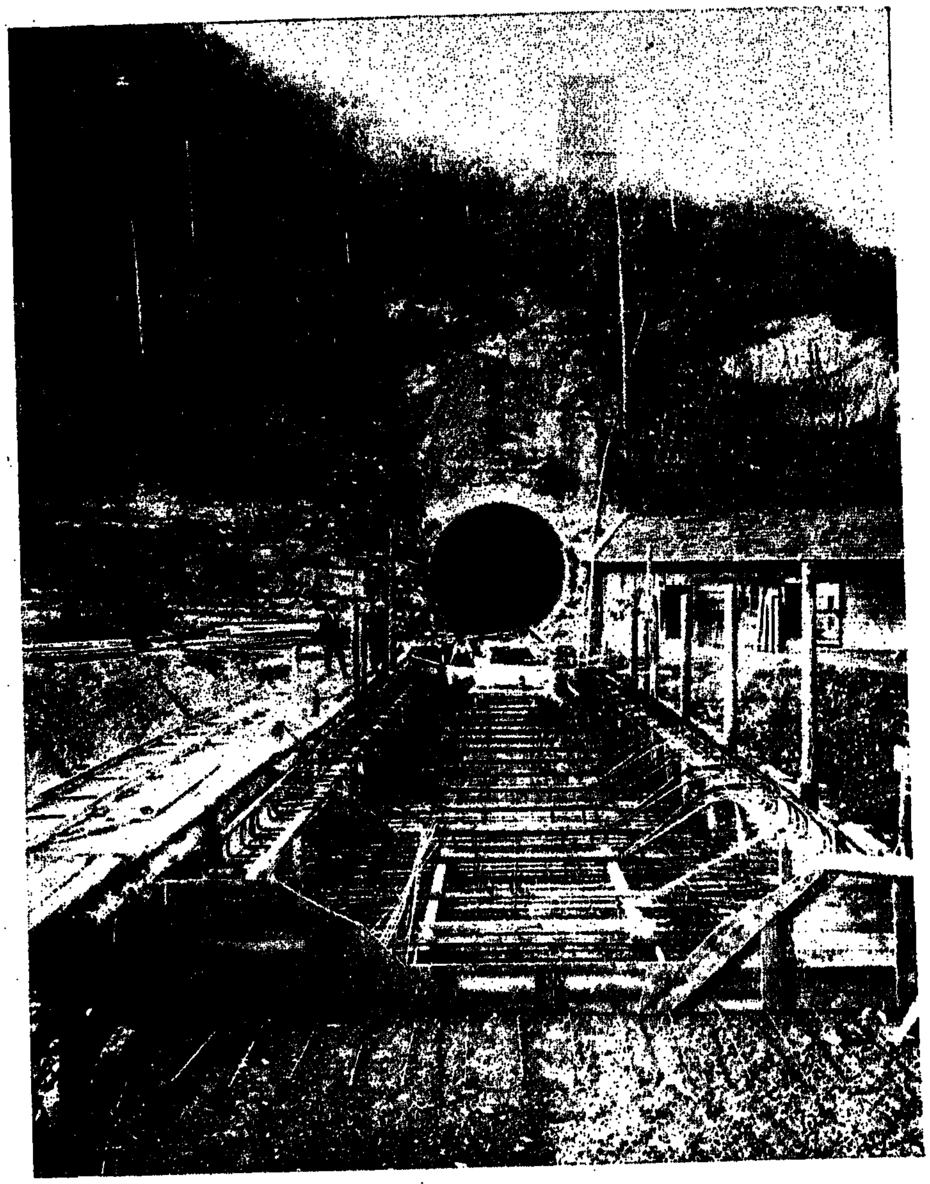


Fig. 11. - Ponte-canale sul Rinassico. Armature di ferro delle selle di sostegno, in opera.

Le staffe di 8 mm hanno una lunghezza totale di m 225, per ml di tubo. I tondini, disposti secondo le generatrici, sono del diametro di 10 mm ed hanno una lunghezza complessiva (per ml) di m 140.

La sella di sostegno è armata con tondini del diametro di mm 22, 18, ed 8.

Si hanno in totale

nel tubo: 1550 kg di ferro per m (cioè 214 kg/mc)
nella sella: 195 » » » » ( » 66 » »)

Riportiamo il riassunto generale dei computi metrici:

*Ponte Canale Pongaiola*: lunghezza totale m 45.

In totale per tutta l'opera:

| | | |
|---|---|---|
| 500 | mc | di scavo |
| 1 200 | » | di calcestruzzo |
| 100 000 | kg | di ferro tondo |
| 1 500 | mq | di intonaco |

*Ponte Canale Rinassico*: lunghezza totale m 48.

In totale per tutta l'opera:

| | | |
|---|---|---|
| 500 | mc | di scavo |
| 1 200 | » | di calcestruzzo |
| 110 000 | kg | di ferro tondo |
| 1 600 | mq | di intonaco |

La muratura, dalle fondazioni fino al piano di posa del tubo, è in calcestruzzo a 250 kg di cemento per mc e a 200 kg per tutto il resto.

Il calcestruzzo dei tubi è stato confezionato con sabbia, ghiaietto e con 400 kg di cemento per metro cubo.

L'intonaco interno è stato lisciato a mano, quello esterno frattazzato.

Il carico idrostatico massimo sul vertice è di 16,50 tonn/mq, cioè corrisponde ad un battente di m 16,5 sulla generatrice superiore.

I tubi sono muniti di 3 giunti di dilatazione, costituiti da un'onda di lamiera di rame fissata a due ferri solidali con le pareti dei due tronchi di tubo.

Per facilitare le dilatazioni trasversali e longitudinali si è interposto uno strato di grafite fra il cuscinetto di appoggio e la superficie esterna del tubo.

Diamo qualche cenno sul procedimento costruttivo.

Le armature di legno erano tenute in sesto da due tiranti diagonali irrigidenti, di filo metallico, posti ogni metro.

Dapprima fu fatta un'armatura esterna, portante le centine esterne, senza fasciame, alle quali veniva fissata l'armatura circolare di ferro.

Introdotto il ferro e legato, si metteva a posto l'armatura interna di legno e relativo fasciame.

Iniziato il getto nella parte bassa si proseguiva ai lati aggiungendo il fasciame.

Il ferro d'armatura è stato centinato fuori d'opera e saldato con apposita saldatrice elettrica.

Le saldature, poste nelle zone compresse, si resero necessarie per evitare le sovrapposizioni, le quali avrebbero disturbata la posa in opera del calcestruzzo.

Le prove di trazione fatte su numerosi campioni di saldature hanno dato ottimi risultati.

Gli scavi di fondazione dei due manufatti furono eseguiti dall'agosto al novembre del 1926: l'arcata del ponte Pongaiola è stata gettata nel novembre 1926, gli archi e le pile del ponte Rinassico furono gettati nell'autunno 1927. Il getto del calcestruzzo, dei timpani, delle selle e dei tubi, fu eseguito, per i

due manufatti, nell'autunno 1928, e proseguito nell'inverno. I passi d'uomo furono costruiti nel febbraio 1929.

Sono stati gettati nell'inverno anche i due tronchi di tubo situati agli imbocchi delle gallerie.

All'uopo si predispose una doppia camicia esterna, in legname, attraverso alla quale passava l'aria calda delle gallerie: in esse veniva confezionato il calcestruzzo scaldando l'acqua.

L'alternarsi del gelo e disgelo durante il giorno, provocò qualche scrostamento, che venne prontamente riparato.

I tubi messi in carico nell'anno 1929, hanno dapprima un po' trasudato e poi sono divenuti perfettamente stagni.

Nessuna fessura è comparsa nè all'interno, nè all'esterno.

Il costo del tubo Rinassico ha toccato le 700.000 lire, quello del Pongaiola le 650 000, comprese le spese generali.

Si noti che il costo totale del tubo in calcestruzzo armato è risultato circa uguale a quello di tutte le altre parti dell'opera (spalle, pile e arcate).

L'armatura di ferro è infatti costituita da 32 tondini di ferro per metro corrente e cioè 16 di ∅ 22 mm e 16 di ∅ 20 mm; è simmetrica, e disposta col suo asse alla distanza $c = 20$ cm dall'asse baricentrico.

*Ipotesi* A) – *Il beton lavora a tensione.*

Il momento d'inerzia della sezione ideale, rispetto all'asse neutro baricentrico, è:

$$J_1 = \frac{1}{12}\, b\, a^3 + 2\, m F_f \left(h - \frac{a}{2}\right)^2 = \frac{1}{12}\, 100 \times \overline{48}^3 +$$

$$+ 2 \times 10 \times 55{,}54\ (44 - 24)^2 = 921\,000 + 444\,400 = 1\,365\,400 \text{ cm}^4.$$

L'area ideale, con $m = 10$, è:

$$F_i = 100 \times 48 + 1111 = 5911 \text{ cm}^2.$$

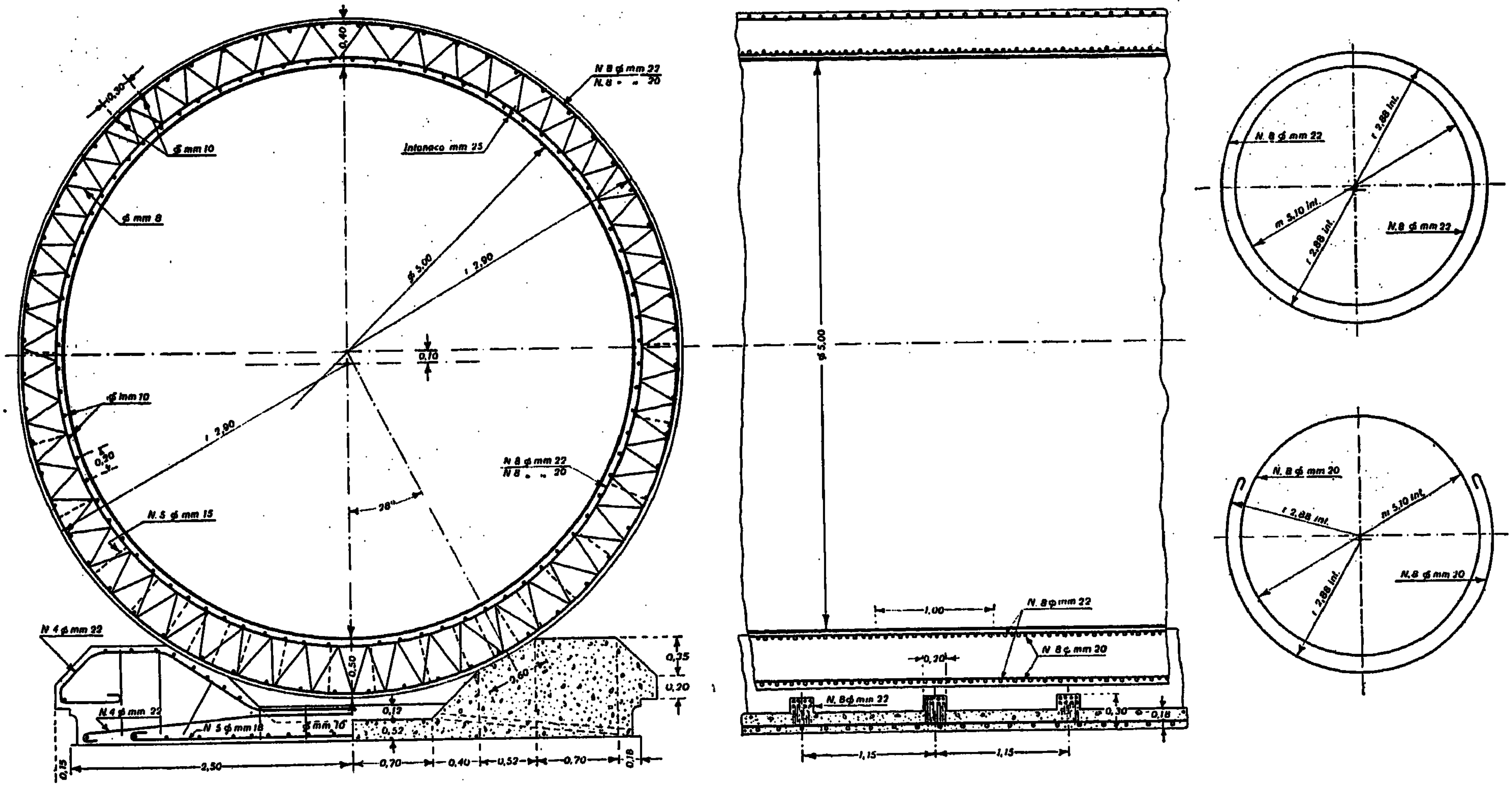


Fig. 12. - Ponti-canali in pressione sui torrenti Pongaiola e Rinassico.
Dettagli delle armature di ferro del tubo e della sella di sostzgno.

C) *Calcoli statici dei tubi.*

Dopo questa sommaria descrizione delle due opere passiamo ora a studiarle dal punto di vista statico col sussidio dei risultati ottenuti nelle note precedenti.

Poichè le condizioni di posa fanno presumere di essere nella situazione statica definita dalla ipotesi I di reazione della sella contro il tubo, distribuita dal valore massimo all'esterno, al valor zero verso l'interno, si hanno già numerosi risultati numerici a disposizione, nei riguardi delle sollecitazioni esterne, le quali divengono massime sull'appoggio in una zona in cui lo spessore utile del tubo, esclusi gli intonaci, è di 48 centimetri.

Incominciamo col rispondere alla domanda seguente:

Quale momento di flessione può sopportare la parete del tubo per metro lineare di lunghezza, con lo spessore di 48 centimetri, e con un battente di m 16,50 sul vertice?

La sezione resistente in calcestruzzo armato è definita dai seguenti elementi:

$$\left\{\begin{array}{ll} a = 48 \text{ cm} & b = 100 \text{ cm} \\ h = 44 \ \text{»} & \\ 2\,F_f = 111{,}08 \text{ cm}^2 & \\ c = 20 & \end{array}\right.$$

Ed il momento resistente:

$$W = \frac{J_1}{24} = 56\,800 \text{ cm}^3.$$

Poichè il carico sul vertice genera una trazione $N = 41\,200$ kg per metro corrente, si ha una tensione unitaria normale, uniformemente distribuita nel calcestruzzo:

$$\sigma = \frac{N}{F_i} = \frac{41\,200}{5911} = 6{,}96 \text{ kg/cmq.}$$

Il rapporto d'armatura della sezione è in questo caso:

$$\mu = \frac{F_f}{F_c} = \frac{111{,}08}{4689} = 0{,}0237.$$

Come si è già detto, il calcestruzzo è confezionato con la massima accuratezza e con 400 kg di cemento per metro cubo.

Per quanto si è visto al Cap. I, § IV (esperienze del Greco) si può quindi assumere come allungamento di rottura del béton il valore:

$$\varepsilon = 0{,}00025$$

a cui corrisponde un carico di lavoro del ferro di 500 kg/cmq e, supponendo $m = 10$, assumere un carico di rottura « convenzionale » nel calcestruzzo di 50 kg/cmq.

Volendo assegnare all'opera un coefficiente di sicurezza contro le fessurazioni intorno a 2, non si dovrà superare la tensione totale di 25 kg/cmq e quindi l'aliquota, dovuta al momento di flessione, non dovrà superare i 25 — 7 = 18 kg/cmq.

Il momento di flessione massimo ammissibile si otterrà dunque dalla seguente relazione:

$$M = \sigma W = -18 \times 56\,800 \text{ kg} \times \text{cm} = -1\,025\,000 \text{ kg} \times \text{cm} = = -10{,}25 \text{ t} \times \text{m}$$

Lo studio fatto nell'esempio di calcolo della nota III, relativo ad un tubo indefinito a spessore costante di 40 centimetri, in condizioni di posa molto simili a quelle del tubo ora in esame, indicava come momento massimo sull'appoggio, dovuto al peso proprio, alla pressione idrostatica variabile ed alla reazione radiale ripartita dell'appoggio, un valore intorno a $M = 6$ t×m.

Orbene, nel caso attuale, il maggior spessore del tubo nella zona inferiore, l'attrito sulla sella, la non linearità della reazione lungo le generatrici, le variazioni di temperatura, il ritiro del béton inducono un aumento di sollecitazione non trascurabile come si è visto nei vari capitoli di questo studio.

Osserviamo però che, per arrivare ad $M = 10{,}25$, resta un margine di 4,25 tonn × m, cioè del 70 %.

Se il momento è già $M = 10{,}25$ prima di arrivare alla rottura del calcestruzzo resta ancora un margine di:

25 kg/cmq teorici, cioè un momento.

$$M = -25 \times 56\,800 = -1\,420\,000 \text{ kg} \times \text{cm} = -14{,}20 \text{ t} \times \text{m}.$$

Infatti, la sollecitazione di rottura del béton sarebbe

$$N = +41\,200 \text{ kg},$$

$$M = -43 \times 56\,800 = -2\,450\,000 \text{ kg} \times \text{cm}.$$

*Ipotesi* B) – *Il béton non lavora a tensione.*

Vediamo ora quali sollecitazioni nascono nel ferro teso e nel calcestruzzo compresso, nell'ipotesi che il béton non resista a tensione, s'intende nella sola sezione più cimentata e quindi nell'ipotesi che le deformazioni totali della struttura restino pressochè invariate in modo che si possa ritenere ancora valido, per la sollecitazione massima, il valore:

$$\begin{cases} N = +41{,}20 \text{ t} \\ M = -10{,}25 \text{ t} \times \text{m}, \end{cases}$$
$$e = 0{,}25 \text{ m (eccentricità)}.$$

La posizione dell'asse neutro, per la tensione eccentrica, è data dalla nota equazione (Santarella, pag. 271):

$$x^3 - x^2\, 3\left(\frac{a}{2} + e\right) - x\,\frac{12\, m\, e}{b}\, F_f + \frac{6\, m}{b}\, F_f\,(a\, e - 2\, c^2) = 0$$

Sostituendo, si arriva alla seguente equazione:

$$x^3 - 147\, x^2 - 1666\, x + 13\,420 = 0$$

dalla quale si ottiene la distanza $x$ = cm 5,5 dell'asse neutro dal lembo compresso.

La compressione massima nel calcestruzzo vale:

$$\sigma_c = \frac{N}{m\, F_f\left(\frac{a}{x} - 2\right) - \frac{bx}{2}} = \frac{41\,200}{3740 - 275} = 11{,}86 \text{ kg/cmq}.$$

La tensione unitaria nel ferro vale:

$$\sigma_f = \frac{m\, \sigma_c}{x}\left(c + \frac{a}{2} - x\right) = 21{,}60 \times 38{,}50 = 830 \text{ kg/cmq}.$$

La compressione unitaria nel ferro vale:

$$\sigma'_f = \frac{m\, \sigma_c}{x}\left(c - \frac{a}{2} + x\right) = 21{,}60 \times 1{,}50 = -32{,}40 \text{ kg/cmq}.$$

Poichè tutte le altre sezioni diametrali sono meno sollecitate, si conclude che il tubo è in ottime condizioni di stabilità nei riguardi dello sfasciamento ed in buone condizioni nei riguardi della tenuta.

Ciò è stato confermato dall'esperienza dell'ultimo triennio, durante il quale il tubo si è comportato bene, cioè senza presentare alcuna crinatura interna.

Calcoliamo ora la resistenza del tubo alla flessione longitudinale.

Riduciamo l'area di ferro in area di calcestruzzo e calcoliamo il momento d'inerzia della sezione retta a corona circolare, rispetto all'asse baricentrico orizzontale, nell'ipotesi che lo spessore sia costante ed uguale al medio.

È noto che si ha per la sezione omogenea:

$$J = 0{,}049 \quad (D^4 - d^4)$$

I ferri sono così disposti:

per la circonferenza interna (ogni 20 cm) un tondino del diametro di 10 mm,

per la circonferenza esterna (ogni 30 cm) un tondino del diametro di 10 mm.

L'area totale di ferro esterno è di 47 cmq ed equivale a 470 cmq di calcestruzzo.

L'area totale di ferro interno è di 70,5 cmq ed equivale a 705 cmq di calcestruzzo.

L'area rimanente di calcestruzzo è di 72 500 — 117 = = 72 383 cm².

In totale si può ritenere che l'area ideale di calcestruzzo sia 73 600 cmq, distribuita intorno ad una circonferenza di raggio

$r_1 = 2{,}70$ con lo spessore $e_i = \dfrac{73\,600}{1695} = 43{,}5$ cm.

Si ha allora:

$$\frac{D}{2} = \text{m } 2{,}9175$$

$$\frac{d}{2} = \text{» } 2{,}4825$$

$$z = \text{» } 2{,}9175$$

Il momento d'inerzia della sezione ideale risulta quindi:

$J = 26{,}80$ m⁴ ed il momento resistente $W = \dfrac{J}{z} = 9{,}18$ m³.

Se il momento flettente longitudinale fosse per ipotesi di 100 t × m, le tensioni e le compressioni massime nel calcestruzzo sarebbero poco superiori ad 1 kg/cmq.

Se il tubo fosse — per ipotesi — appoggiato agli estremi, con una campata di 30 metri, il momento flettente massimo sarebbe

$M = \dfrac{37{,}777 \times 30^2}{8} = 4250$ t × m e le tensioni interne longitudinali massime nel calcestruzzo sarebbero $\sigma = \pm \dfrac{4250}{9{,}18} = \pm$

$$= \pm\, 463 \text{ t/mq} = \pm\, 46{,}3 \text{ kg/cmq}.$$

La reazione radiale della sella contro il tubo arriverebbe in questo caso al valore massimo di $30 \times \dfrac{18{,}90}{0{,}838} = 675$ t

nella sezione estrema di appoggio ed il tubo avrebbe bisogno di robusti anelli di cerchiatura.

La tensione tangenziale massima, nella sezione retta sarebbe:

$$\tau = \frac{T}{\pi e r_1} = \frac{567}{\pi \times 0{,}435 \times 2{,}70} = 153{,}50 \text{ t/mq} =$$
$$= 15{,}35 \text{ kg/cm.}^2$$

## § VI – Tubi con appoggio discontinuo (pile).

Passiamo a studiare il caso del tubo autoportante, cioè del tubo appoggiato su selle isolate.

Poichè le forze agenti nelle zone di appoggio sono, in questo caso, molto aumentate rispetto al caso precedente, si comprende che è opportuno prevedere robuste nervature ad anello, a contatto con le selle di sostegno, al fine di impedire lo sfiancamento del tubo.

Al contrario, nella zona centrale delle campate, poichè alle forze distribuite direttamente applicate su un generico anello, peso proprio e pressione idrostatica, si oppongono soltanto reazioni tangenziali pure distribuite sulle due corone circolari delimitanti l'anello, le sollecitazioni trasversali, tendenti ad ovalizzare il tubo, possono essere di importanza minore.

Assumono invece importanza le sollecitazioni longitudinali a flessione e più ancora al taglio, alle quali occorre far fronte con armature di ferro e con adeguati spessori.

In quale misura si debbano apportare queste modificazioni rispetto al caso di tubo con appoggio continuo, non è possibile stabilirlo teoricamente in modo rigoroso.

E neanche mi consta che sia stata istituita una teoria approssimata, quindi i progettisti hanno seguito finora criteri intuitivi.

Non mi sembra pertanto inutile richiamare l'attenzione degli ingegneri sull'argomento.

Distinguiamo anzitutto l'effetto del battente sul vertice (di alcuni diametri) da quello dovuto alle altre forze applicate.

Al battente sul vertice corrisponde un massimo rigonfiamento della parete cilindrica, in mezzo alla campata, il quale va via via diminuendo verso gli anelli di cerchiatura.

Le diverse fibre longitudinali si comportano quindi, a questo riguardo, come tante travi inflesse solidali tra loro, con carico massimo sull'anello, decrescente verso la mezzaria delle campate, ed appoggiate sugli anelli di cerchiatura, i quali vengono pertanto a sopportare una pressione radiale, diretta verso l'esterno, maggiore di quella idrostatica direttamente applicata.

Siccome tutto è simmetrico rispetto all'asse, non esistono per effetto del solo battente momenti flettenti nell'anello, ma soltanto tensioni normali alle sezioni diametrali e tensioni tangenziali agenti sulle due basi dell'anello e dirette radialmente.

Per effetto delle altre forze direttamente applicate all'anello di cerchiatura (reazioni della sella, sforzi di taglio verticali sulle basi, peso proprio, pressione idrostatica), costituenti un sistema equilibrato, esso assume un particolare stato di deformazione, che dipende in parte dalla sua elasticità ed in parte dalla elasticità delle zone contigue.

Più precisamente, le sollecitazioni esterne vengono assorbite dall'anello in misura tanto maggiore quanto più grande è la sua resistenza nei confronti della parete del tubo.

L'ipotesi più semplice che possa farsi, è quella di supporre che gli anelli di parete, contigui alla cerchiatura, non intervengano in suo aiuto nei riguardi della ovalizzazione.

Allora, per essi anelli contigui e per tutti gli anelli della campata, vi sarebbero da mettere in conto, nei riguardi della ovalizzazione, soltanto le forze direttamente applicate (peso, acqua, e reazioni tangenziali al peso del tubo e dell'acqua) le quali, secondo quanto si è visto all'esempio precedente, non generano sollecitazioni a flessione di notevole importanza, anzi secondo la teoria approssimata qui elaborata dette sollecitazioni sarebbero addirittura nulle.

Questo modo di vedere conduce evidentemente ad un eccesso di resistenza e di rigidità negli anelli di cerchiatura, certamente benefico anche per gli anelli contigui di parete, poichè in tal modo vengono portati ad ovalizzazione minore.

In particolare se l'anello di cerchiatura, forma corpo unico con una parete di testata, esso risulta così rigido da non indurre sollecitazioni trasversali apprezzabili negli anelli contigui ed in nessuna zona della campata.

Questa è la situazione migliore per la parete del tubo: infatti essa, in senso trasversale, risulta sollecitata quasi esclusivamente a sforzo normale, poichè, come si è già detto, le forze direttamente applicate su ogni anello, danno sollecitazioni a flessione molto piccole, in virtù della loro distribuzione su tutto il contorno.

Essa si realizza alle estremità del manufatto, agli attacchi con le testate delle gallerie in pressione.

In corrispondenza delle pile si ha invece, in generale, un anello di cerchiatura che fa corpo unico con la sella di sostegno, il quale non si presta facilmente a calcoli analitici mentre costituisce una zona di grande interesse statico.

In tal caso converrà, prima di istituire un laborioso calcolo grafico basato sulla teoria dell'ellisse di elasticità, supporre, in prima approssimazione, che l'anello sia circolare ed appoggiato su una sella continua trasversalmente.

Fatto questo calcolo per la stabilità dell'anello di cerchiatura si deve poi passare a studiare gli anelli contigui della parete e gli altri anelli della campata.

È vero che non si conosce la zona contigua di parete che viene influenzata dalla cerchiatura, nè la legge secondo la quale questa influenza va smorzandosi mano a mano che ci si allontana dall'anello.

Per mettersi in condizioni medie si può supporre che essa zona sia estesa a mezza campata e che la legge di smorzamento sia di secondo grado.

Osservando infine che l'anello principale ed un anello contiguo ad esso, di uguale altezza, nel senso delle generatrici, hanno pressochè la medesima deformata, e quindi il medesimo diagramma delle curvature, si deduce, se gli spessori si mantengono costanti con $\psi$, che i momenti flettenti da essi assorbiti stanno tra loro come i rispettivi momenti d'inerzia delle sezioni diametrali.

Un esempio grandioso di tubo in pressione appoggiato su pilastri è offerto dal sifone in calcestruzzo armato sul torrente Friga, avente lo scopo di mantenere la continuità della galleria del 3° salto degli impianti Piave - S. Croce della Società Idroelettrica Veneta (Gruppo Società Adriatica di Elettricità). Esso è stato illustrato dall'Ing. Carlo Semenza nel numero di agosto 1931, di questa Rivista.

## § VII – Il sifone dell'impianto idroelettrico di Santa Croce (3° salto) sul torrente Friga (Piave).

### A) *Caratteristiche costruttive.*

Il diametro interno del tubo è di 4 metri.

La tratta superata col tubo in pressione è di 370 metri in linea d'aria. Il manufatto (figg. 13, 14) è costituito da due tratti inclinati in destra e sinistra, su selle d'appoggio, e da un tratto intermedio quasi orizzontale, lungo circa 260 metri, appoggiato su pilastri con interasse di 7 metri, e con l'asse situato a circa 10 metri dal suolo.

È stata adottata una struttura che consenta il massimo alleggerimento del tubo ed una sufficiente resistenza trasversale ai momenti flettenti; cioè il tipo a nervature anulari esterne disposte eccentricamente per avere un maggior momento d'inerzia nella sezione inferiore..

Le dimensioni e le caratteristiche principali sono le seguenti:

diametro interno del getto di calcestruzzo senza intonaco: m 4,04;

diametro esterno degli anelli m 5;

distanza fra il centro dell'intradosso e quello dell'estradosso degli anelli m 0,08;

spessore della parte sottile fra anello ed anello m 0,18) di cui 0,02 di intonaco);

sporgenza degli anelli, nella sezione superiore m 0,24, in quella inferiore m 0,40;

interasse fra anello ed anello m 0,75; larghezza degli anelli all'estradosso m 0,26;

gli anelli situati sugli appoggi hanno la larghezza di m 0,51 (cioè uguale allo spessore del pilastro) e quindi l'interasse fra gli anelli maestri, o d'appoggio, e quelli vicini risulta di m 0,875;

interasse fra i pilastri di appoggio, m 7; per le campate dei giunti di dilatazione m 3,25.

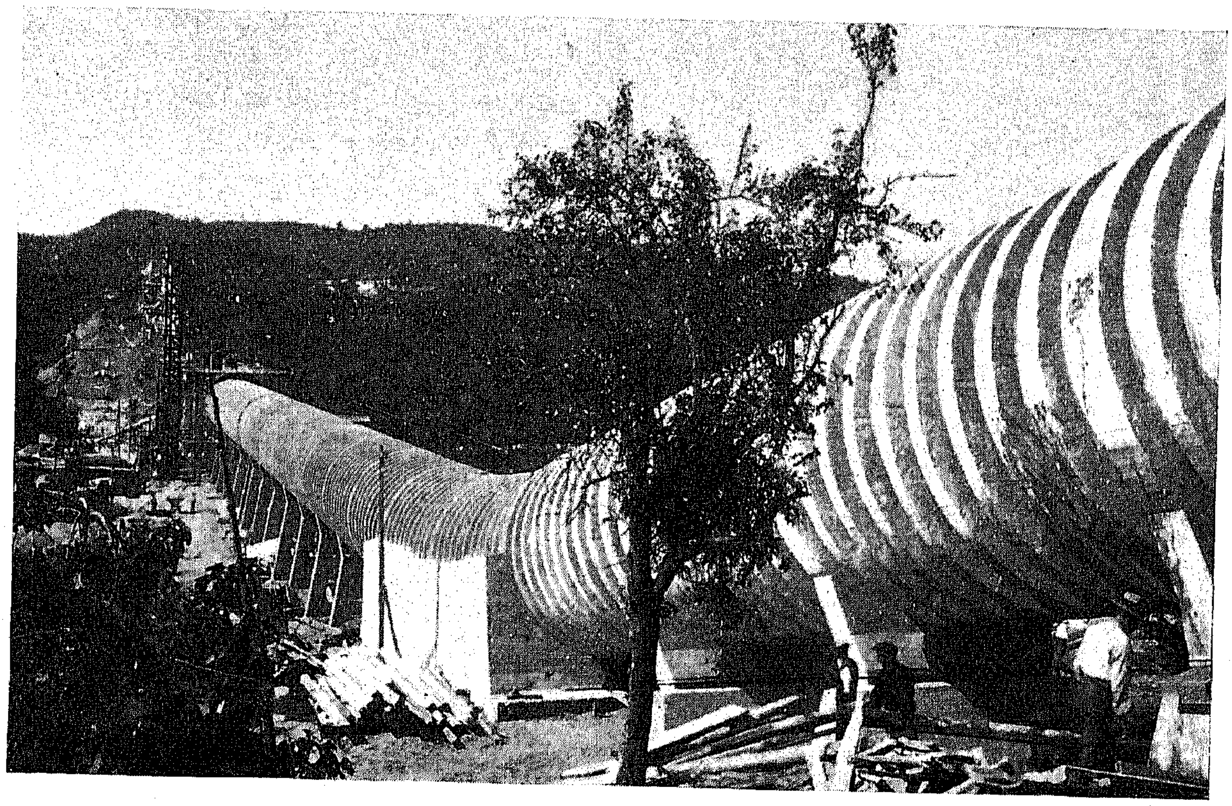


Fig. 13. - Ponte-canale in pressione sul torrente Friga (Piave).
Veduta prospettica.

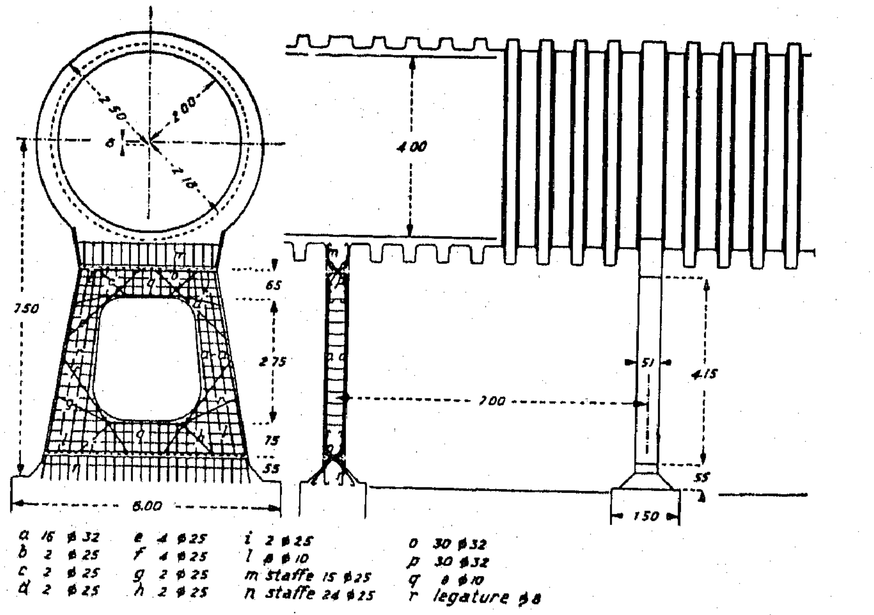


Fig. 14. - Ponte-canale in pressione sul torrente Friga (Piave).
Vista di una campata e sezioni trasversale e longitudinale.

Per ogni metro lineare il volume di calcestruzzo, intonaco compreso, risulta di mc 4,10, ed il peso proprio di circa kg 10 500 Aggiungendo il peso dell'acqua, si hanno, in cifra tonda, 23 000 kg/ml, quindi, per ogni campata, oltre kg 160 000.

Gli anelli sono armati con 9 cerchi dei quali 3 presso il lembo interno, 3 presso l'esterno ed altri 3 ellittici, passanti all'intradosso al vertice, ed all'estradosso sul diametro orizzontale. Nella parete sottile posta fra anello ed anello, vi sono altri quattro cerchi, verso il lembo interno. In totale quindi 13 cerchi ogni m 0,75 di tubazione.

Negli anelli maestri sopra i pilastri, in luogo dei 9 cerchi, vi sono 12 cerchi, divisi analogamente in 4 gruppi di 3, più un cerchio nel mezzo, verso il lembo interno.

Il diametro del tondino di questi cerchi è di 20 mm nel tratto orizzontale della parte più bassa di quelli inclinati; di 18 mm nella parte mediana dei tratti inclinati e di 16 mm nella superiore.

Nella sezione inferiore però, in questi ultimi tratti, sono stati aggiunti all'armatura normale, degli spezzoni di tondino di ferro su un'ampiezza angolare di circa 130°.

L'armatura longitudinale, disposta secondo le generatrici del cilindro, è costituita da tondini, con intervallo di m 0,30 del diametro di 10 mm ad eccezione dei 6 superiori e dei 6 inferiori che sono del diametro di 22 mm.

La tubazione è avvolta tutta con due fasce elicoidali, ciascuna composta di tre ferri del diametro di 25 mm, passanti in alto sotto agli appoggi, in basso nella mezzeria della campata. Il peso del ferro, per metro lineare, nel tratto orizzontale, è di circa 750 kg, dei quali 650 dovuti ai soli cerchi.

Aggiungendo il ferro dei pilastri, riferito al metro lineare, si oltrepassano i 1000 kg.

Gli inconvenienti riscontrati sono stati di lieve importanza e senza conseguenze.

Il principale è stato un eccesso di rigidità delle cerniere ad incrocio di ferri, in alcuni pilastri in sponda sinistra, presso il manufatto centrale.

Si sono così verificate alcune crinature di contrazione nella tubazione e leggero stillicidio d'acqua. Per rimediare sono stati praticati dei tagli orizzontali laterali, nei pilastri, là dove erano inclusi gli strati di bitume, fino ad incontrare i ferri incrociati, in modo da togliere ogni impedimento al funzionamento delle cerniere.

I giunti di dilatazione era stati in origine costruiti con lastra di piombo da 10 mm, la quale si è dimostrata inadatta, stirandosi dopo pochi mesi in parecchi punti: fu perciò sostituita con lamina di rame di tre millimetri, mantenendo nell'attacco la guarnizione di piombo.

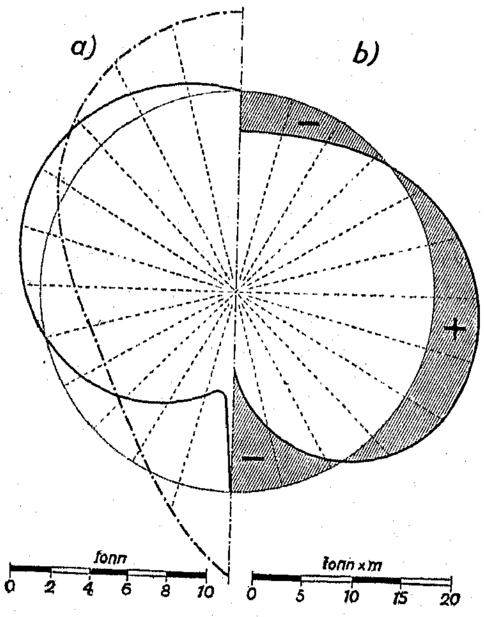



Fig. 15. - Ponte-canale sul Friga. Ipotesi di tubo indefinito.

Diagrammi radiali dei momenti flettenti $M$, delle componenti normali $N$, e degli sforzi taglianti $T$ nell'ipotesi di appoggio sulla generatrice infima (reazione concentrata trasversalmente).

(Questi valori sono gli stessi che si otterrebbero sommando soltanto le due sollecitazioni che nascono nel semianello (ideale) per effetto del peso proprio e della pressione idrostatica variabile: essendo infatti il semi anello, per ipotesi, incastrato nella sezione infima, la reazione verticale concentrata nella sezione infima genera sollecitazioni nulle, in virtù della particolare scelta del vincolo ideale di incastro).

Riassumiamo qui sotto le caratteristiche del tubo e dell'anello portante, situato in corrispondenza delle pile.

a) *Caratteristiche del tubo :*

$r =$ m 2 $e =$ m 0,305 $r_1 = 2{,}152$ $r_2 = 2{,}305$

Volume per metro lineare:
di calcestruzzo: 4,10 mc
d'acqua: 12,57 »
Peso specifico del calcestruzzo armato $w_c = 2{,}55$ t.
Peso per metro lineare:
di calcestruzzo: 10,43 t.
di acqua: 12,57 »
Peso totale per m t 23

b) *Caratteristiche dell'anello (maestro) portante :*

$r = 2{,}00$ $e = 0{,}60$ $r_1 = 2{,}30$ $r_2 = 2{,}60$

Larghezza dell'anello portante m 0,51.
Interasse fra le pile intermedie m 7.
Parte a sbalzo: 1,57 — 0,25 = m 1,32.

### § VIII - Il tubo-ponte dell'impianto idroelettrico del Wäggital (2° salto) sul torrente Trebsen (Svizzera).

Altro esempio interessante di tubo autoportante (figg. 16, 17) è offerto dal manufatto costruito in corrispondenza della galleria forzata del secondo salto degli impianti del Wäggital, laddove essa attraversa il torrente Trebsen, cioè circa m 135 a valle della diga di Rempen, la cui ritenuta è di 20 metri.

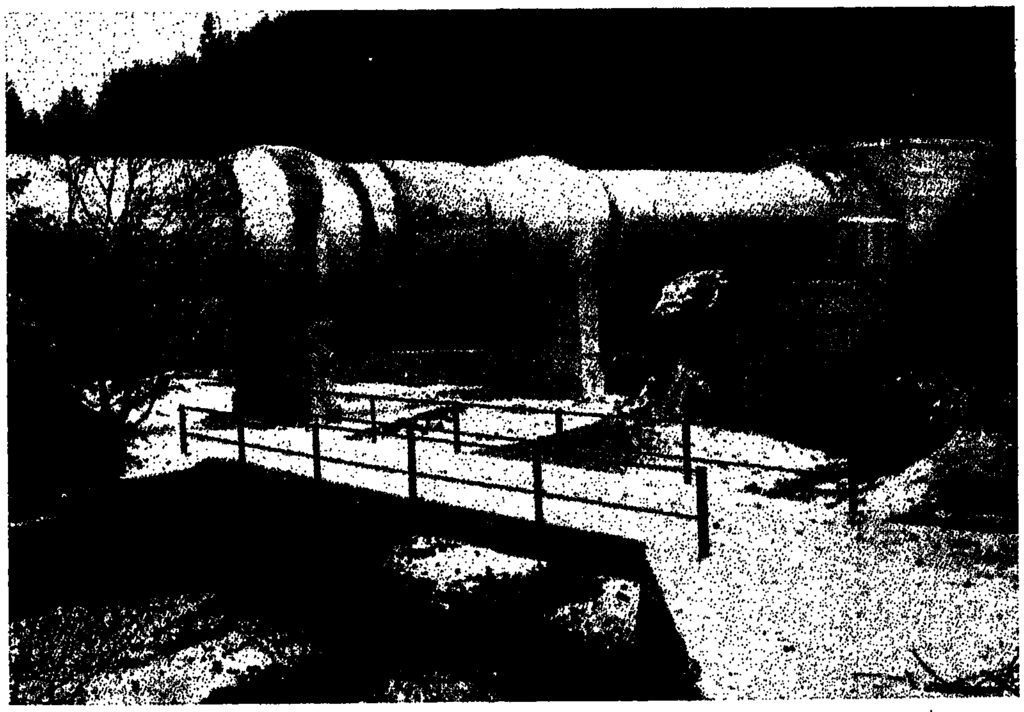


Fig. 16. - Ponte-canale in pressione sul torrente Trebsen (Svizzera).
Prospetto da valle.

La lunghezza del manufatto, fra le testate della galleria è di 13+10+13+ = m 36.

L'altezza massima sul greto è di 7 metri.

La galleria ha una pendenza del 5,8 °/oo, una lunghezza di m 2400 ed in corrispondenza dell'attraversamento, un livello di fondo a quota (622).

La quota di massimo invaso, nel lago di Rempen, è la (640).

Il manufatto è a tre luci, due laterali di m 13 ed una centrale di m 10.

Il tubo è costituito di due tronchi di m 18 di lunghezza appoggiati sulla spalla e sulla pila, con un tratto a sbalzo di m 5.

Fra le due parti a sbalzo è collocato il giunto di dilatazione ad onda di rame, fasciato da un manicotto di calcestruzzo dello spessore di cm 10 e della lunghezza di cm 300.

Gli anelli di testata del tubo fanno corpo con le selle la cui apertura è di 180°; esse sono solidali con la spalla.

Le pile intermedie hanno uno spessore di cm 80 e sono semplicemente appoggiate in modo da consentire i movimenti di dilatazione del tubo in senso longitudinale.

Il diametro interno del tubo è di m 3,50. Lo spessore della parete, nelle campate, è di cm 20 escluso l'intonaco di 7 cm.

Sulle pile il tubo è rinforzato al fine di impedire una eccessiva ovalizzazione della parete. Lo spessore degli anelli portanti è di m 0,70. Essi sono raccordati mediante due tronchi di cono con pendenza 1 su 3 al resto del tubo.

Il carico idrostatico sul vertice corrisponde al battente di m (642 — 627) = m 15.

Riassumiamo le caratteristiche del tubo in esame:

$r = 1{,}80$ $e = 0{,}20$ $r_1 = 1{,}90$ $r_2 = 2{,}00$

Volume per m
del calcestruzzo: 2,387 mc
dell'intonaco: 0,777 »
dell'acqua: 9,402 »

Peso per m
del calcestruzzo t 6,00
dell'intonaco » 1,80
dell'acqua » 9,60
Peso totale per m, t 17,20.

Le caratteristiche dell'anello portante possono ritenersi:

$r = 1{,}80$ $e = 0{,}70$ $r_1 = 2{,}15$ $r_2 = 2{,}50$ m.

Larghezza media dell'anello m 2.
Peso medio 23,50 tonn/m (senza intonaco).

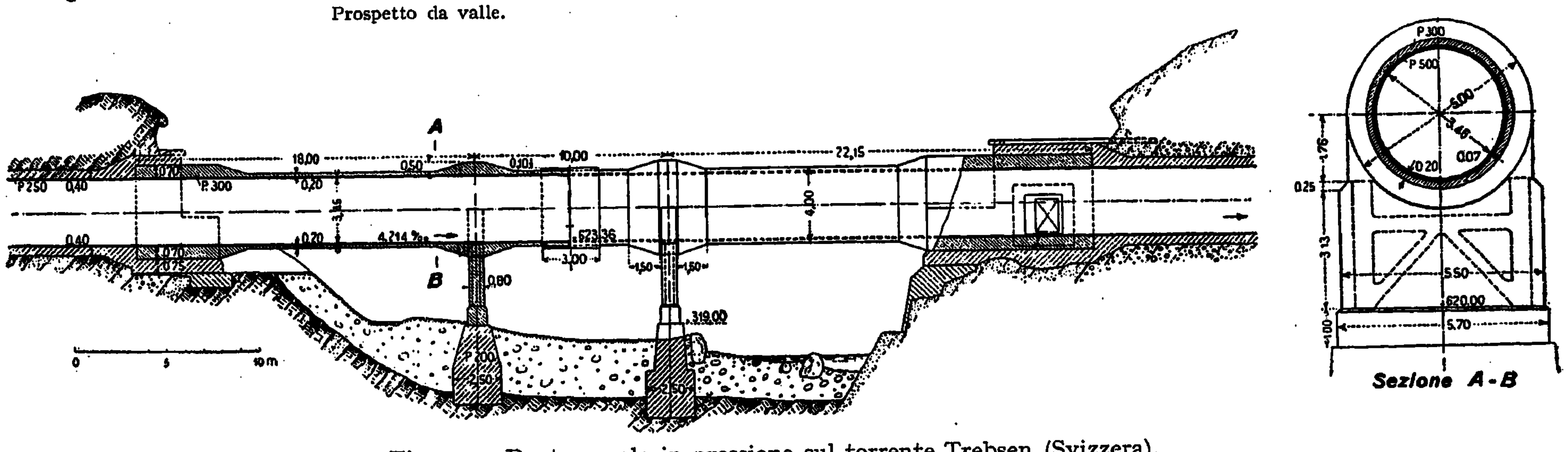



Fig. 17. - Ponte-canale in pressione sul torrente Trebsen (Svizzera).
Sezioni longitudinale e trasversale.

### § IX – Il tubo-ponte dell'impianto idroelettrico di Pontecosi sul torrente Cavatina (Serchio).

Un esempio di tubo autoportante, senza pile intermedie (figg. 18, 19) è offerto dal manufatto costruito dall'Impresa Damioli per conto della Società Ligure Toscana di Elettricità

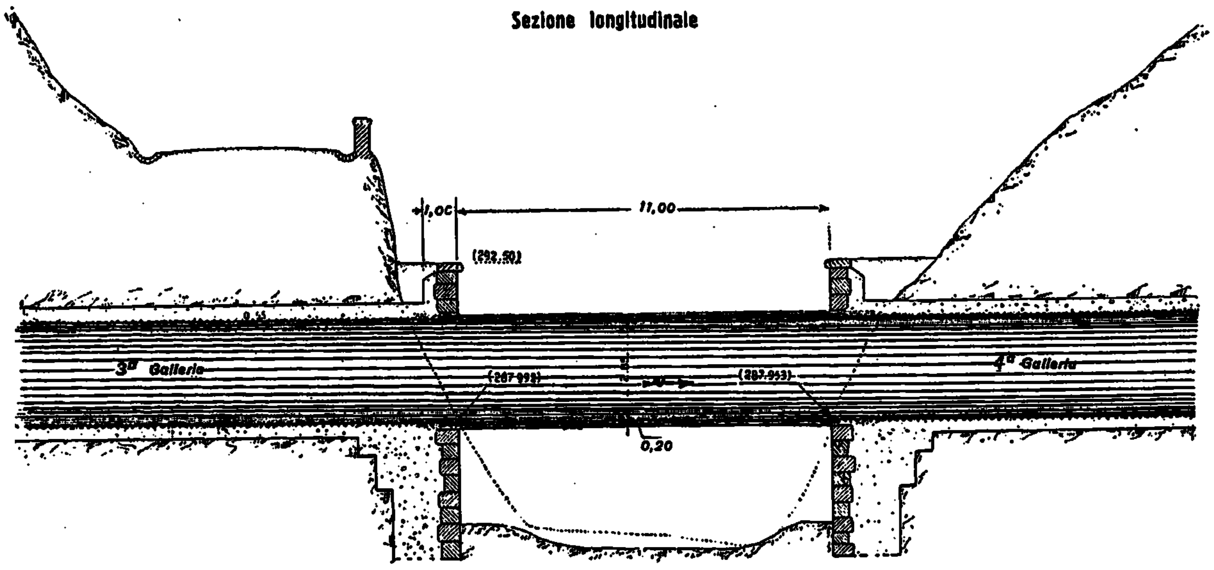



Fig. 18. - Ponte-canale in pressione sul torrente Cavatina (Serchio).
Sezione longitudinale.

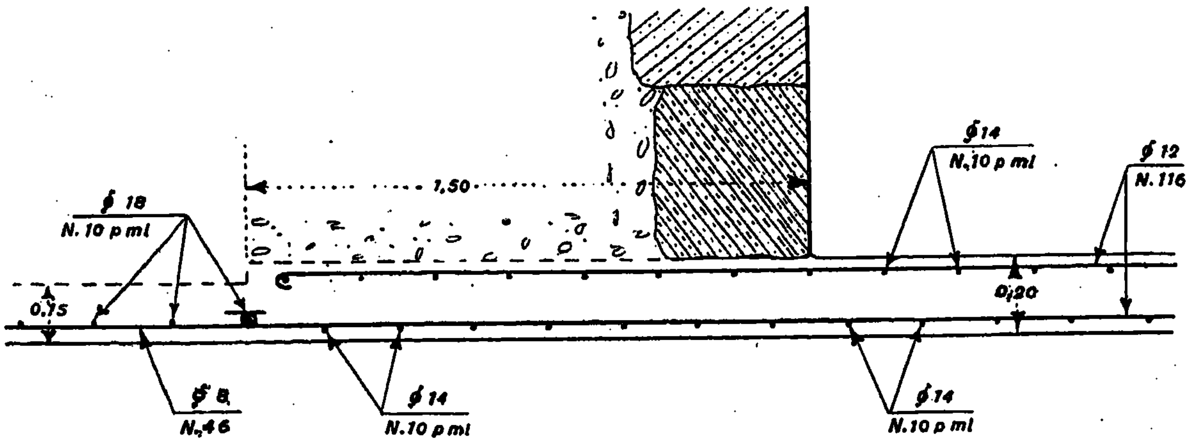



Fig. 19. - Ponte-canale in pressione sul torrente Cavatina.
Particolare dell'attacco con la galleria. Armature di ferro.

sul torrente Cavatina, in corrispondenza della galleria forzata dell'impianto idroelettrico Pontecosi-Castelnuovo.

La lunghezza del manufatto fra le testate della galleria, cioè la lunghezza della campata, è di m 11. L'altezza massima sul greto è di m 3.

La galleria ha una pendenza del 3,5 % una lunghezza di di m 2548, ed in corrispondenza dell'attraversamento un livello di fondo a quota (288).

La quota di massimo invaso nel lago di Pontecosi è la (311).

Alle testate il tubo faceva corpo con il rivestimento della galleria, cosicchè poteva considerarsi incastrato agli estremi.

Durante l'esercizio però una fessurazione dovuta al ritiro del calcestruzzo, ha originato un giunto naturale di contrazione.

Il carico massimo sul vertice, tenuto conto del colpo d'ariete in galleria, può ritenersi di 23 metri. Il diametro interno del tubo è di m 2,85, lo spessore della parete di 20 cm, le spalle sono in calcestruzzo rivestite in pietrame, il tubo è intonacato, l'armatura di ferro è costituita da tondini di Ø 10 mm disposti secondo le direttrici e da barre rettilinee di Ø 12 mm disposte secondo le generatrici del tubo.

I cerchi sono 10 per metro lineare, 5 interni e 5 esterni; le barre sono 116 su tutta la circonferenza, 58 interne e 58 esterne.

Le caratteristiche del tubo in esame sono:

$r = \text{m } 1{,}42 \qquad r_1 = \text{m } 1{,}52 \qquad r_2 = \text{m } 1{,}62$

Volume per m

del calcestruzzo: mc 1,92
dell'acqua: » 6,38

Peso per m:

del calcestruzzo: t 4,82
dell'acqua: » 6,38

Peso totale per m t 11,20.
Peso totale della campata: 123 t.

### § X – Conclusioni.

I tubi di diametro grande in confronto al battente, appoggiati su ponti o su strutture elastiche continue, nel senso dell'asse del tubo, con l'interposizione di selle, hanno un comportamento statico che deve essere esaminato sia dal punto di vista longitudinale che trasversale.

Essi possono essere paragonati a travi inflesse e quindi calcolati con le usuali formule della scienza delle costruzioni nei riguardi della resistenza longitudinale.

Lo studio statico trasversale è altrettanto importante e può essere condotto, scomponendo la parete in vari anelli trasversali e travi longitudinali, in modo analogo a quanto si fa per le dighe a volta.

L'ipotesi di anelli indipendenti, nei riguardi delle deformazioni, porta a spessori esuberanti sull'appoggio, deficienti nelle campate.

#### A) *Anelli di campata.*

Su un generico anello di campata agiscono i seguenti sistemi di forze, equilibrati:

1) forze direttamente applicate (peso+acqua) e reazioni tangenziali a dette forze agenti sulle basi a corona circolare delimitanti l'anello;

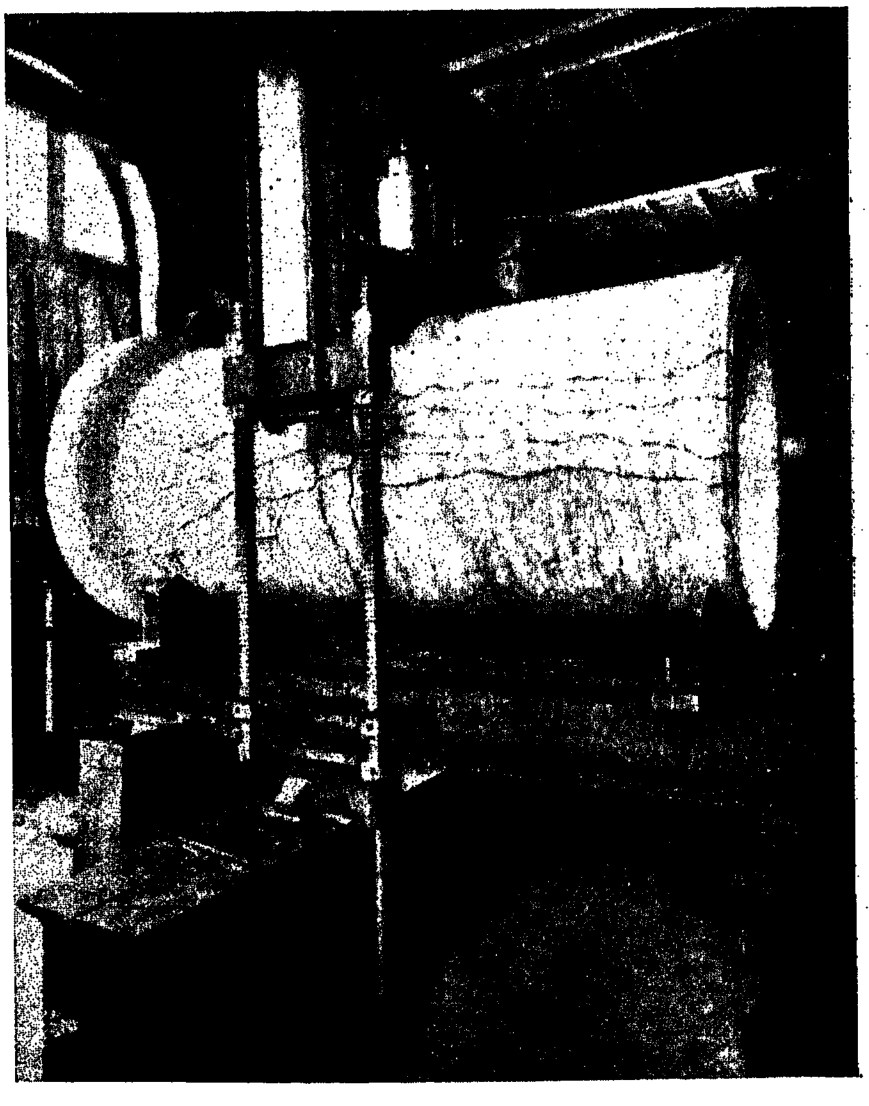


Fig. 20. - Tubo Vianini in calcestruzzo armato.
Esperienza di rottura a flessione e taglio con carico concentrato in mezzeria.

2) forze costituenti i due sforzi di taglio $T_1$ e — $T_2$ distribuiti sulle due basi e dovute ai carichi agenti fuori dell'anello in esame;

3) tensioni normali dovute al momento flettente longitudinale ed allo sforzo normale longitudinale.

La legge di distribuzione di queste tensioni agenti sulle basi è incognita e dipende essenzialmente dai vincoli del tubo agli estremi. Se si suppone che le tensioni dovute al momento flettente longitudinale ed allo sforzo normale seguano la legge:

$$\sigma = \frac{My}{J} + \frac{N}{F}$$

e che non esistano forze sulla parete del cilindro, ma soltanto sulle basi (caso di Saint-Venant), si trova che le tensioni $\tau_y$, verticali, variano col $\text{sen}^2 \psi$ e che le tensioni $\tau$, perpendicolari al raggio, variano col sen $\psi$, essendo $\psi$ l'angolo che il raggio fa con la verticale.

Supponendo che la legge $\tau = k$ sen $\psi$ sia valida per le tensioni tangenziali ricordate nel sistema (1), si trova che esse generano momenti trasversali di parete che vengono ad annullare quelli prodotti (sul semianello) dal peso e dalla pressione idrostatica, sicchè il tubo, per effetto di queste sole forze, non dovrebbe ovalizzarsi sensibilmente.

Se la medesima legge viene adottata per le forze (2) è ovvio che si perviene alle medesime conclusioni anche per le componenti normali, dato che sono eguali in grandezza ma di segno contrario.

Le tensioni normali (3) che non ammettono nè componenti radiali nè tangenziali, non danno contributo all'ovalizzazione.

*Tubo solidale con le testate rigide.*

È noto che le equazioni dell'equilibrio elastico studiate per la parete del tubo nell'ipotesi che essa sia perfettamente incastrata e irrigidita, lungo le due corone circolari delimitanti il tubo, mostrano che in tale ipotesi non nascono momenti di parete, cioè non vi è ovalizzazione notevole (Martinelli) e che in tal caso, di tubo solidale con le testate di sostegno, vale l'ipotesi $\tau = k$ sen $\psi$ per le tensioni tangenziali agenti nelle sezioni rette.

*Tubo con appoggi intermedi (pile).*

Se esistono appoggi intermedi l'ovalizzazione della parete è massima in corrispondenza della pila e si propaga nelle zone contigue quanto più le campate sono brevi.

La distribuzione delle $\tau$ sulle basi rette di un generico anello di campata non sono più soltanto le $\tau = k$ sen $\psi$ ma ad esse si aggiunge un diagramma, intrecciato, di $\tau$ radiali, indotto dalla deformazione dell'anello di appoggio, a risultante totale nulla, che genera l'ovalizzazione, la quale mancherebbe nell'ipotesi di anelli indipendenti. Non è da escludersi, nel caso di campate lunghe, una inversione della ovalizzazione nella zona di mezzeria — cioè un aumento del diametro verticale dovuto all'azione delle fibre longitudinali — cioè alla solidarietà degli anelli.

Il calcolo della parete deve essere messo in relazione con quello dell'anello sovrastante alla pila di cui si tratta qui appresso.

B) *Anello sovrastante alla pila.*

Sull'anello sovrastante alla pila (rinforzato o non) agiscono i seguenti sistemi di forze, equilibrati:

1) forze direttamente applicate (peso+acqua) e reazione a dette forze della sella di sostegno;

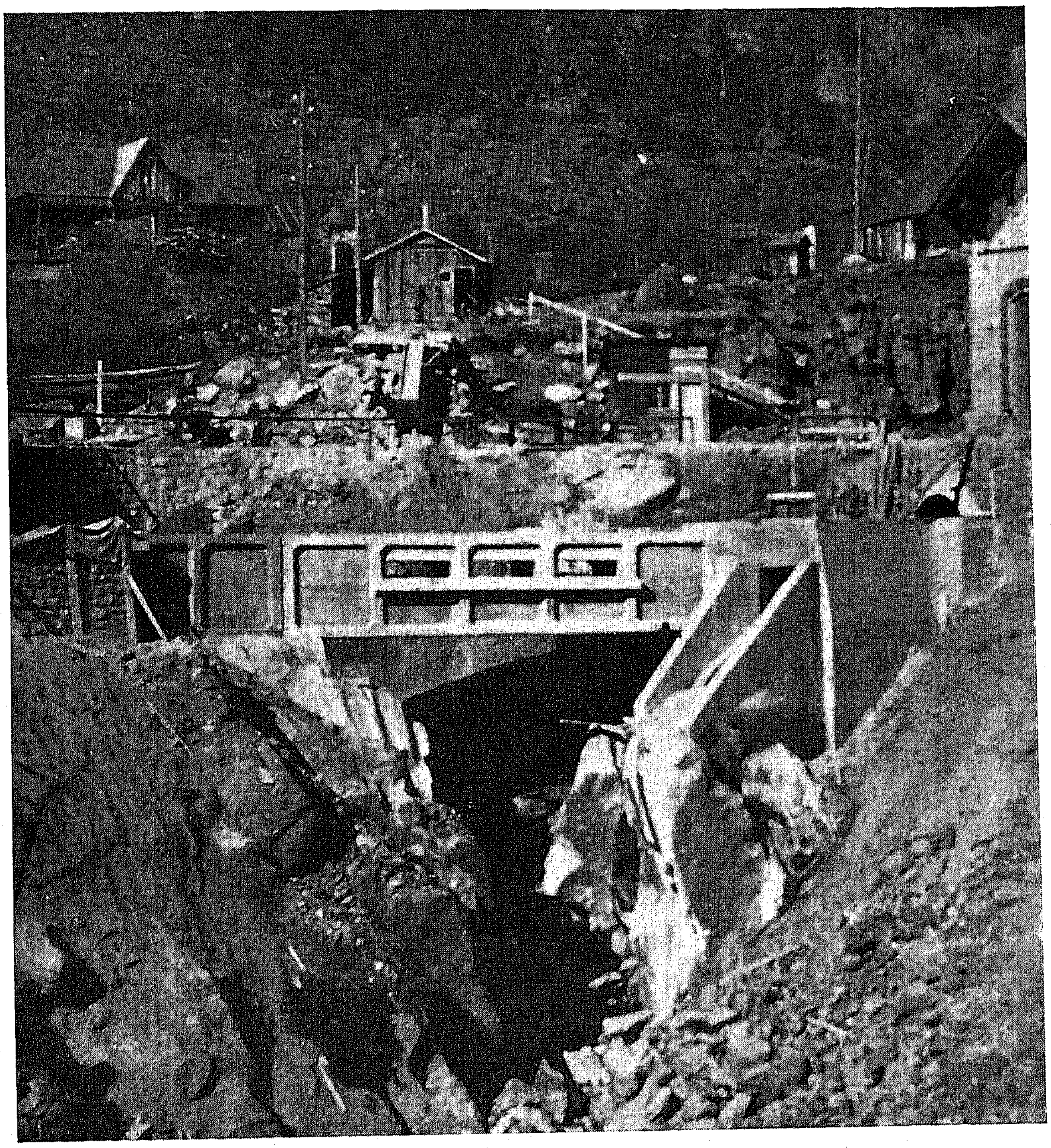


Fig. 21. - Ponte-canale a pelo libero sul torrente Noce, con luci di sfioro. Canale di scarico della centrale di Malgamare (quota 2000).

In mancanza di battente sul vertice, la sezione trasversale può essere rettangolare. Le due pareti laterali sono costituite da due travi a maglie quadrate, irrigidite da solette. Si è voluto ricordare questo manufatto, per mettere in evidenza la notevole diversità dal ponte-canale in pressione, nel quale conviene la sezione circolare.

2) forze costituenti i due sforzi $T_1$ e $T_2$ di taglio distribuiti sulle due basi, dovuti ai carichi agenti fuori dell'anello e reazioni, a detti sforzi, della sella di sostegno;

3) tensioni normali dovute al momento flettente longitudinale ed allo sforzo normale longitudinale.

La legge di distribuzione di queste tensioni $\tau$ agenti sulle basi si avvicina alla $\tau = k$ sen $\psi$ se l'anello è molto ingrossato, ma se il rinforzo è tenue o manca, ad essa si raggiunge un diagramma intrecciato di $\tau$, radiali, che diminuisce la ovalizzazione che sarebbe prodotta nell'ipotesi di anelli indipendenti.

Nel caso di nervatura molto robusta, il calcolo di verifica dell'anello portante può essere condotto, in prima approssimazione, astraendo dalla resistenza della parete contigua.

Si noti che un calcolo diretto dello spessore dell'anello portante, in questa ipotesi, condurrebbe a spessori esuberanti, ma non assurdi, dato che essi variano, con la radice quadrata del momento di flessione. Per esempio se la lunghezza della campata fosse 25 volte lo spessore della pila, l'aumento di spessore dell'anello portante, rispetto al caso di tubo indefinito, sarebbe soltanto di 5 volte.

Dopo questo primo calcolo, lo spessore dell'anello portante, così ottenuto, deve essere ridotto per tener conto della collaborazione della parete contigua.

Qui sta il punto insoluto del problema, poichè le considerazioni fatte non sono sufficienti per dare una norma razionale sulla quale il progettista possa basarsi. Nè, d'altra parte, mi sembra utile istituire un laborioso calcolo degli spostamenti dei vari anelli in base ad una prefissata legge di distribuzione del carico. Non avendo messo in conto, per le gravi difficoltà analitiche, il lavoro di deformazione di tutta la piastra curva nel suo complesso, il problema non è stato risolto teoricamente. Quando nelle trattazioni iperstatiche mancano le relazioni energetiche fra il lavoro delle forze esterne e quello delle tensioni interne, non si può pretendere di arrivare a risultati precisi, ma soltanto di orientare la mente del progettista affinchè egli, con l'ausilio di esempi esistenti, di esperienze su modelli, possa arrivare egualmente a soluzioni praticamente soddisfacenti.

Se il tubo è senza anello di cerchiatura, il problema è ancora più complesso e la zona di appoggio è certamente insufficiente. Si deve però osservare che, in un tubo pensile progettato razionalmente, devono essere previsti opportuni rinforzi là dove i carichi sono concentrati.

Fa eccezione a questa norma il caso di una campata molto corta, intorno ad un diametro, nella quale il comportamento degli anelli sulle pile e degli anelli di campata non può essere molto diverso, nel senso che tutto il tubo viene impegnato a resistere all'ovalizzazione quasi come se fosse su appoggio continuo. Ad ogni modo un criterio di riduzione degli sforzi nell'anello portante deve essere introdotto, ad esempio quello di supporre che collaborino, con esso, due anelli contigui di eguale altezza nel senso delle generatrici, o di altezza doppia nel caso di pilastro molto sottile.

In questo calcolo della zona portante, potranno applicarsi con vantaggio le formule trovate al § III per le sollecitazioni $M$ ed $N$ nelle varie sezioni diametrali, definite dall'angolo $\psi$, le quali suppongono che le tensioni tangenziali $\tau$ abbiano la stessa grandezza, direzione e verso lungo un raggio, che esse varino col seno dell'angolo $\psi$ che il raggio forma con la verticale e nell'ipotesi che esse tensioni non ammettano componenti radiali.

A dette tensioni $\tau$, la cui risultante $T_1+T_2$ è la somma degli sforzi di taglio agenti sulle due basi rette dell'anello sovrastante al pilastro, fa equilibrio una reazione supplementare dell'appoggio, concentrata o ripartita trasversalmente, il cui effetto statico può valutarsi con le formule dei tre capitoli precedenti.

Le sollecitazioni esterne $M$ ed $N$, così ottenute, devono infine essere sommate con quelle dovute al peso proprio, alla pressione idrostatica variabile ed alle reazioni degli appoggi corrispondenti al caso di tubo indefinito, che sono alquanto minori delle precedenti, specialmente nel caso di campate lunghe.

Assicurata la stabilità trasversale, dell'anello portante, tenendo conto della collaborazione della parete, si deve verificare la stabilità della parete di campata.

Se il materiale resistesse anche a tensione, questa ricerca sarebbe inutile, poichè evidentemente l'ovalizzazione della parete è tutt'al più eguale a quella dell'anello portante.

Ma siccome il calcestruzzo non resiste a tensione accade che le armature di ferro, previste nella parete, per fronteggiare l'effetto del battente sul vertice, non sono sufficienti per fronteggiare anche l'effetto ovalizzatore.

È dunque opportuno calcolare la deformata dell'anello portante, e cercare quali sono le sollecitazioni che devono essere applicate alla parete per ottenere la medesima deformata, ed a queste proporzionare le armature di ferro degli anelli di parete contigui a quello portante.

Dette armature devono poi essere diradate avvicinandosi verso la mezzeria della campata specialmente se questa è di notevole lunghezza.

Sarà bene, in ogni caso non scendere al di sotto dei valori di sollecitazione corrispondenti al caso di tubo indefinito, prevedendo anche un'inversione degli sforzi, nella mezzeria della campata.

È opportuno, prima di terminare questo studio, fare un confronto fra i due tipi di attraversamenti, su ponte ad arco o su pilastri (tubo autoportante). A prima vista sembrerebbe che il tubo con ponte ad arco non facesse lavorare il materiale, costituente il tubo, secondo le generatrici.

Ma se si osserva che le contrazioni termiche ed il ritiro del béton sono parzialmente impediti dall'attrito longitudinale sulle selle, si vede che nascono in questa direzione sforzi notevoli.

Inoltre può accadere, se mancano i giunti di contrazione nel tubo, che esso non segua completamente gli abbassamenti del ponte, dovuti a contrazioni termiche e ritiro dell'arcata portante e quindi che il materiale venga ulteriormente sollecitato nel senso delle generatrici.

Non sempre vi è l'altezza sul greto sufficiente per un'arcata unica e quindi si è obbligati a costruire dei pilastri intermedi; inoltre le spalle occorrono molto robuste, poichè devono sopportare la spinta orizzontale del ponte.

Il tipo di tubo autoportante con qualche pila intermedia a snodo, permette invece le dilatazioni e contrazioni longitudinali e trasversali, permette di fare economia della muratura delle arcate, dei rinfianchi, delle selle di sostegno.

Esso esige però maggiori armature di ferro longitudinali e rinforzi sulle pile per fronteggiare la concentrazione dei carichi.

È però molto probabile che il costo globale della soluzione con ponte ad arco superi sensibilmente l'altra di tubo autoportante, quindi è necessario che il progettista esamini accuratamente i due casi.

Dott. Ing. Eugenio Campini.

*Milano, 30 gennaio 1932-X.*

ING. FRANCO BORINI

# Sull'impiego dell'aria compressa nell'esecuzione degli impianti idroelettrici

## Approfondimento della galleria di derivazione dal Lago Morto negli impianti idroelettrici Piave S. Croce

Recentemente *L'Energia Elettrica* si è occupata degli impianti che la Società Idroelettrica Veneta ha eseguito per lo sfruttamento delle acque del medio corso del Piave, pubblicando un interessante articolo dell'Ing. Carlo Semenza, sulla costruzione del sifone in cemento armato attraverso la valle del Friga.

Una descrizione chiara ed esauriente degli impianti, della loro entità e dei particolari di costruzione, è stata fatta in un altro articolo pubblicato dallo stesso Ing. Carlo Semenza nella Rivista *L'Elettrotecnica*, N. 26 del 15 settembre 1923. A tale articolo potranno attingere coloro che desiderassero avere una idea esatta degli impianti e della loro costruzione.

Per la migliore comprensione di quanto è oggetto di questa nota, ci limitiamo soltanto a ricordare che le acque del Piave, derivate a Soverzene (a monte di Ponte nelle Alpi), vengono accumulate nel grande serbatoio del Lago di Santa Croce, la cui capacità utile, mediante la sopraelevazione di m 6, viene portata a 120 milioni di mc; dal lago, attraverso una galleria sotto pressione e a sei tubazioni forzate, le acque del Piave vanno ad azionare la centrale di Fadalto (in cui vi saranno installati kW 87 720 a impianti ultimati), scaricandosi nel Lago Morto. Dal Lago Morto l'acqua viene derivata con una galleria, che per un primo tratto (di circa 80 m) fino alle paratoie di regolazione, è a pelo libero, e nel tratto successivo va sotto carico. Attraverso detta galleria (km 3,500 complessivamente) e a due tubazioni metalliche forzate, essa aziona la centrale di Nove (kW 54 500 installati) scaricandosi nel laghetto di Nove. Successivamente le acque, derivate dal Lago di Nove azionano la Centrale di S. Floriano (kW 4440 installati), indi la Centrale di Castelletto (kW 5180 installati), e da ultimo la Centrale di Caneva (kW 44 650 installati) scaricandosi nel Meschio Inferiore.

Come si è sopra accennato, la presa per il 2° salto, dal Lago Morto, è stata eseguita in galleria, e precisamente con un primo breve tratto a larga sezione, a pelo libero, fino alle paratoie di presa, oltre le quali ha inizio la galleria sotto pressione che porta alla vasca di carico.

La costruzione di questa galleria presentò notevoli difficoltà per le filtrazioni molto abbondanti verificatesi durante lo scavo, data la qualità della roccia calcarea molto fessurata. La parte sotto carico venne completamente ultimata, come dal progetto, compresa l'installazione delle paratoie di presa, nella prima metà del 1925. Per il breve tronco a pelo libero, a grande sezione, tra il Lago Morto e le paratoie, date le ingenti filtrazioni incontrate durante l'esecuzione con mezzi ordinari, si dovette limitare lo scavo dello strozzo ad una quota superiore di circa m 4,50 a quella definitiva da raggiungersi.

Scopo della presente relazione è di illustrare il metodo di lavoro seguito nell'esecuzione dell'ulteriore scavo subacqueo per l'approfondimento di detta galleria, nel tratto compreso tra il Lago Morto e le paratoie.

Al 1° dicembre 1924, la sezione trasversale e la longitudinale della galleria erano quali appaiono nella fig. 1. Le opere murarie erano ultimate, come da progetto, coi piedritti impostati alla quota 272, e col volto, la cui imposta era a quota 274, e la chiave dell'intradosso a quota 276,60.

La Centrale di Nove funzionava regolarmente, con un gruppo da 24 000 HP ed uno da 8 000 HP, e l'acqua scorreva nella galleria, quantunque ancora non completata come scavo.

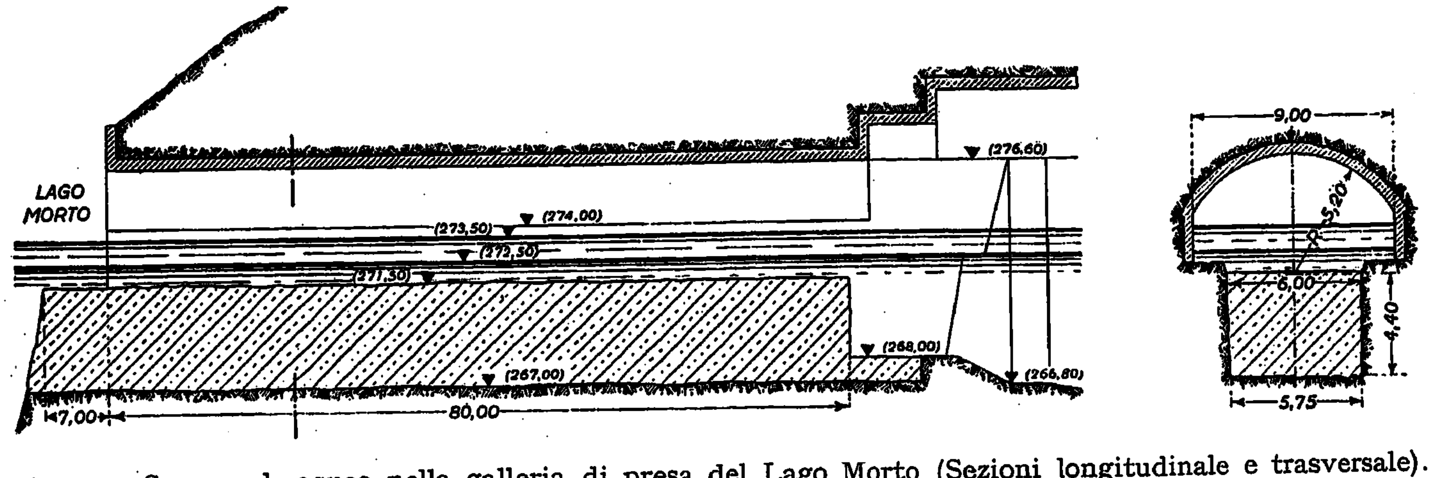



Fig. 1. - Scavo subacqueo nella galleria di presa del Lago Morto (Sezioni longitudinale e trasversale).

Si trattava di approfondire la galleria, per un tratto di circa m 80, dal lago fino a monte delle paratoie di presa, mediante l'esecuzione di uno scasso longitudinale largo m 6 e profondo m 4,50 (dalla quota 271,50 alla 267). In tal modo si sarebbero

lasciate in corrispondenza dei piedritti in muratura, distanti fra loro m 9, due banchine di m 1,50 ciascuna, prima di giungere ai bordi superiori dello scasso.

Lo scavo, da compiersi attraverso roccia calcarea fessurata, con interposti noduli di silice, doveva eseguirsi in modo da

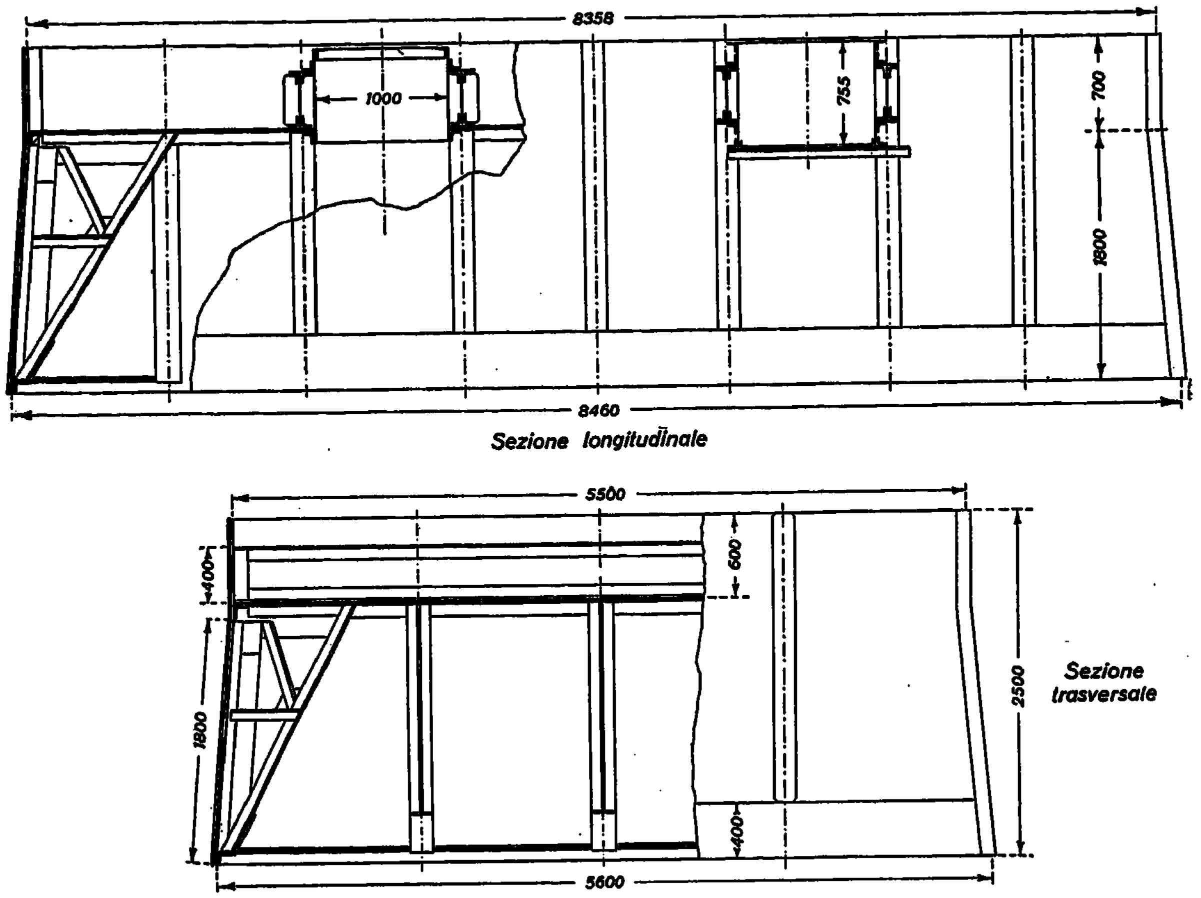



Fig. 2. - Particolari del cassone in ferro per scarico aria compressa.

non interrompere il passaggio dell'acqua attraverso alla galleria, poichè, per inderogabili necessità dell'esercizio, non si poteva sospendere del tutto il funzionamento della Centrale di Nove.

Si poteva però fermare per pochi mesi il gruppo da 24 000 HP lasciando in funzione il solo gruppo da 8 000 HP. L'esecuzione del lavoro doveva pertanto essere quanto più sollecita possibile. Nella fig. 1 sono segnate tratteggiate le parti corrispondenti allo scavo da eseguirsi, e si sono pure segnate le quote minima e massima dell'acqua in galleria in corrispondenza delle quote corrispondenti d'invaso del Lago Morto.

La Direzione Lavori, col mezzo di una zattera e di un martello perforatore manovrato fuori d'acqua, fece eseguire degli assaggi nella roccia da scavarsi, praticandovi dei fori, che, coll'ausilio di un palombaro, venivano caricati con esplosivo e fatti brillare. Venne constatato che, pur adottando martelli ad iniezione d'acqua, i fori non si mantenevano liberi, e la roccia si disgregava facilmente: si venne quindi alla conclusione che per eseguire il lavoro rapidamente e senza fermare il passaggio dell'acqua, si dovesse ricorrere all'impiego di un cassone ad aria compressa.

Deciso così l'impiego dell'aria compressa, l'Ing. Vincenzo Ferniani, progettista dell'impianto e Direttore dei Lavori, che già aveva studiato a fondo il problema e fissate in linea di massima le modalità del lavoro, ne affidò l'esecuzione all'impresa Domenico Borini di Torino.

Il lavoro che si presentava con esigenze affatto particolari e con caratteristiche originali, fu studiato dalla Direzione Lavori in collaborazione con i tecnici dell'Impresa; fu prospettata, fra l'altro, l'adozione di una campana (cloche) capace di contenere una coppia di minatori, sospesa al volto della galleria mediante un carrello scorrevole su rotaie; ma infine, dopo esauriente esame delle difficoltà e di tutte le eventualità favorevoli e contrarie, per la migliore e più rapida esecuzione del lavoro, si ritornò alla prima idea prospettata, e cioè all'impiego di un cassone in ferro, ricuperabile.

Questa decisione riscosse anche l'autorevole approvazione dell'Ing. Marzolla di Venezia, espressamente interpellato per un parere sulla esecuzione del lavoro.

Il cassone, di dimensioni appropriate, sarebbe stato montato fuori della galleria e poi calato all'imbocco di essa, per eseguire lo scavo del primo tratto, tra l'imbocco ed il lago: zavorrato convenientemente il cassone, ed introdotta in esso l'aria compressa, squadre di operai, lavorando giorno e notte avrebbero eseguito lo scavo, smaltendo il materiale verso l'esterno, a mezzo di opportune camere di equilibrio. Giunto il cassone col suo tagliente alla quota di fondo scavo, si sarebbe tolta la zavorra, per sollevarlo e trasportarlo entro la galleria, per eseguire lo scavo di un tratto successivo, e così di seguito fino alle paratoie.

Entrati in questo ordine di idee, la Direzione Lavori e l'Impresa stabilirono dettagliatamente i particolari di esecuzione del lavoro, in relazione alle difficoltà reali che si frapponevano.

La dimensione trasversale del cassone, fu fissata in m 5,50 in relazione con la larghezza dello scavo da eseguire, l'altra dimensione stabilita di circa m 8,50 risultò esattamente di m 8,36 a causa delle misure delle lamiere.

Frattanto, mentre si stava preparando tutta l'attrezzatura per il lavoro, nella primavera del 1925, approfittando di un momento di esuberanza di energia, si potè fermare per una ventina di giorni la Centrale di Nove, ed interrompendo il passaggio dell'acqua nella galleria, si riuscì ad eseguire con mezzi ordinari lo scavo di approfondimento per un tratto di circa m 50 a partire dalle paratoie e verso monte. Rimaneva perciò ancora da eseguire lo scavo di approfondimento per un tratto di m 30 col sistema dell'aria compressa.

L'esecuzione del lavoro avvenne nel modo seguente:

Il cassone in ferro venne costruito dalle Officine Battaglia

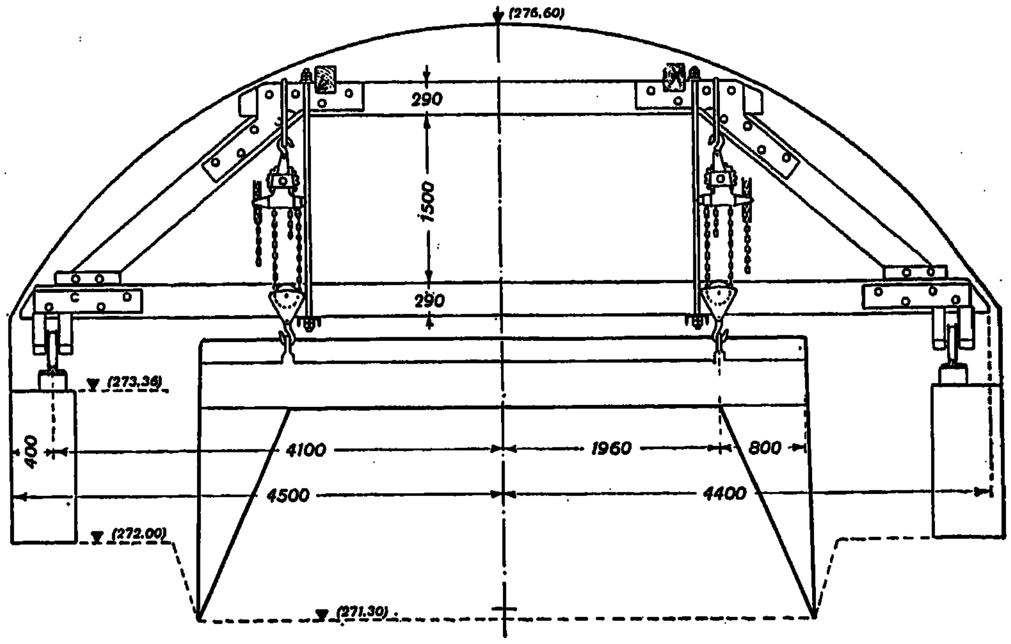



Fig. 3. - Schema di una delle tre capriate del sistema portante per il sollevamento e varo del cassone in galleria.

di Padova: il tipo e le dimensioni adottate risultano evidenti dalla fig. 2. La forma leggermente a campana delle pareti del cassone, venne consigliata per rendere minime le resistenze di attrito durante lo scavo per l'affondamento. Sulle travi co-

stituenti l'ossatura del cielo (v. fig. 3) vennero disposti, in posizione opportuna, sei robusti anelli di ferro, per l'attacco dei ganci dei paranchi destinati alle manovre di sollevamento per lo spostamento del cassone. L'altezza totale del cassone fra il tagliente inferiore e le lamiere esterne sul cielo, risultò così di m 2,30. Supponendo di posare il cassone sul fondo della galleria a quota 271,50, prima dell'affondamento, la sua parte più alta avrebbe raggiunto la quota 273,80. L'intradosso del voltone coprente la galleria era a quota 276,60 e l'altezza disponibile tra le travi del cielo del cassone e l'intradosso stesso, risultava così di soli m 2,80: in tale altezza si dovevano poter contenere le camere di equilibrio e gli anelli sottostanti di caminate per metterle in comunicazione coll'interno del cassone.

Le camere di equilibrio che si usano normalmente nelle fondazioni ad aria compressa, hanno un'altezza che si aggira sui m 3,50, e per cassoni fino a 40 mq di area sono a doppio uso, servendo contemporaneamente al passaggio del personale ed allo smaltimento verso l'esterno del materiale proveniente dagli scavi. Nel caso in questione si decise di limitare l'altezza della camera di equilibrio a m 1,90 ed in tal modo, supponendo di avere la parte superiore quasi a contatto coll'intradosso del volto, sarebbero rimasti a disposizione m 0,80 fra la sua parte più bassa ed il livello massimo dell'acqua. In tal modo si sarebbe potuto eseguire un primo affondamento di circa m 0,70, e poi, tolta e sollevata la camera di equilibrio, si sarebbe aggiunto un tratto di camino alto m 0,50, e rimessa in funzione la camera si sarebbe eseguito un altro affondamento di m 0,50, per poi aggiungere un altro tratto di camino di m 0,50 e così di seguito fino al raggiungimento della quota di fondo scavo.

Data l'altezza ridotta da adottarsi forzatamente per la camera di equilibrio, e per la conseguente minore sua capacità e per misure di maggior sicurezza per il personale in caso di pericolo, si decise l'impiego di due camere distinte, una per l'accesso degli operai al cassone e l'altra per l'elevazione del materiale ed il suo scarico all'esterno.

Entrambe le camere di equilibrio furono studiate e costruite dalle Officine Battaglia, e sono illustrate nelle figg. 4 e 5. Quella per il personale non offerse nessuna difficoltà data la semplicità delle manovre: quella per il materiale fu invece studiata in modo particolare, specialmente per la scarsa disponibilità di

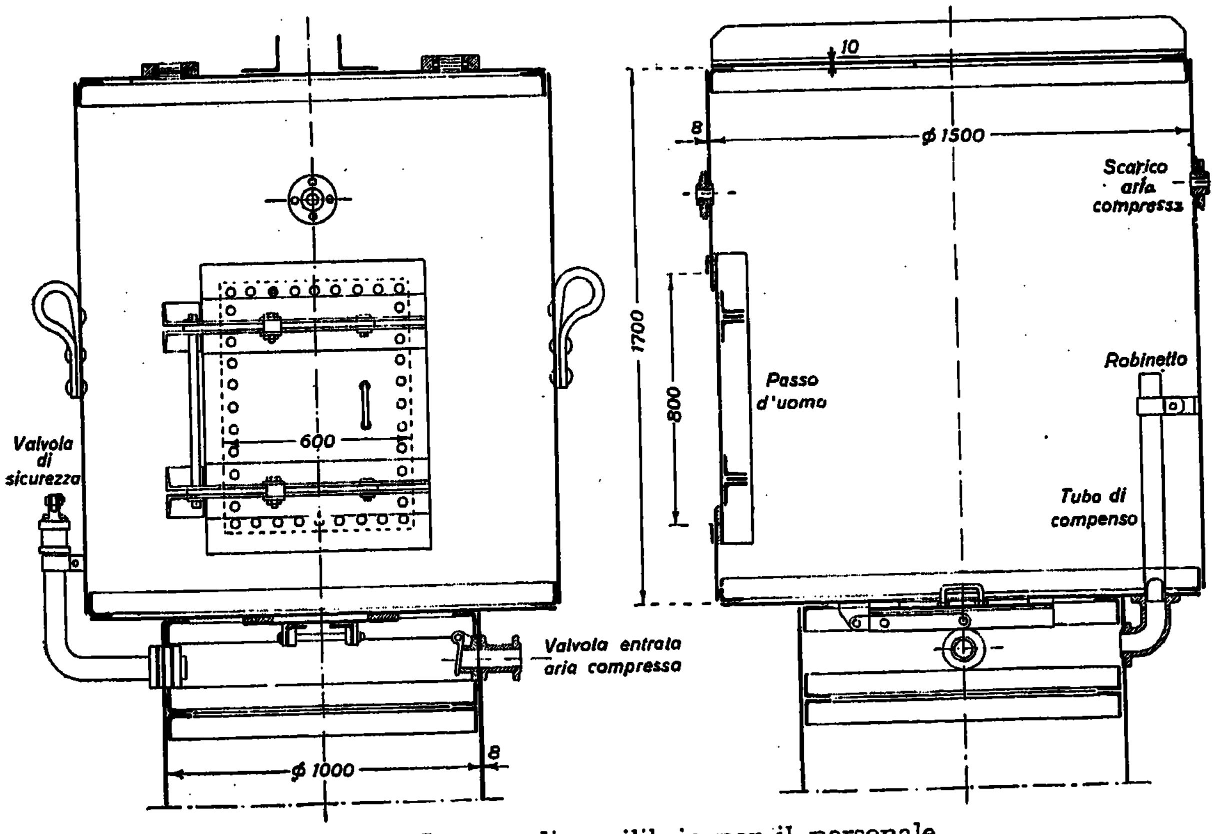



Fig. 4. - Camera di equilibrio per il personale.

spazio per i meccanismi di comando e di sollevamento. Il tipo, studiato e costruito dalle Officine, in collaborazione con la S. A. Calzoni di Bologna, presentava la novità di essere comandata da motore elettrico per il tramite di un servomotore ad olio tipo Calzoni (fig. 6): la benna veniva sollevata a mezzo di una catena « Galle », che si svolgeva dal rocchetto, sistemandosi in apposito magazzino creato quale appendice alla camera.

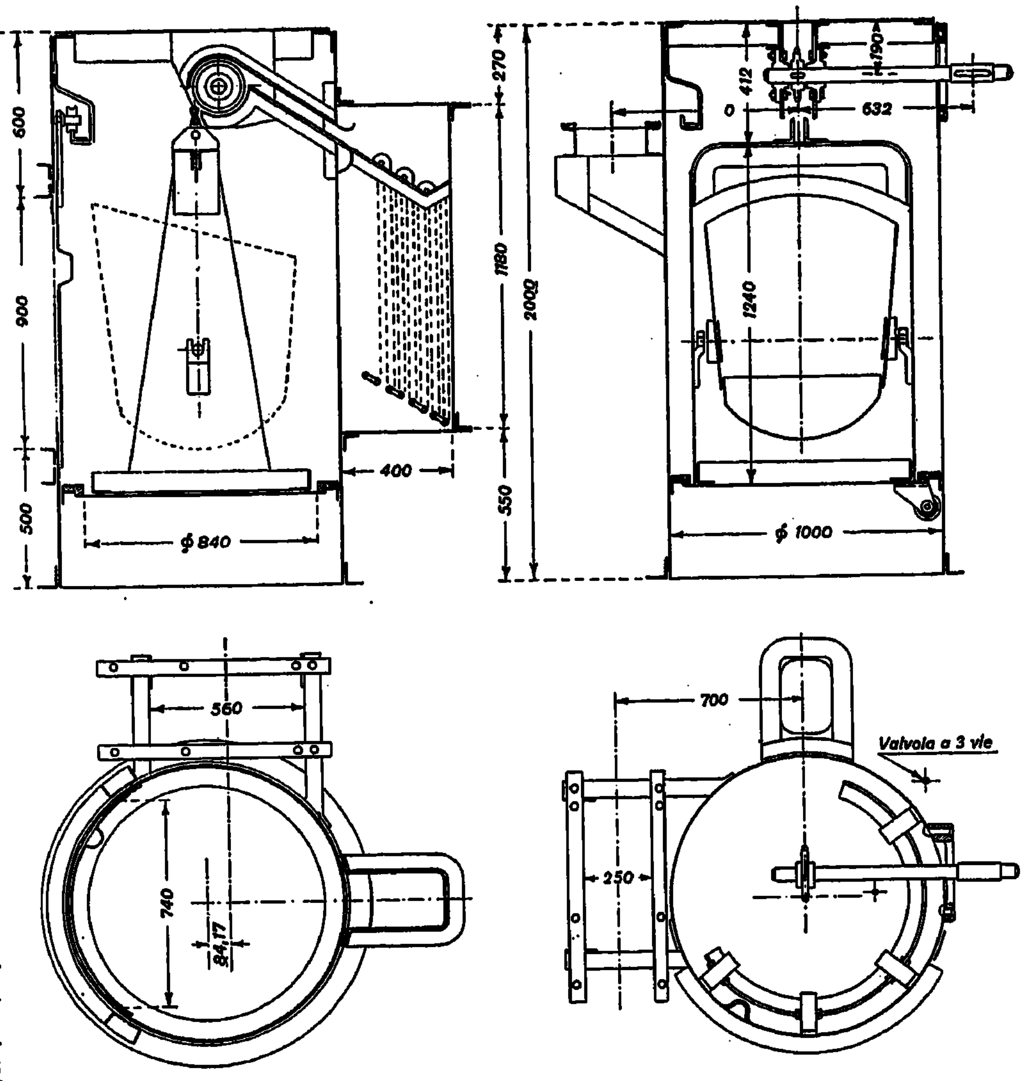



Fig. 5. - Camera di equilibrio per il sollevamento e lo scarico dei materiali.

La benna, di tipo rovesciabile, era posata su due appoggi verticali, solidali ad un piano orizzontale: una volta carica di materiale veniva sollevata dall'argano azionato dal servomotore: giunta a fine corsa il piatto veniva a contrastare contro una apposita corniera della camera di equilibrio munita di guarnizione in gomma per la tenuta dell'aria. Per effetto del contrasto si fermava automaticamente l'argano, e pure automaticamente avveniva lo scarico verso l'esterno dell'aria compressa contenuta nella camera di equilibrio; aperta la porta di scarico, la benna si rovesciava per lo scarico del materiale; rimessa la benna in posizione normale, richiusa la porta e ristabilita la pressione nella camera, la benna si faceva scendere per essere ricaricata.

Questo tipo nuovo di camera di equilibrio diede degli ottimi risultati e funzionò sempre colla massima regolarità, aiutando considerevolmente l'esecuzione rapida del lavoro.

Per il montaggio del cassone si costruì un'impalcatura sopra sei barconi tipo Genio Militare (figg. 7 e 8) e la chiodatura delle lamiere venne fatta con l'interposizione di cartone ruberoide; il calore del chiodo faceva sciogliere il catrame e la chiodatura risultava a tenuta d'aria.

Si presentò subito il problema del modo col quale posare il cassone sul fondo del lago per eseguire la prima cassonata davanti all'imbocco della galleria, e del modo di sollevarlo a scavo

eseguito. La Direzione Lavori pensò di usufruire della favorevole posizione del portale della galleria, per appoggiarvi a sbalzo due coppie di ferri a doppio T, sporgenti verso il lago, ed ancorati nella roccia dalla parte opposta; nella parte a sbalzo, le travi vennero rinforzate con funi metalliche, che a guisa di tiranti, passando sopra un cavalletto intermedio poggiato sul coronamento del portale, erano robustamente ancorate nella roccia (fig. 9).

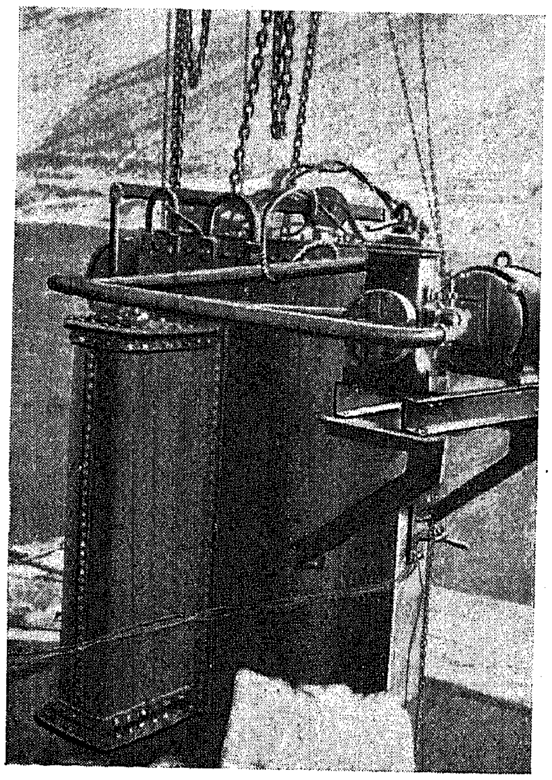


Fig. 6. - Camera di equilibrio speciale per il solo carico dei materiali, comandata da servomotore ad olio.

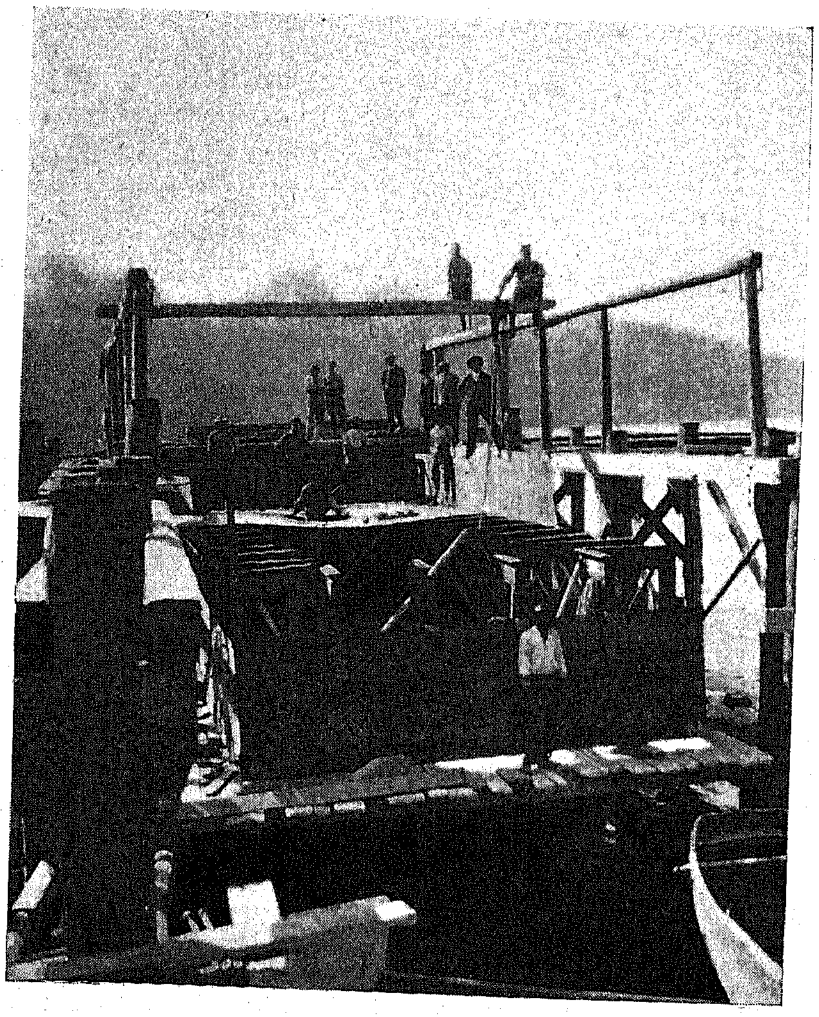


Fig. 7. - Presa dal Lago Morto. Cassone in montaggio sopra lo zatterone, all'esterno.

A montaggio avvenuto, si trasportò il cassone sui galleggianti all'imbocco del portale; a mezzo di 6 paranchi della portata di t 7,5 ciascuno, venne sollevato e, tolto il galleggiante, venne calato sul fondo.

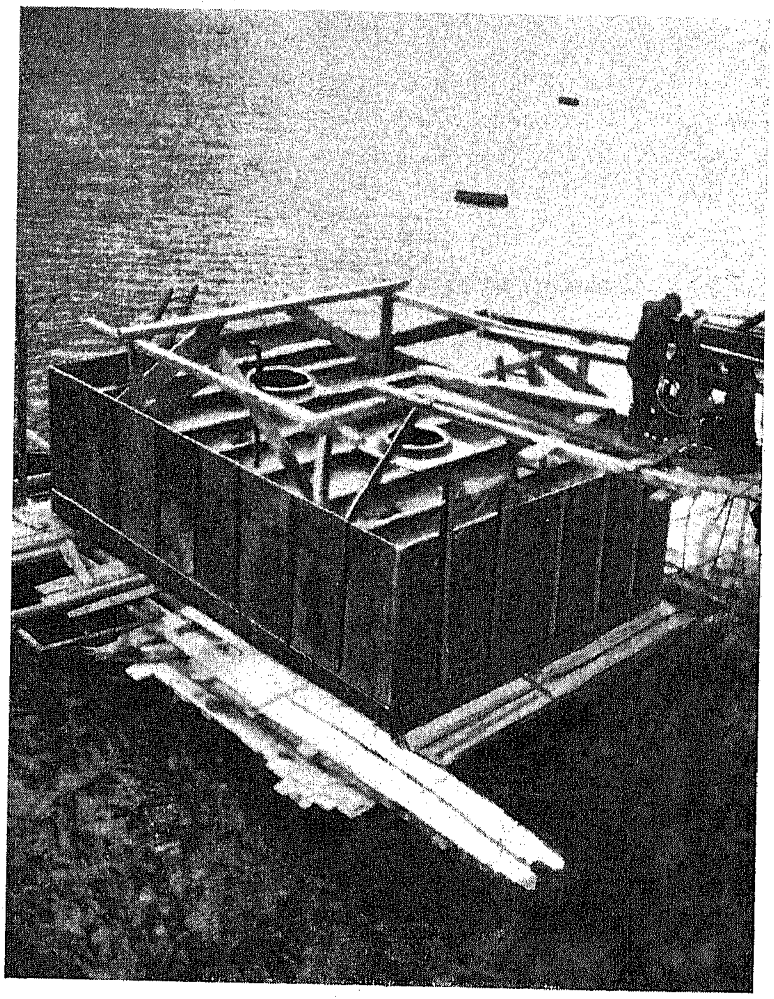


Fig. 8. - Presa dal Lago Morto. Cassone montato sullo zatterone e pronto al trasporto.

Applicate le caminate e le camere di equilibrio, si iniziò lo scavo, affondando il cassone; per controbilanciare la spinta dal basso in alto data dall'aria compressa, si eseguì sul cielo del cassone, tra le travi trasversali, una gettata di calcestruzzo dello spessore di 10 cm e si eseguì uno zavorramento supplementare con 90 t di lingotti di ghisa. Dato che lo stesso cassone doveva impegnarsi più volte, per l'esecuzione dei vari tratti di

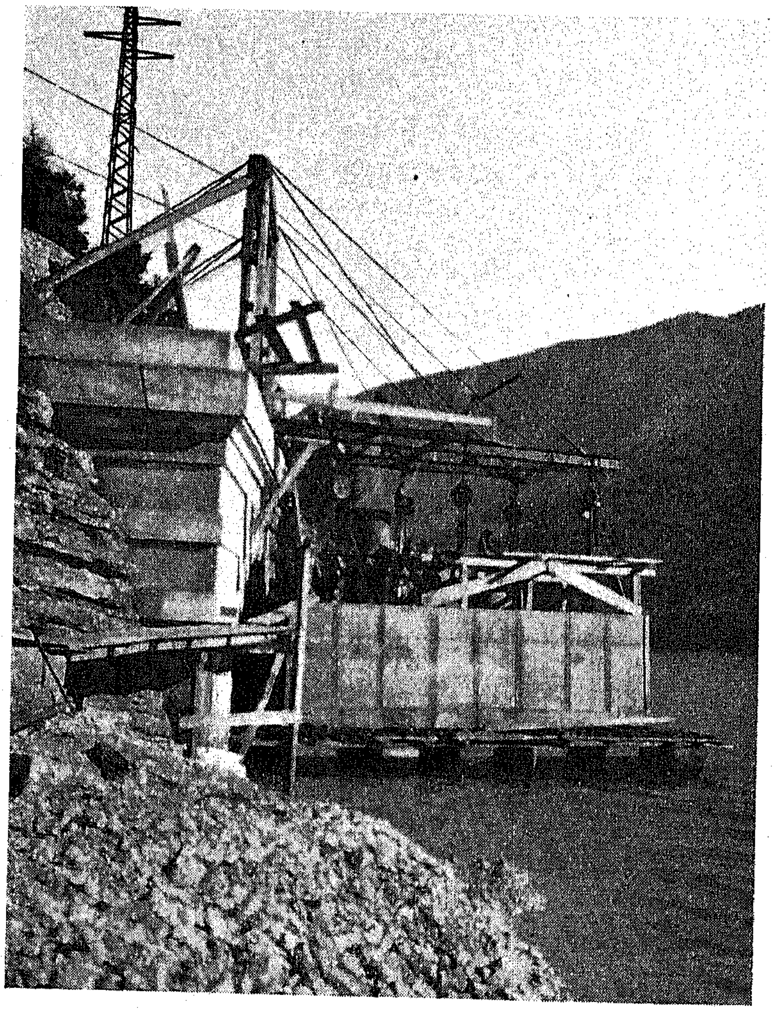


Fig. 9. - Presa dal Lago Morto. Cassone pronto per il sollevamento dei paranchi.

scavo, per evitare che le mine sparate all'interno lo deteriorassero eccessivamente, si rivestirono le mensole e le pareti con tavoloni di pioppo da 40 mm ed il provvedimento fu molto efficace.

Terminato lo scavo della prima cassonata, si tolse la zavorra di lingotti e per far questo un palombaro caricava una specie di cesta di ferro, che veniva sollevata da un verricello a mano, manovrato dall'esterno. Coll'aiuto dei paranchi il cassone venne sollevato, e poi fatto galleggiare, regolando opportunamente la zavorra e l'aria compressa, con abile manovra lo si fece entrare in galleria. Tolta l'aria compressa, posato il cassone sul fondo, messi in opera i tratti di camino da m 0,50 e le camere di equilibrio ed eseguito nuovamente lo zavorramento sul cielo del cassone, si riprese l'affondamento.

In precedenza era stato studiato il mezzo per poter eseguire le successive manovre di sollevamento e varo del cassone in galleria, e la Direzione dei Lavori, mediante sacchi riempiti con calcestruzzo, aveva fatto costruire due banchine correnti lungo i piedritti della galleria (fig. 3). Sulle banchine, sistemate a livello con getto di calcestruzzo, erano state posate sopra tavoloni di quercia, due rotaie del tipo di quelle da carro ponte. Sulle rotaie, a mezzo di apposite ruote a doppio bordino, veniva a posare un robusto sistema portante, costituito da tre incavallature di legno, rigidamente collegate fra loro: ogni incavallatura (fig. 3) doveva permettere il fissaggio ed il funzionamento di due paranchi da 7,5 t ed erano così sei paranchi che servivano per il sollevamento e l'abbassamento del cassone.

Ultimato lo scavo della 1ª cassonata nell'interno della galleria ed alleggerito il cassone, lo si sollevò coi paranchi, indi facendo scorrere tutta l'armatura sulle rotaie, lo si portò nella successiva posizione di affondamento, calandolo sul fondo, e riprendendo lo scavo. E così di seguito, si ripeterono le manovre fino ad ultimazione del lavoro.

La ristrettezza dello spazio per le manovre all'esterno del cassone, la necessità di dover compiere le manovre stesse sopra ponti volanti nell'interno della galleria, col passaggio dell'acqua al disotto; il ripetersi a distanza di pochi giorni delle manovre di arresto dell'affondamento per poter prolungare le caminate al disotto delle camere di equilibrio, per evitare la sommersione della parte inferiore di queste, ed altre considerazioni di ordine tecnico e pratico, davano a temere che durante l'esecuzione del lavoro si sarebbero incontrate difficoltà notevoli, e gravi rischi per il personale addetto al lavoro.

Per le previdenze usate dalla Direzione dei Lavori e per la cura con la quale l'Impresa eseguì il lavoro, questo si svolse regolarmente, senza il minimo inconveniente, e senza che nessun infortunio grave avvenisse agli operai addetti.

I lavori, iniziati nel settembre del 1925, furono portati a compimento ai primi di maggio del 1926, raggiungendo completamente gli scopi prefissi.

I disegni e le fotografie illustranti la presente memoria, sono stati forniti gentilmente dalla Società Idroelettrica Veneta, dalle Officine Battaglia e dall'Impresa Domenico Borini.

*Torino, lì* 18 *dicembre* 1931.

ING. FRANCO BORINI.

Angelo Drigo
ISTITUTO FISICO DELLA R. UNIVERSITÀ DI PADOVA

# La tecnica dei campi magnetici intensi e la magnetoresistenza dei metalli

Quando, nel 1927, comparve in questa Rivista un chiaro articolo del Prof. Persico (1) sui fenomeni galvanomagnetici e termomagnetici nei metalli, nessuno forse prevedeva che uno di essi, il quale già sembrava esaurientemente conosciuto anche per la relativa facilità di essere messo in evidenza, avrebbe, qualora fosse stato studiato in modo speciale, del tutto sconvolto le idee che fino allora erano venute sviluppandosi sul meccanismo del fenomeno stesso e sulle proprietà elettroniche dei metalli.

Si intende di parlare dell'effetto galvanomagnetico longitudinale che va comunemente sotto il nome di *magnetoresistenza*, il quale si manifesta colle caratteristiche seguenti in un conduttore metallico posto nel campo magnetico.

Supponiamo che una lamina metallica sia disposta nel traferro di un elettromagnete, in modo che, eccitandolo, essa

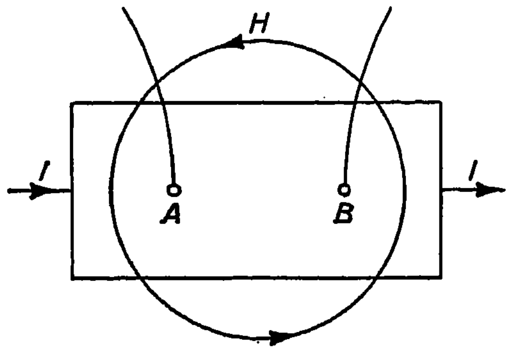



Fig. 1. - Schema convenzionale dell'effetto galvanomagnetico longitudinale di variazione di resistenza.

venga attraversata normalmente dalle linee di forza magnetica; sia inoltre percorsa in una data direzione da una corrente elettrica (fig. 1).

Se a campo nullo si misura la d. d. p. esistente tra due punti $A$ e $B$ di detta lamina in quanto è attraversata dalla corrente $I$, si trova che è soddisfatta la legge di Ohm, cioè che

$$V_B - V_A = RI -$$

Creando ora un campo magnetico di intensità conveniente, costante, e ripetendo la misura della d. d. p., si trova che, a parità di $I$, la $V_B - V_A$ è variata, e si deve quindi concludere che è variata la $R$.

Dunque l'effetto galvanomagnetico longitudinale di variazione di d. d. p. è dovuto ad una variazione di resistenza che avviene in direzione parallela alla direzione della corrente, per effetto della applicazione di un campo magnetico perpendicolare al piano della lamina. Variazioni di resistenza si producono tuttavia anche se la lamina è disposta obliquamente o, addirittura, parallelamente rispetto al campo.

(1) E. Persico: « Fenomeni galvano- e termo-magnetici nei metalli ». Fascicolo speciale de *L'Energia Elettrica*, nel primo Centenario della morte di A. Volta. Milano, 1927, pp. 121÷137.

Questo effetto si può studiare più facilmente misurando direttamente la resistenza di fili del metallo da studiare, convenientemente disposti nel campo magnetico. Con tale metodo venne raccolta una larghissima messe di risultati, in gran parte interessanti dal solo punto di vista scientifico, dato che da tali fenomeni si cercava di trarre conferma sperimentale alle varie teorie elettroniche dei metalli sviluppate nell'ultimo trentennio per spiegare la conduttività elettrica e termica; non mancano tuttavia le applicazioni pratiche di tali fenomeni, e infatti non v'è tecnico che non conosca la spirale di Lenard ed Howard che permette di determinare la intensità di un campo magnetico, anche costante, dalla misura della variazione di resistenza che, per effetto del campo, si produce in una spirale piatta di bismuto, metallo per il quale l'effetto galvanomagnetico di variazione di resistenza è, a parità di campo, circa cento volte maggiore dell'analogo effetto che si produce in quasi tutti gli altri metalli.

La maggior parte dei risultati sperimentali venne ottenuta, fin dalla loro scoperta, fatta nel 1857 da W. Thomson, con campi di qualche migliaio di gauss.

Fu soltanto col perfezionarsi della tecnica costruttiva degli elettromagneti che si raggiunsero dei campi di 50 000 gauss, sempre però in uno spazio di pochi millimetri cubi, ove si eccettui il grande elettromagnete di Bellevue, del peso di 120 tonnellate, il quale, alimentato con un gruppo generatore di un centinaio di kW, fornisce un campo del medesimo ordine di grandezza, ma in un intraferro di una ventina di centimetri cubi. L'energico raffreddamento richiesto da tutti questi tipi di elettromagneti non è però sempre sufficiente ad asportare la grande quantità di calore che si sviluppa negli avvolgimenti al passaggio delle correnti, che spesso sono di centinaia di ampère, e inoltre a questo inconveniente, che per certe ricerche è un ostacolo insormontabile, si aggiunge il fatto che i campi così prodotti non sono mai scevri da isteresi per la presenza del ferro dei nuclei.

Sembrava pertanto che difficilmente si sarebbe potuto superare tali intensità di campo, anche perchè, come è noto, il ferro presenta per questi campi una permeabilità magnetica che è poco diversa da quella dell'aria, quando, con una tecnica del tutto nuova, venne offerto ai fisici un potente mezzo di indagine per approfondire le cognizioni sulla costituzione della materia.

***

Fu appunto nel giugno del 1927 che il fisico inglese Kapitza (1) riferì intorno ad un metodo da lui realizzato per ottenere dei campi magnetici assai intensi, dell'ordine del milione di gauss, facendo vedere, a titolo di esempio, di quale interesse risultava lo studio della variazioni di resistenza di metalli non magnetici in campi così alti.

(1) Kapitza: *Proc. Roy. Soc.* (*A*). 115, 1927, pag. 658.

Col suo dispositivo Kapitza è riuscito ad eliminare gli inconvenienti descritti e, non ultima, la difficoltà di trovare un'adeguata sorgente di corrente continua. Già in precedenti ricerche egli aveva osservato che per lo studio di molti fenomeni è più che sufficiente che la durata del campo sia di un centesimo di secondo, nel qual caso si può lanciare per una corrispondente frazione di secondo in un adatto solenoide senza ferro una corrente di intensità enormemente superiore a quella che in regime stazionario potrebbe circolare nel medesimo avvolgimento, e ciò in modo che il riscaldamento del solenoide sia insensibile, o comunque non faccia in tempo a trasmettersi disturbando il rilevamento dell'effetto cercato.

Operando in tal modo si può ottenere con relativa facilità la enorme potenza necessaria per la eccitazione del campo, dell'ordine di $5 . 10^4$ kW, chiudendo in corto circuito sul solenoide per brevissimo tempo un generatore di corrente alternata che in regime normale non sviluppa più di 2000 kW. In questo caso è una parte della energia cinetica accumulata nel pesantissimo rotore dell'alternatore, rotante ad alta velocità, che viene trasformata, in un centesimo di secondo circa, in energia elettrica, in corrispondenza alla energica frenatura che vi si produce per la cortocircuitazione della macchina.

Giova descrivere, sia pur per sommi capi, la complessa attrezzatura che servì alla produzione dei campi così intensi, anche perchè possano apprezzarsi le innumerevoli difficoltà cui andò incontro il Kapitza nella realizzazione della sua idea. Seguiremo il suo ordine di esposizione.

Come generatore venne adoperato un alternatore monofase con induttore bipolare, di costruzione analoga a quella seguita per i turboalternatori; alcune parti di esso furono però rinforzate affinchè potessero resistere agli intensi sforzi conseguenti alla cortocircuitazione.

L'uso di un alternatore offre su tutte le altre sorgenti di elettricità parecchi vantaggi, il principale dei quali è quello di poter controllare una potenza considerevole, quale è quella di cortocircuitazione, con degli interruttori che si fanno funzionare solo quando la corrente passa per il suo valore zero. Questo punto di annullamento risulta però variabile colla induttività del circuito di utilizzazione, dato che, per essa, la corrente non si

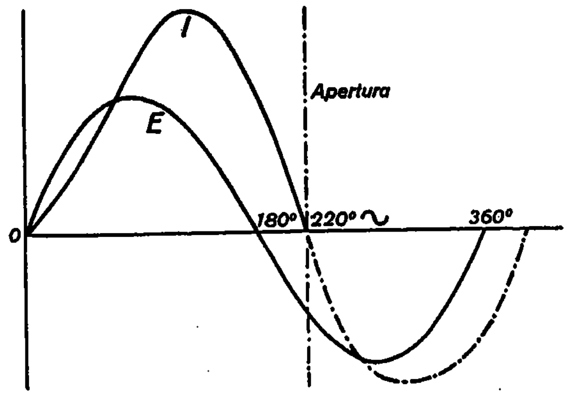



Fig. 2. - Spostamento del punto di annullamento della prima semionda di corrente per effetto della *a. i.* della bobina.

annulla insieme colla f. e. m. Succede infatti quello che è rappresentato nel diagramma della fig. 2, e che si spiega ricordando che l'energia elettromagnetica $1/2 . L . I^2$ accumulata nel solenoide magnetizzante viene ceduta alla macchina dal momento in cui la f. e. m. comincia a decrescere, coll'effetto di prolungare la durata del semiperiodo durante il quale avviene la cortocircuitazione, colla introduzione di un graduale ritardo della corrente sulla tensione, massimo nel momento di apertura.

Per poter ritenere che la registrazione del fenomeno da studiare avvenga a campo costante venne apportata una importante modificazione all'induttore della macchina, affinchè l'onda di corrente presentasse per circa un quinto di periodo una cima appiattita.

Il diagramma della fig. 3 rappresenta appunto la forma della semionda di corrente utilizzata (curva *I*) e l'andamento della f. e. m. che la produce (curva *E*); l'asse dei tempi coincide con quello dei passi polari, in funzione dei quali è rappresentato l'andamento del campo induttore della macchina (curva *H*).

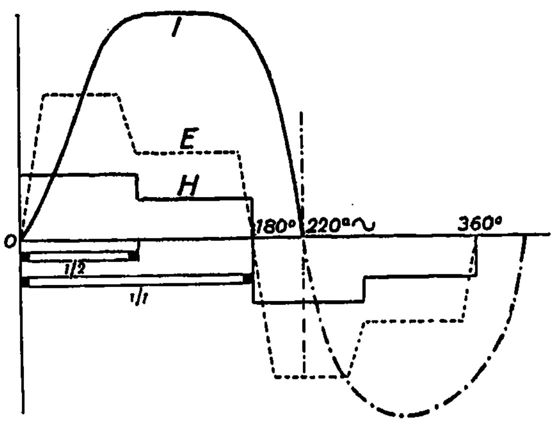



Fig. 3. - Andamento che si deve dare al campo induttore (*H*) perchè la corrispondente f. e. m. generata dalla macchina (*E*) produca una corrente la cui semionda (*I*) dopo la chiusura del circuito abbia la configurazione richiesta.

quale si ottiene con delle bobine di eccitazione disposte nei denti del rotore in modo da occupare in parte mezzo passo polare, in parte un intero passo polare. La loro alimentazione è fatta, indipendentemente le une dalle altre, a mezzo di un'apposita dinamo a corrente continua.

Il peso del generatore completo ammonta a 13 tonnellate, di cui due e mezza sono dovute al rotore, del diametro di cm 52,1. La velocità angolare normale di questo è di 3500 giri al minuto, cioè 58,33 al secondo, e il suo momento di inerzia è di 59,6 $kg \times m^2$. Un motore a corrente continua di 80 HP, coassiale al generatore, è sufficiente a mantenerlo in rotazione a velocità normale, quando il circuito di utilizzazione è aperto. Lo statore fu fatto in ferro Stalloy.

L'insieme motore-generatore appoggia su un blocco di fondazione del peso di circa 30 tonnellate, che a sua volta giace su uno strato di materiale destinato ad attutire le vibrazioni che si producono durante la cortocircuitazione: tuttavia perchè gli apparecchi di misura e di registrazione non venissero affatto disturbati, essi vennero installati alla distanza di oltre venti metri dal generatore cosicchè, tenuto presente che la velocità di queste vibrazioni è nel terreno di 2000 o 3000 m/sec, si vede che esse non possono arrivare all'oscillografo altro che dopo avvenuta la registrazione.

Per una cortocircuitazione capace di mettere in gioco fino a 72 000 ampère massimi, la frenatura conseguente fa diminuire la velocità angolare del rotore di circa un decimo, trasformando in energia elettrica circa il 20 % della sua energia cinetica, come risulta da un facile calcolo.

Particolare cura venne rivolta alla costruzione del sistema interruttore e registratore. È ovvio infatti che misure quantitative in campi di durata estremamente breve non si potrebbero fare senza ricorrere a un dispositivo completamente automatico di comando del campo, e di registrazione, in funzione del tempo, della intensità della corrente magnetizzante e delle altre grandezze che con essa si fanno variare.

Notevoli difficoltà presentava il problema della interruzione di una corrente così intensa. A convincersi si osservi che il ritardo di 3 decimillesimi di secondo rispetto all'istante in cui la corrente passa per il suo valor zero può far sì che la corrente da interrompere abbia già un valore compreso tra 3000 e 6000 ampère. È necessario pertanto che l'apertura del circuito sia molto precisa e rapidissima, il che non è del tutto facile, dato che si deve imprimere ai contatti dell'interruttore, del peso di circa 1 kg, una accelerazione parecchie centinaia di volte maggiore di quella di gravità per allontanarli nel suddetto periodo di 1 mm appena.

Il problema fu risolto perfettamente con una combinazione di comandi meccanici dati dal generatore stesso, sul cui albero è calettato il dispositivo interruttore, e regolati con opportuni

relais. A tale scopo, e sopratutto per render perfettamente sincrone tra loro le singole operazioni, vennero disposte le cose in modo che il comando da parte dell'operatore si riduceva alla pressione di un bottone col quale veniva messa in moto la lastra fotografica su cui doveva venir registrato l'andamento del campo e delle altre variabili ad esso connesse. Il carrello portalastre era munito di un contatto scorrevole che, ad un dato momento, chiudeva il circuito di un relais che si trovava così pronto a funzionare appena l'alternatore fosse stato in posizione tale da iniziare l'onda che si voleva utilizzare. Solo in questo momento veniva a passare la corrente nel relais provocando la liberazione dell'interruttore rotante che, sotto il comando di una camma, chiudeva l'alternatore sul circuito della

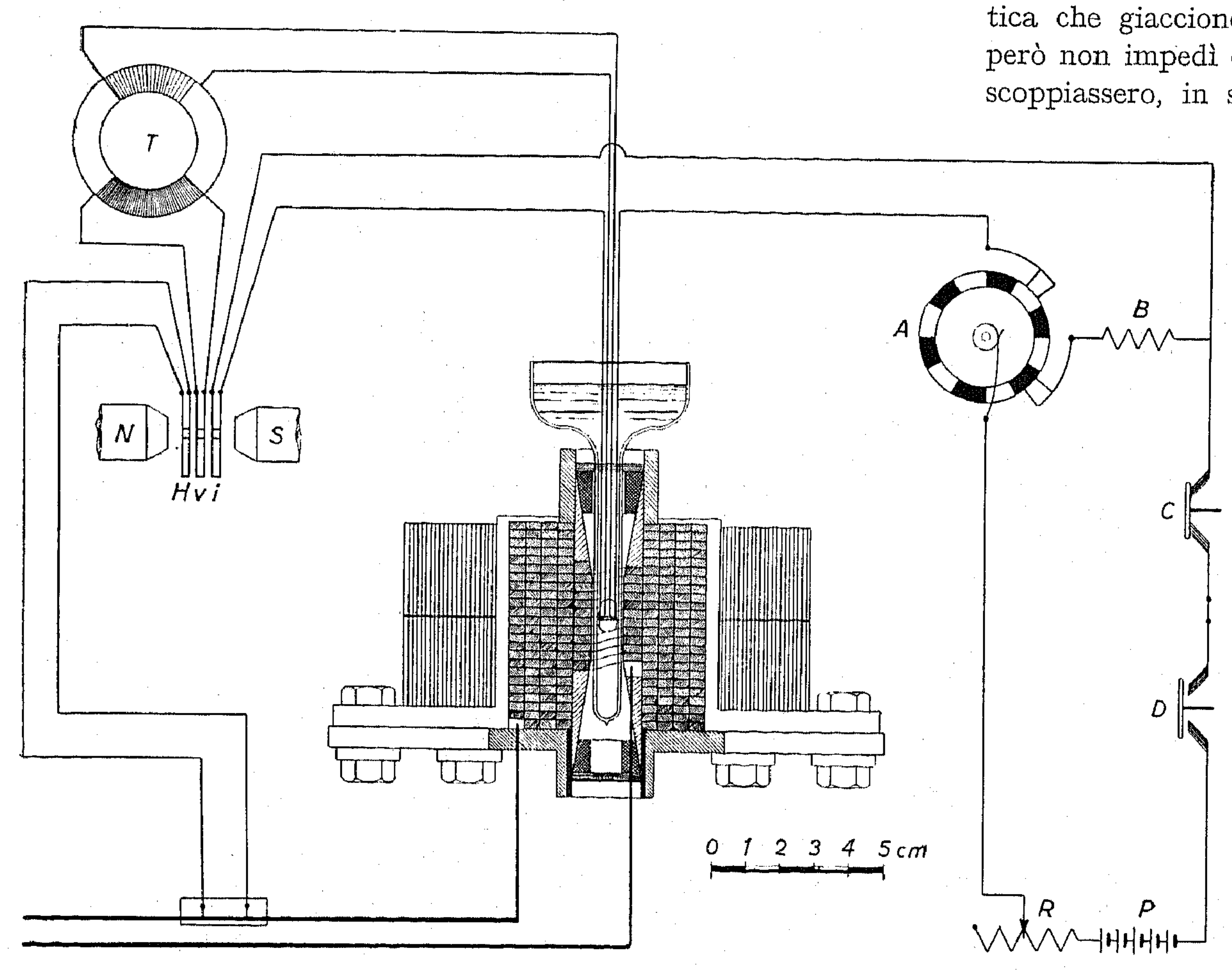



Fig. 4. - Schema dei circuiti di magnetizzazione e di misura usati da Kapitza.

bobina. La stessa camma, opportunamente regolata, comandava l'apertura, quasi istantanea, del circuito quando la corrente passava per il valore zero e, mentre un getto d'aria alla pressione di 12 atmosfere soffiava l'arco di rottura, il relais summenzionato bloccava di nuovo il meccanismo dell'interruttore perchè non avvenisse una nuova scarica.

Per misurare le variazioni di resistenza prodotte dal campo, nel medesimo tempo, pure automaticamente, veniva chiuso il circuito della corrente di misura, ed un oscillografo a tre equipaggi, che nello schema della fig. 4 sono stati contrassegnati colle lettere *H*, *i*, *v*, aventi la frequenza propria regolabile tra 6000 e 20 000 periodi per secondo, registrava separatamente, oltre all'andamento della corrente di magnetizzazione, quello della corrente di misura e della d. d. p. esistente ad ogni istante agli estremi della resistenza di cui si studiavano le variazioni.

Una grave difficoltà da superare fu quella di eliminare l'effetto della f. e. m. indotta nel provino per effetto delle variazioni di campo magnetico. Kapitza adottò il sistema di interrompere periodicamente la corrente di misura, prendendo in considerazione, nell'oscillogramma delle d. d. p., le sole ampiezze corrispondenti alla chiusura o alla apertura di essa. Con questa corrente variabile è anche possibile amplificare di molto le variazioni di d. d. p., ricorrendo ad un trasformatore con nucleo di *mumetal*, opportunamente studiato allo scopo di non provocare distorsioni nelle curve da registrare. Vedremo però come l'uso di questa corrente variabile abbia reso necessaria un'altra correzione.

Su moltissime altre particolarità del complesso dispositivo non ci è possibile soffermarsi: conviene però dire qualche cosa sulla costruzione del solenoide magnetizzante che, per le notevoli correnti che dovevano attraversarlo, venne studiato in modo speciale.

Il Kapitza si preoccupava giustamente delle forze di natura elettrodinamica che si originano tra spira e spira, al passaggio della corrente. Con considerazioni teoriche egli dimostrò che le migliori condizioni di robustezza si hanno quando le pressioni che di conseguenza si esercitano nella massa dei conduttori che costituiscono l'avvolgimento è uniformemente distribuita, il che non può avvenire nel caso considerato altro che se la sezione assiale interna del solenoide coincide colle linee di forza magnetica che giacciono sul medesimo piano della sezione. Questo però non impedì che i primi solenoidi si spezzassero, o meglio scoppiassero, in seguito alle enormi tensioni a cui venivano assoggettati i fili dell'avvolgimento (alcune tonnellate per $cm^2$).

Infine venne costruito un solenoide con filo di rame legato al 2 % di cadmio, che presenta una resistenza meccanica molto maggiore di quella del rame puro, con una resistenza elettrica superiore a quella del rame del 10 % appena. Di questo filo, la cui sezione venne scelta in modo che la corrente variabile vi avesse una sufficiente penetrazione, se ne avvolsero alcuni strati, cercando che l'impedenza del solenoide risultasse eguale a quella della macchina.

Avendo il Kapitza osservato che le forze elettrodinamiche hanno il doppio effetto di svolgere l'avvolgimento e di far aumentare il diametro del solenoide, prevenne le conseguenze di queste due deformazioni con una grossa fasciatura di nastro di acciaio temprato destinata ad impedire le dilatazioni diametrali, mentre per permettere lo svolgimento delle spire dovette ricorrere a un contatto scorrevole assiale, di non facile realizzazione, se si pensa alla enorme corrente che per esso deve passare.

In tal modo vennero raggiunti dei campi di circa 400 000 gauss, per i quali il Kapitza calcola che le pressioni interne globali si aggirino sulle 100 tonnellate: non si sa davvero come gli isolanti possano resistere a tali sforzi, sforzi i quali potrebbero domani ritenersi esigui di fronte a quelli che corrisponderebbero a intensità di campo quasi triple, come possono ottenersi colla apparecchiatura descritta, progettata per raggiungere appunto campi così intensi.

Uno speciale accorgimento fu necessario anche per la misura dei campi: fu trovato che l'acciaio avvolto intorno al solenoide ha un'influenza trascurabile sul valore di essi dai 45 000 gauss in poi, essendo questo metallo completamente saturato già per tali campi. Venne pertanto determinata la costante del solenoide, colla quale si possono conoscere i campi prodotti, in funzione della corrente adoperata, con una precisione che si aggira sull'1 %.

La fig. 4 fa vedere lo schema dei circuiti di misura e di magnetizzazione, mentre il solenoide vi è disegnato in sezione, secondo un piano assiale, per poter vedere alcuni particolari costruttivi. Vi si notano inoltre gli interruttori automatici della corrente di misura, la quale, come si è detto, viene anche interrotta parecchie volte al secondo a mezzo dell'interruttore a settori *A*; l'impiego di questo interruttore, se offre dei vantaggi, richiede però anche delle nuove correzioni, particolarmente importanti nel bismuto.

Infatti misure di Lenard (1890) hanno messo in evidenza una notevole differenza tra le variazioni di resistenza che per il medesimo campo si producono nel *Bi*, a seconda che è percorso

da corrente continua o alternata; la variazione è maggiore se la corrente è alternata, ma la differenza è solo apparente, come fu dimostrato più tardi, quando si trovò che per tali correnti variabili si desta nel *Bi* posto nel campo magnetico una c.f.e.m., la cui presenza si può verificare per un certo tempo dopo eliminata la corrente; essa riduce, in apparenza, la resistenza ohmica, quando è diretta in modo da far passare una corrente concorde a quella di misura, la aumenta nel caso contrario.

Per eliminare tale disturbo il Kapitza trovò che era necessario ricondursi a condizioni d'esperienza tali da poter ritenere che

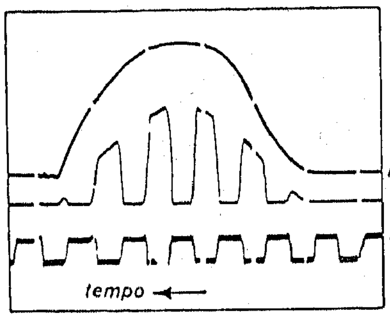



Fig. 5. - Oscillogramma delle tre variabili principali in un processo di magnetizzazione fino a 300 000 gauss.

tutto avvenga come se la corrente si stabilisse immediatamente nel conduttore, non lasciando alla f. e. m. il tempo per svilupparsi. Lo stesso interruttore a settori permette pertanto di fare la correzione, purchè nell'oscillogramma dentellato che così si ottiene (fig. 5) si prendano in considerazione, per la determinazione della vera caduta ohmica, le sole ordinate che corrispondono all'inizio ed alla fine di ogni interruzione.

***

Questa, per sommi capi, è la grandiosa attrezzatura con cui il Kapitza si è accinto a studiare le variazioni di resistenza che si producono nei metalli colla magnetizzazione. Le esperienze condotte sul *Bi* e su molti altri metalli furono fatte tutte alle tre temperature seguenti $+10°$, $-80°$, $-180°$, ponendo il campione da studiare rispettivamente nell'aria ambiente, in un miscuglio di etere etilico e anidride carbonica, e nell'azoto liquido, contenuti questi ultimi in un vaso di Dewar del diametro esterno di 1 cm circa e interno di cm 0,6 (fig. 4).

Una certa cura doveva esser posta nel fissaggio del supporto entro alla bottiglia coll'azoto liquido, perchè il paramagnetismo di questo esagevava di molto il diamagnetismo di certi metalli, dando origine, all'atto della applicazione del campo a forze di repulsione variabili da 4 a 20 kg/cm², capaci di espellere il supporto.

L'indagine venne dapprima portata sul bismuto, studiando con particolare cura l'effetto che si produce nei singoli cristalli, interessante perchè si può mettere in relazione colle direzioni cristallografiche di essi. In tale occasione, essendo stata fatta dal Kapitza una ricerca preliminare sulla formazione dei monocristalli di *Bi* e sulle varie cause che favoriscono una cristallizzazione imperfetta, contribuendo così alla completa conoscenza delle proprietà fisiche di tali cristalli, venne in particolare mostrato come la resistenza elettrica specifica di essi subisca notevoli variazioni in relazione con tutte le imperfezioni o fratture del reticolo cristallino; data la grande perfezione raggiunta nella cristallizzazione si può ritenere che il *Bi*, che, come è noto, cristallizza nel sistema esagonale simmetrico, possegga a 16° C le seguenti resistività:

lungo l'asse ternario $(1{,}34 \cdot 10^{-4} \pm 1\%)\ \text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$.

perpendicolarmente a questo asse $(1{,}07 \cdot 10^{-4} \pm 1\%)\ \text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$.

***

Passiamo ora alla descrizione dei risultati conseguiti nello studio della resistenza in funzione dei campi magnetici intensi così ottenuti.

Per facilitare l'esposizione conviene vedere subito la legge che regola tali variazioni di resistenza fino ai campi più intensi, sia paralleli che perpendicolari alla corrente di misura, quale fu dedotta da Kapitza in base ai risultati delle sue misure sul *Bi* e su altri trentacinque metalli puri (1). Furono tuttavia usati di preferenza campi perpendicolari alla corrente, poichè in tal caso l'effetto è circa mille volte maggiore dell'effetto longitudinale.

In tutti questi metalli, eccettuati come al solito i ferromagnetici, e qualche altro metallo come il mercurio, il gadolinio, ecc.,

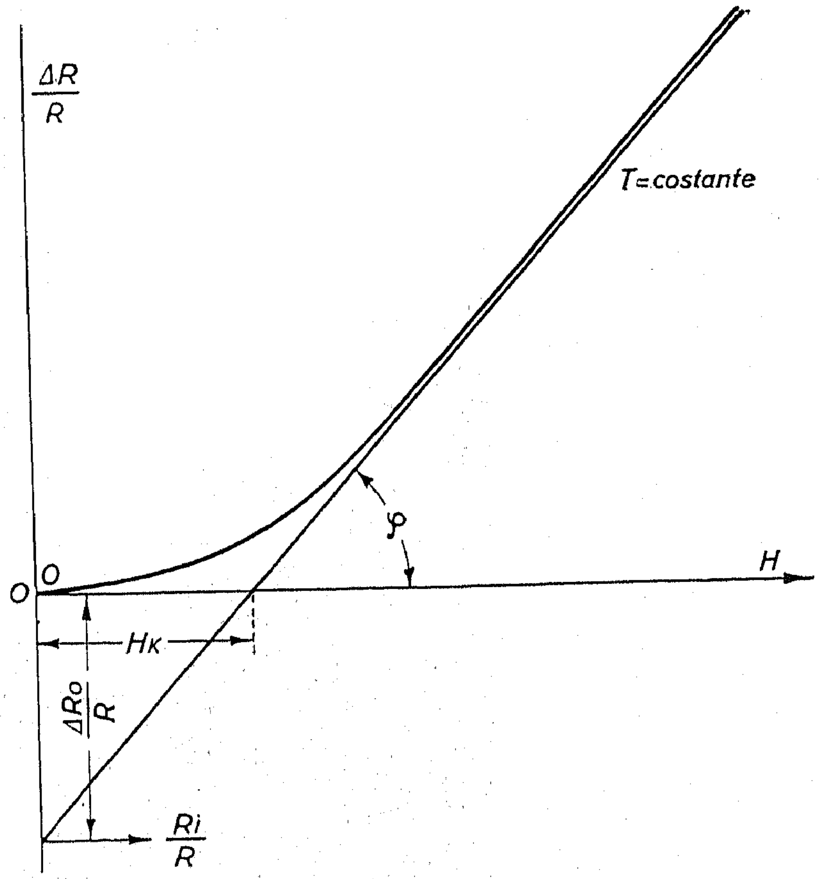



Fig. 6. - Andamento generico delle variazioni di resistenza elettrica a temperatnra costante per effetto di campi magnetici intensi.

si trovò che le variazioni di resistenza avvengono, per tutte le temperature, secondo il diagramma della fig. 6, in cui le ascisse sono i campi magnetici, variabili tra 0 e 320 000 gauss, e le ordinate sono le variazioni di resistenza subite da ogni unità della resistenza che il metallo presentava in campo nullo, alla temperatura d'esperienza.

Lo studio di esso ha portato alla conclusione che le variazioni di resistenza che si producono al disotto di un certo campo $H_k$ sono rappresentate con buona approssimazione dalla relazione quadratica

$$\frac{\Delta R}{R} = \beta \frac{H^2}{3 H_k}. \qquad (1)$$

Oltre questo campo vale invece la legge

$$\frac{\Delta R}{R} = \beta \left( H - H_k + \frac{H^2_k}{3\, H} \right), \qquad (2)$$

che per $H$ abbastanza grande può ritenersi l'equazione di una retta di coefficiente angolare $\beta = \operatorname{tg} \varphi$, la cui ordinata all'origine è

$$\frac{\Delta R_0}{R} = -\beta H_k.$$

(1) KAPITZA: *Proc. Roy. Soc.* (*A*) 119, 1928, pag. 358 — *Proc. Roy. Soc.* (*A*) 123, 1929, pag. 292.

Appare quindi manifesto il significato di $H_k$ (campo critico), e quello di $\beta$: infatti, chiamando resistenza reale la $R$, resistenza ideale la $R_i = R - \Delta R_0$, e resistenza addizionale la $\Delta R_0$, si può concludere che, immaginando di partire da una intensità del campo alla quale la legge di variazione della resistenza è lineare, e diminuendo lentamente il campo impedendo contemporaneamente il gioco di quelle cause che danno origine alla parte quadratica della curva, si dovrebbe pervenire, per $H = 0$, ad una resistenza minore di quella che effettivamente si misura a campo nullo, resistenza che avrebbe il valore ideale $R_i$.

Questo concetto teorico conduce a deduzioni che sono in perfetto accordo coi dati sperimentali perchè, ricordando come il Kapitza abbia dimostrato nel suo studio sulle proprietà dei cristalli di *Bi* che le imperfezioni strutturali o le impurità conducono sempre a resistenze specifiche maggiori, si può immaginare che l'applicazione di un campo magnetico esterno eserciti sul metallo, più esattamente sui suoi atomi, delle perturbazioni analoghe a quelle che si producono per deformazione del reticolo o per la presenza di atomi estranei. Secondo questo ordine di idee il Kapitza ammise che nei metalli esista una causa perturbatrice rappresentabile con un vettore $h$, che potrebbe essere considerata omogenea ad un campo magnetico, la cui distribuzione è inizialmente causale. La variazione di resistenza che si produce per l'applicazione di un campo esterno è quindi la risultante di questo campo e di quello interno, tanto meno sensibile quanto più intenso è quello esterno.

Di conseguenza, immaginando di annullare il campo interno $h$, la resistenza del conduttore dovrebbe ridursi per $H = 0$ alla sola $R_i$. Resta così spiegato anche il significato delle diverse denominazioni introdotte da Kapitza; rimarchevole poi è il fatto che il calcolo da lui svolto, tenendo conto della perturbazione $h$, conduce in definitiva alle due relazioni seguenti:

$$\frac{\Delta R}{R_i} = \beta_0 \frac{H^2}{3\,H_k} \qquad \text{per } H \leqq H_k \ ; \ (1')$$

$$\frac{\Delta R}{R_i} = \beta_0 \left(H - H_k + \frac{H_k^2}{3\,H}\right) \quad \text{per } H \geqq H_k \ ; \ (2')$$

le quali differiscono dalle formule (1) e (2) soltanto perchè le variazioni di resistenza sono rapportate alla $R_i$, anzichè alla $R$, e poi perchè il coefficiente $\beta_0$ è funzione della resistenza reale e della resistenza ideale secondo la relazione

$$\frac{\beta_0}{\beta} = \frac{R_i}{R}.$$

Ciò premesso, ecco a quali conclusioni arriva il Kapitza nel caso dei monocristalli di bismuto.

1) Ad una data temperatura, costante, solo la parte della curva che corrisponde alla legge quadratica risente della orientazione del cristallo rispetto al campo.

2) Lo stato di purezza del provino non influisce sensibilmente sulla prima parte della curva; solo nei campi più intensi vengono ad essere influenzati $\beta$ ed $H_k$, i quali diminuiscono al crescere delle impurità.

3) Lo stato fisico del metallo ha notevole influenza sul coefficiente $\beta$, e quindi sulla resistenza addizionale, mentre $H_k$ si mostra indipendente da esso insieme colla resistenza ideale.

4) Le imperfezioni del reticolo cristallino si fanno sentire solo sul valore di $H_k$.

5) Il diminuire della temperatura esalta, in tutti i campi, le variazioni di resistenza, secondo una legge che molto probabilmente è esponenziale.

6) La resistenza addizionale non risente nessuna influenza sensibile da parte della temperatura; invece al diminuire di questa $H_k$ decresce notevolmente.

7) La resistenza ideale dipende esclusivamente dalla temperatura, e diminuisce con questa.

Qualche numero relativo al *Bi* farà meglio comprendere la dipendenza delle $\frac{\Delta R}{R}$ dalla temperatura. Un campo di 320 000 gauss provoca variazioni tali che il rapporto $\frac{\Delta R}{R}$ che a 15° C. ha il valore 50, assume i valori 450 e 2250 quando si passa rispettivamente alle temperature di —80° e —185° C. Contemporaneamente $H_k$, che alla temperatura ambiente è superiore ai 320 000 gauss, diventa di 120 000 gauss a —80°, e di 70 000 gauss a —185° C.

Analogamente per gli altri metalli, studiati tutti allo stato di aggregati a struttura microcristallina, con purezze di circa il 99,99 %, fu trovato un comportamento affine a quello del *Bi*: esso soddisfa a tutte le condizioni enunciate nel caso dei monocristalli, esclusa ovviamente la prima. In particolare, a temperatura costante si può ritenere che la resistenza addizionale di un filo metallico, $\Delta R_0$, dipenda strettamente dallo stato fisico del provino, diminuendo notevolmente coll'incrudimento.

La resistenza ideale si presenta invece indipendente dalle perturbazioni di natura chimica e fisica e, per ogni metallo, è funzione della sola temperatura, tanto da potersi considerare, ad una certa temperatura, come una costante caratteristica del metallo, anche perchè essa è indipendente dalla orientazione della corrente rispetto al campo.

Al contrario la resistenza addizionale risente in sommo grado delle imperfezioni del reticolo, anche se dovute ad impurità; dipende inoltre dalla orientazione del provino, e varia pochissimo al variare della temperatura.

***

Interessa ora vedere come l'interpretazione teorica di queste variazioni di resistenza induca a ritenere che esista una certa affinità tra magnetoresistenza e sopraconduttività.

È noto che se si raffredda gradatamente un metallo la sua resistenza diminuisce sempre più lentamente, finchè, in vicinanza della temperatura dell'idrogeno liquido (— 240° C), la resistenza della maggior parte dei metalli si mostra indipendente dalla temperatura. Questa resistenza è diversa da zero, e vi rimane fino alla temperatura della zero assoluto, dove determina

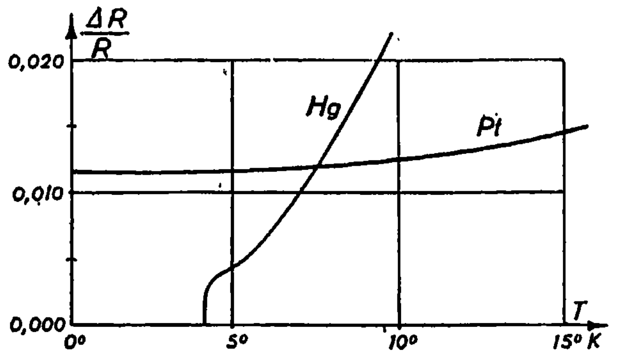



Fig. 7. - Variazioni della resistenza elettrica in funzione della temperatura assoluta in metallo non sopraconduttore (*Pt*) o sopra conduttore (*Hg*).

il valore della resistenza residua come intersezione della curva coll'asse delle ordinate (Vedi fig. 7, caso del platino). Pochi altri metalli invece, per piccole diminuzioni della temperatura intorno ad un certo valore (punto di transizione) acquistano bruscamente una resistenza che, rispetto a quella che avevano a 0° C, è dell'ordine di $10^{-12}$; il metallo è divenuto sopraconduttore (Vedi fig. 7, caso del mercurio).

Speciali metodi di misura sono necessari per apprezzare resistenze così piccole: in generale si suole rilevare la legge di decrescenza in funzione del tempo, di un'intensa corrente che viene eccitata elettromagneticamente nel circuito sopraconduttore, chiuso su se stesso, e vi permane per delle ore, ed anche per dei giorni, senza richiedere alcuna f. e. m. oltre a quella

iniziale. Misurando l'intensità di questa corrente in base alla sua azione magnetica si può infatti risalire al valore della resistenza a mezzo della

$$I = I_0 \, e^{-\frac{R}{L} t}$$

dalla quale si ha

$$R = \frac{L}{t} (\log I_0 - \log I).$$

Ora, il fatto che un metallo reso sopraconduttore perde questa proprietà se viene assoggettato ad un campo magnetico sufficientemente intenso, e lo stesso succede se la corrente che si induce nel sopraconduttore supera una certa intensità, che deve essere in relazione, attraverso il valore del campo magnetico circolare ad essa concatenato, col valore del campo che fa sparire la sopraconduttività, fa pensare che esista qualche legame tra magnetoresistenza e sopraconduttività.

Non per caso, dunque, troviamo nel linguaggio di Kapitza denominazioni affini a quelle che K. Onnes aveva introdotto nello studio della sopraconduttività, dato che anche egli, molti anni prima, aveva chiamato resistenza residua quella resistenza che sovrapposta alla resistenza ideale, dipendente dalla sola temperatura, fa si che non tutti i metalli, pur raffreddati convenientemente, divengano sopraconduttori.

L'affinità apparve più stretta, almeno sotto un certo punto di vista, quando fu possibile dimostrare che esiste una notevole coincidenza tra i valori numerici della resistenza residua di 14 metalli, non tutti sopraconduttori, misurate da K. Onnes e Tuyn, e quelli della resistenza addizionale misurata da Kapitza per gli stessi metalli, coincidenza che permane anche se si ripetono le due misure dopo aver disturbato comunque l'assetto molecolare.

La seguente tabella (1) mostra appunto come, data la difficoltà di tali misure, possa ritenersi verificata l'identità tra la resistenza addizionale e quella residua.

| *Metallo* | *Res. residua* | *Res. addizionale* |
|---|---|---|
| *Li* | 0,007 | 0,01 |
| *Cu* | 0,024 ÷ 0,0015 | 0,023 ÷ 0,018 |
| *Ag* | 0,023 ÷ 0,0054 | 0,015 ÷ 0,013 |
| *Au* | 0,045 ÷ 0,008 | 0,016 ÷ 0,012 |
| *Zn* | 0,016 ÷ 0,007 | 0,050 ÷ 0,014 |
| *Cd* | 0,024 ÷ 0,020 | 0,027 ÷ 0,009 |
| *Hg* | 0,049 | 0,037 |
| *Al* | 0,06 ÷ 0,04 | 0,024 ÷ 0,011 |
| *In* | 0,06 ÷ 0,03 | 0,032 |
| *Tl* | 0,03 ÷ 0,029 | 0,0163 |
| *Sn* | 0,012 ÷ 0,011 | 0,018 |
| *Pb* | 0,047 ÷ 0,030 | 0,040 |
| *Pd* | 0,051 ÷ 0,009 | 0,006 |
| *Pt* | 0,020 ÷ 0,006 | 0,011 |

Si è indotti dunque a pensare che la sopraconduttività sia un fenomeno del tutto generale per i metalli puri: in tutti i metalli esisterebbe una resistenza addizionale, residua, legata alla natura fisica e chimica di essi, eliminabile col raffreddamento solo per alcuni di essi, i sopraconduttori. Lo studio della magnetoresistenza a diverse temperature viene in tale senso a confermare la deduzione; infatti, ricordando le caratteristiche generali di tale fenomeno e l'influenza che il campo magnetico ha sulla sopraconduttività, si può concludere che il campo $H$ agisce, a tutte le temperature, in modo analogo al campo perturbatore $h$, contribuendo ad aumentare la resistenza addizionale.

(1) Da un articolo di L. Bloch: *Revue Gén. des Sciences pures et appliquées*, T. 41, 5. 1930, pp. 135÷145.

Noi possiamo pertanto immaginare che, quando gli atomi di un metallo si trovano sottoposti alla agitazione termica relativa alla sua temperatura, ostacolata dalla presenza di atomi estranei che, assieme alle tensioni meccaniche, rendono imperfetta la struttura cristallina, l'applicazione di un campo magnetico equivalga sempre alla sovrapposizione di una nuova causa perturbatrice, che si rende tanto più sensibile quanto più bassa è la temperatura; il fatto che le variazioni di resistenza per magnetizzazione sono soltanto positive viene a confermare l'ipotesi.

Inoltre il fatto che la pendenza dell'asintoto, cioè $B$, aumenta al diminuire della temperatura, mentre contemporaneamente diminuisce il valore di $H_k$, che secondo la teoria di Kapitza, dà la misura del campo interno $h$, mostra come le perturbazioni, di cui $h$ è l'indice, possano rendersi tanto meno sensibili quanto maggiore è il raffreddamento, finchè, ad una certa temperatura, esse possono sparire in alcuni metalli, dando luogo allo stato sopraconduttore.

***

In conclusione, i lavori di Kapitza conducono a ritenere che l'andamento normale del fenomeno di variazione di resistenza elettrica per magnetizzazione nei metalli non ferromagnetici sia quello per il quale gli aumenti di resistenza sono direttamente proporzionali alla prima potenza del campo magnetico. E se al disotto del campo critico le $\Delta R / R$ soddisfano ancora alla legge quadratica, ciò deve essere considerato come una anomalia dovuta al concomitante effetto delle perturbazioni anzidette e del campo magnetico applicato.

Dalle cose esposte sembra altresì che lo studio della sopraconduttività e quello della magnetoresistenza si completino a vicenda, permettendo di arrivare ad una logica spiegazione di entrambi, fondata su principii che sembrano essere la causa di ambedue i fenomeni.

Pertanto nessuna delle teorie sin ora sviluppate per spiegare questo gruppo di fenomeni resta valida, dato che esse sono state ottenute in base alla ipotesi della deviazione dei percorsi elettronici da parte del campo magnetico, l'unica che permetteva di arrivare ad una legge quadratica quale era quella trovata sperimentalmente fino ai massimi campi ottenuti prima delle misure di Kapitza. Sono dunque da scartare le teorie di J. J. Thomson e di Gans; anche la più recente, quella di Sommerfeld, conduce in questo caso a risultati erronei, essendosi egli limitato alla applicazione della statistica di Fermi-Dirac alla trattazione del problema della conducibilità metallica senza introdurre, volutamente, concetti o ipotesi sulle mutue azioni tra atomi ed elettroni nei metalli, che fossero diverse da quelle che avevano costituito la base delle precedenti teorie elettroniche.

Nè si può parlare di variazioni di concentrazione elettronica dovute al campo magnetico, perchè in tal caso queste dovrebbero essere indipendenti dalla direzione della corrente rispetto al campo, contrariamente a quanto succede.

D'altra parte non si può ammettere, come fanno Houston e Bloch, l'esistenza di perturbazioni del reticolo cristallino da parte di un campo uniforme, perchè queste non dovrebbero verificarsi in un reticolo cubico, simmetrico per eccellenza, e si dovrebbero quindi trovare comportanenti differenti per i metalli a reticolo cubico e per quelli a reticolo non cubico, il che non succede affatto.

Invece il fatto che i valori del coefficiente β (pendenza dell'asintoto), determinati per diversi metalli alla stessa temperatura, e i valori della resistenza addizionale mostrano una periodicità concorde a quella della classificazione periodica degli elementi, e la notevole affinità che esiste tra magnetoresistenza e sopraconduttività, inducono il Kapitza a ritenere che la causa delle variazioni di resistenza sia da ricercarsi in un

effetto essenzialmente atomico quale sembra essere anche il fenomeno della sopraconduttività, dato che solo i metalli aventi 2, 3, 4 elettroni periferici possono diventare sopraconduttori.

Secondo Kapitza la causa delle variazioni di resistenza per magnetizzazione consisterebbe in una alterazione, da essa prodotta, della simmetria della struttura periodica dell'atomo, alterazione che, come è noto dall'effetto Ramsauer, aumenterebbe il potere diffusivo di esso per gli elettroni liberi, provocando in definitiva una diminuzione del libero percorso di questi, col risultato di far aumentare la resistenza elettrica. Con questo ordine di idee la diversità numerica tra effetto longitudinale e trasversale si spiegherebbe coll'ammettere che il potere diffusivo degli atomi per gli elettroni in moto sia diverso a seconda che il movimento avviene parallelamente o perpendicolarmente alla direzione della perturbazione magnetica imposta.

Ma siamo nel campo delle pure ipotesi, ed in realtà le interpretazioni dei fenomeni della magnetoresistenza ci appaiono ancora molto incomplete, malgrado le numerose investigazioni teoriche e sperimentali che hanno fatto seguito ai primi lavori di Kapitza. Nella nostra esposizione però è necessario sorvolare sui risultati di questi ultimi lavori, limitandoci a ricordare, tra i tanti, quelli di Meissner e Scheffers, di Peierls, di Sommerfeld e Franch, e infine dello stesso Kapitza (1).

A noi è sufficiente aver mostrato come anche nel campo di questi fenomeni galvanomagnetici una stretta collaborazione tra tecnica e scienza pura abbia dischiuso nuovi orizzonti alla Fisica.

Le ricerche originali di Kapitza si presentano quindi doppiamente interessanti: anzitutto per le nuove vedute che sono venute sviluppandosi sul meccanismo del fenomeno di variazione di resistenza per magnetizzazione e su quello di moltissimi altri effetti galvanomagnetici, e poi perchè esse danno un notevole impulso a nuove indagini, che non mancheranno di contribuire ad una migliore conoscenza delle intrinseche proprietà della materia, dei metalli in particolare.

ANGELO DRIGO.

---

(1) MEISSNER U. SCHEFFERS: *Phys. Zts.* 30, 1929, pag. 827. — PEIERLS: *Leipziger Vorträge.* (Electronen Interferenzen). Lipsia, 1930, pp. 73÷85.
— SOMMERFELD U. FRANCH: *Rev. of. modern Phys.* (3), 1, 1931.
— KAPITZA: *Proc. Roy. Soc.* (*A*), 126, 1930, pag. 683.

ING. DOTT. CATALDO AGOSTINELLI

# Sulla distribuzione del campo elettrico negli archi dei forni a corrente alternata per la fusione dell'acciaio


SOMMARIO

Premesse. — 1. Natura fisica dell'arco. — 2. Distribuzione del campo elettrico tra un elettrodo verticale e un piano orizzontale a potenziale zero in assenza di arco. — 3. Distribuzione del campo elettrico in presenza dell'arco e in condizioni di regime. — 4. Influenza del campo magnetico. — 5. Oscillogrammi della tensione e della corrente negli archi.


## PREMESSE.

L'arco di cui ci occupiamo è quello che avviene tra un elettrodo verticale a sezione circolare, generalmente di carbone o di grafite, a determinato potenziale, e un piano orizzontale a potenziale zero, costituito dalla superficie del metallo fuso, quale si riscontra nei forni delle moderne fonderie di acciaio.

D'altronde lo studio è teoricamente valido anche nel caso in cui l'arco scocca tra due elettrodi allineati a potenziali opposti, quando uno di essi si possa considerare come l'immagine dell'altro rispetto al piano mediano ideale normale all'asse comune e a potenziale zero.

Riassunte le odierne vedute sulla natura fisica dell'arco si considera innanzi tutto la distribuzione del potenziale tra elettrodo verticale e piano orizzontale in assenza di arco, nell'ipotesi che la superficie estrema dell'elettrodo, di solito a forma tronco-conica, si possa ritenere una falda di un iperboloide rotondo e si applica quindi, adottandola al caso in esame, la nota e classica distribuzione di ellissi ed iperboli omofocali contenute in piani per l'asse $z$, servendosi delle coordinate ellittiche, che in tal caso, in modo molto semplice ed elegante, conducono ai risultati cercati.

Per quanto poi riguarda il potenziale nell'arco se ne è stabilita l'equazione differenziale in base a diverse ipotesi semplificative e si è arrivati alla conclusione probabile che le cariche elettriche in movimento che generano l'arco alterano di poco la distribuzione che si ha in assenza di esso.

Nel caso specifico dei forni trifasi con tre elettrodi verticali disposti ai vertici di un triangolo equilatero, viene poi studiata l'influenza esercitata su un arco del campo magnetico generato dagli altri due e infine vengono esposti alcuni oscillogrammi rilevati dagli archi di un forno elettrico Fiat.

## 1. – NATURA FISICA DELL'ARCO.

Il fenomeno è tanto importante sia dal punto di vista industriale, come mezzo di trasformazione di enormi quantità di energia elettrica in calore, quanto e sovratutto dal punto di vista fisico, se si pensi che esso è all'origine degli studi su cui sono fondate le recenti teorie della costituzione della materia.

Nell'industria esso ha acquistato una estrema docilità, tanto che un inconscio e modesto operaio lo manovra e regolarizza a suo beneplacito, deducendone degli effetti utili portentosi, quale la fusione di enormi quantità di metallo.

La causa di quel fenomeno dai bagliori violetti e fonte di tanto calore, è dovuta, come è noto, al movimento di miriadi di particelle, gli *elettroni*, che della materia non hanno che l'attributo fondamentale, l'inerzia, la cui massa ($0{,}901 . 10^{-27}$ grammi), è circa la duemillesima parte di quella dell'atomo di idrogeno, che è il più piccolo nella scala degli elementi, senza tuttavia poter attribuire a quella massa l'ordinario carattere ponderale.

Quelle particelle cariche di una quantità estremamente piccola e indivisibile di elettricità ($4{,}77 . 10^{-10}$ u. e. s.), e di segno negativo, viaggiando per effetto del campo elettrico verso l'elettrodo che nell'intervallo di tempo in cui si considera il fenomeno funziona da anodo, con velocità dell'ordine di un decimo a un centesimo di quella della luce, determinano nell'urto contro gli elettrodi la trasformazione della loro forza viva in luce e calore.

Secondo Rutherford, l'atomo, ad immagine del sistema planetario, con una concezione che avvicina l'immensamente grande all'immensamente piccolo, è costituito da un nucleo centrale intorno a cui ruotano descrivendo delle orbite chiuse, circolari o ellittiche, delle particelle elementari cariche di elettricità negativa che sono appunto i così detti *elettroni*, e il cui numero è in relazione alla natura chimica dell'elemento a cui quell'atomo appartiene.

L'atomo è essenzialmente neutro e la perdita da parte di esso di un elettrone gli fa assumere una carica positiva, in valore assoluto uguale a quella dell'elettrone medesimo.

La separazione di un elettrone dall'atomo neutro e quindi la scissione di questo in un elettrone e in una parte residua detta *ione positivo*, costituisce il fenomeno della *ionizzazione*.

La ionizzazione avviene facilmente nei gas quando essi sono portati ad elevata temperatura, poichè coll'aumentare della temperatura aumenta il raggio dell'orbita degli elettroni e quindi diminuisce l'azione attrattiva del nucleo, aumenta la velocità e quindi la forza viva delle particelle gassose e perciò la possibilità che per collisione sia strappato un elettrone dall'atomo, quando la loro energia cinetica abbia superata quella necessaria per separare un elettrone dal nucleo.

La separazione di un secondo elettrone è generalmente più difficile, richiedendo le particelle un'energia maggiore per vincere l'azione più energica del campo creato dal nucleo con carica doppia in confronto al secondo elettrone da estrarre.

La ionizzazione di un gas può avvenire anche per urto di particelle con ioni ed elettroni, come pure l'urto di un ione con un elettrone può produrre la continuazione di essi e la formazione di un atomo neutro.

Il cammino medio degli ioni e degli elettroni in un gas ionizzato è evidentemente tanto più elevato, quanto più rarefatto è il gas, ovvero quanto più bassa è la pressione, diminuendo le probabilità di urto di ioni ed elettroni fra di loro e colle particelle neutre.

In tal caso il movimento degli elettroni in un senso e degli ioni in senso contrario crea una intensità di corrente che è funzione della temperatura del gas. Ma quando, come nel caso dell'arco elettrico, il gas ionizzato (aria e particelle di metallo e di

carbone volatilizzate), a pressione pressochè ordinaria, è compreso tra due elettrodi fra cui sussiste una notevole differenza di potenziale, il movimento delle particelle ionizzate avviene secondo le linee di forza del campo e con velocità dipendente quasi unicamente dalla stessa differenza di potenziale e nel senso determinato dal segno della carica elettrica posseduta.

Tale velocità si può supporre nulla nel punto di partenza da un elettrodo e mano mano crescente coll'avvicinarsi all'altro elettrodo; anzi vedremo che cresce colla radice quadrata del salto di potenziale nella posizione che si considera.

Il cammino si può ritenere che avvenga integralmente da un elettrodo all'altro, potendosi nelle condizioni di regime e per potenziali sufficientemente elevati, trascurare il numero delle collisioni durante il percorso in confronto di quelle che si hanno contro gli elettrodi.

La doppia corrente che così si stabilisce di elettroni muoventesi dal catodo all'anodo e di ioni in senso contrario è quella che costituisce l'arco e ne determina l'intensità di corrente, il cui valore assoluto dipende e dal numero delle particelle ionizzate e dalla loro velocità.

Abbiamo già detto che il movimento degli elettroni si ha anche in assenza del campo elettrico per effetto dell'elevata temperatura delle estremità degli elettrodi e del gas fra essi interposto, e il loro numero e la loro velocità dipende appunto dalla temperatura.

Trattandosi però di un ambiente non rarefatto, ma a pressione quasi ordinaria, essi creano una corrente estremamente debole, pel fatto che la velocità degli elettroni è limitata dagli urti contro le particelle del gas interposto.

Pur tuttavia questo movimento di elettroni facilita l'innesco dell'arco, all'atto della messa in tensione, tanto più facilmente quanto più elevata è la temperatura, più piccola la distanza distruttiva e maggiore la differenza di potenziale. E ciò è tanto vero se si osservi che con elettrodi freddi l'innesco dell'arco bisogna effettuarlo portando leggermente, ma direttamente a contatto le loro estremità. A causa della resistenza nel contatto si ha istantaneamente forte sviluppo di calore per effetto Joule e rapido innalzamento della temperatura, principio di fusione del metallo, di volatilizzazione e disintegrazione di particelle degli elettrodi, con produzione di elettroni liberi nelle vicinanze del contatto e quindi di scariche laterali.

Allontanando poi lentamente gli elettrodi la scarica si mantiene fino a un dato limite e l'arco si può così regolare in lunghezza fino a dare l'intensità di corrente voluta.

Quando invece l'ambiente in cui avviene la formazione dell'arco e le estremità stesse degli elettrodi sono ad elevata temperatura, l'arco si forma prima del contatto nell'atto del loro avvicinamento. Anzi è noto come nei forni elettrici, dopo una breve interruzione di corrente per cause esterne, all'atto della messa in tensione, se gli elettrodi non sono stati in precedenza sufficientemente sollevati, si hanno dei colpi violenti di corrente, paragonabili a veri e propri corti circuiti.

Poichè la massa degli ioni positivi è quasi uguale a quella dell'atomo a cui appartengono ed ha quindi un valore notevolmente grande in confronto di quella degli elettroni (nel caso dell'idrogeno circa 2000 volte), la loro velocità è notevolmente inferiore a quella degli elettroni (nel rapporto inverso della radice quadrata delle masse), per cui praticamente si può ritenere che la corrente nell'arco sia quasi integralmente prodotta dal movimento degli elettroni.

Ciò premesso passiamo ora innanzi tutto allo studio della

### 2. – Distribuzione del campo elettrico tra un elettrodo verticale e un piano orizzontale a potenziale zero in assenza di arco.

Poichè, come è noto, l'estremità di un elettrodo di carbone a sezione circolare in condizioni di regime assume, a causa del consumo per ossidazione e volatilizzazione, una forma tronco-conica che si avvicina molto a quella di una falda di un iperboloide rotondo, possiamo ritenere con sufficiente approssimazione che le superfici equipotenziali siano costitute da un sistema di falde di iperboloidi di rotazione che si estendono dalla superficie dell'elettrodo a potenziale dato $V_1$, a quella del piano messo a terra, come caso limite, e quindi in ogni piano per l'asse di rotazione le linee equipotenziali costituiscono un sistema di iperboli omofocali.

Ciò posto assumiamo come asse $z$ l'asse dell'elettrodo, come piano $x\ y$ quello del metallo fuso, sia

$$(1)\qquad \frac{z^2}{c^2} - \frac{x^2+y^2}{a^2} = 1$$

l'equazione della superficie terminale dell'elettrodo e introduciamo un sistema di coordinate ellittiche $\lambda_1$, $\lambda_2$, date dalle radici dell'equazione

$$(2)\qquad \frac{z^2}{c^2+\lambda} + \frac{x^2+y^2}{-a^2+\lambda} = 1$$

e definite negli intervalli

$$(3)\qquad -c^2 < \lambda_1 < a^2 < \lambda_2 < \infty$$

In ogni piano passante per l'asse $z$ le linee $\lambda_1$ = cost. e $\lambda_2$ = cost., costituiscono un doppio sistema ortogonale rispettivamente di iperboli ed ellissi omofocali. Perciò, nelle ipotesi fatte, il potenziale $V$ sarà funzione unicamente del parametro $\lambda_1$ e si ricava:

$$(4)\qquad V = \frac{V_1}{2\,m} \log \frac{\sqrt{a^2+c^2} + \sqrt{c^2+\lambda_1}}{\sqrt{a^2+c^2} - \sqrt{c^2+\lambda_1}} \quad (*)$$

(*) Infatti, se nel modo più generale

$$(1)\qquad \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1$$

è l'equazione di un iperboloide a due falde con $b < a$ e si considera l'equazione di 3° grado in $\lambda$

$$(2)\qquad \frac{x^2}{\lambda - a^2} + \frac{y^2}{\lambda - b^2} + \frac{z^2}{\lambda + c^2} = 1$$

questa, come è noto, per ogni punto $(x, y, z)$ dello spazio, ammette sempre tre radici reali $\lambda_1$, $\lambda_2$, $\lambda_3$, definite negli intervalli

$$(3)\qquad -c^2 < \lambda_1 < b^2 < \lambda_2 < a^2 < \lambda_3 < \infty,$$

le quali individuano un sistema triplo ortogonale di superfici costituite rispettivamente di iperboloidi a due falde, di iperboloidi a una falda ed ellissoidi con coniche omofocali.

Reciprocamente per ogni terna di valori $\lambda = \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ definiti negli intervalli (3), imponendo la condizione che essi soddisfino la (2), si determina un punto $(x, y, z)$ dello spazio, le cui coordinate sono date da:

$$(4)\qquad x^2 = \frac{(\lambda_1 - a^2)(\lambda_2 - a^2)(\lambda_3 - a^2)}{(a^2 - b^2)(a^2 + c^2)};$$

$$y^2 = \frac{(\lambda_1 - b^2)(\lambda_2 - b^2)(\lambda_3 - b^2)}{(b^2 - a^2)(b^2 + c^2)}; \quad z^2 = \frac{(\lambda_1 + c^2)(\lambda_2 + c^2)(\lambda_3 + c^2)}{(a^2 + c^2)(b^2 + c^2)}$$

che si ricavano facilmente osservando che le radici $\lambda_1$, $\lambda_2$, $\lambda_3$ della (2) devono soddisfare all'identità detta di Kirchoff:

$$\frac{x^2}{\lambda - a^2} + \frac{y^2}{\lambda - b^2} + \frac{z^2}{\lambda + c^2} - 1 = -\frac{(\lambda - \lambda_1)(\lambda - \lambda_2)(\lambda - \lambda_3)}{(\lambda - a^2)(\lambda - b^2)(\lambda + c^2)};$$

Il potenziale $V$ in un punto $P\ (x, y, z)$ dello spazio si potrà allora esprimere mediante i parametri $\lambda_1$, $\lambda_2$, $\lambda_3$ (coordinate ellittiche), e la fisica matematica dimostra come l'equazione di Laplace in tal caso diventa:

$$(5)\qquad \Delta_2 V = \frac{1}{H_1 H_2 H_3}\left[\frac{\delta}{\delta\lambda_1}\left(\frac{H_2 H_3}{H_1}\,\frac{\delta V}{\delta\lambda_1}\right) + \frac{\delta}{\delta\lambda_2}\left(\frac{H_3 H_1}{H_2}\,\frac{\delta V}{\delta\lambda_2}\right) + \frac{\delta}{\delta\lambda_3}\left(\frac{H_1 H_2}{H_3}\,\frac{\delta V}{\delta\lambda_3}\right)\right] = 0.$$

dove si è posto

$$(5) \qquad 2\,m = \log\left(\sqrt{a^2+c^2}+c\right) - \log\left(\sqrt{a^2+c^2}-c\right)$$

Dalla (4) si ricava facilmente:

$$(6) \qquad \sqrt{\frac{c^2+\lambda_1}{a^2+c^2}} = \operatorname{th} m\,\frac{V}{V_1}$$

che per ogni valore di $V_1$ ovvero del rapporto $\frac{V}{V_1}$, permette di ricavare il valore di $\lambda_1$ e quindi la superficie equipotenziale corrispondente.

In particolare lungo l'asse $z$, nell'intervallo $(o, c)$, essendo $\sqrt{c^2+\lambda_1} = z$, le (4) e (6) diventano:

$$(4') \; V = \frac{V_1}{2\,m}\log\frac{\sqrt{a^2+c^2}+z}{\sqrt{a^2+c^2}-z}; \quad (6') \; z = \sqrt{a^2+c^2}\,\operatorname{th} m\,\frac{V}{V_1}.$$

Qualora si volesse esprimere $V$ in funzione delle coordinate cartesiane, posto $x^2+y^2 = \rho^2$, si osservi che $\lambda_1$ è la radice minore della (2), vale a dire

$$(7) \qquad \lambda_1 = \frac{1}{2}\left\{(\rho^2+z^2+a^2-c^2) - \sqrt{(\rho^2+z^2+a^2-c^2)^2 - 4\left[a^2z^2-c^2(a^2+\rho^2)\right]}\right\}$$

che, uguagliata a costante compresa fra $-c^2$ ed $a^2$, fornisce l'equazione delle linee equipotenziali nei piani meridiani passanti per l'asse $z$ e che sono archi di iperboli omofocali.

La seconda radice della (2)

$$(8) \qquad \lambda_2 = \frac{1}{2}\left\{(\rho^2+z^2+a^2-c^2) + \sqrt{(\rho^2+z^2+a^2-c^2)^2 - 4\left[a^2z^2-c^2(a^2+\rho^2)\right]}\right\}$$

uguagliata a costante compresa nei limiti da $a^2$ ad $\infty$, fornisce invece, negli stessi piani, l'equazione delle linee di forza che sono archi di ellissi omofocali ed ortogonali alle iperboli precedenti.

Se indichiamo ora con $n$ la normale ad una generica delle superfici equipotenziali, diretta verso l'esterno, l'intensità del campo elettrico è espressa da $E_n = -\frac{dV}{dn}$ e si ricava

$$(9) \qquad E_n = \frac{2\,K}{\sqrt{(\lambda_2-\lambda_1)(a^2-\lambda_1)}}, \quad (^{**})$$

essendo $K = \dfrac{V_1\sqrt{a^2+c^2}}{\log\left(\sqrt{a^2+c^2}+c\right) - \log\left(\sqrt{a^2+c^2}-c\right)}$

In particolare lungo l'asse $z$, essendo $\rho = o$, risulta $\lambda_2 = a^2$, $\lambda_1 = z^2 - c^2$ e perciò

$$(10) \qquad E_z = \frac{2\,K}{a^2+c^2-z^2} = E_c\,\frac{a^2}{a^2+c^2-z^2}$$

dove $E_c = \frac{2\,K}{a^2}$ è l'intensità del campo nel punto $(z = c, \rho = o)$, estremo dell'elettrodo.

Sulla superficie dell'elettrodo, essendo poi $\lambda_1 = o$, l'intensità del campo è data da

$$(11) \qquad E_e = \frac{2\,K}{a\sqrt{\lambda_2}} = E_c\,\frac{a}{\sqrt{\lambda_2}} = E_c\,\frac{a}{\sqrt{\rho^2+z^2+a^2-c^2}}$$

ovvero, essendo sulla superficie dell'elettrodo $\rho^2 = \frac{a^2}{c^2}(z^2-c^2)$,

$$(12) \qquad E_e = E_c\,\frac{a\,c}{\sqrt{(a^2+c^2)\,z^2-c^4}}$$

Per mezzo della (6), (4'), (10), (12), nel caso particolare di $c$ = cm 5, $a$ = cm 0,5 si sono tracciati rispettivamente, in fig. 1, in un piano meridiano, le linee equipotenziali corrispondenti ai valori del rapporto $\frac{V}{V_1}$ = 1; 0,95; 0,9; ....; 0,1; 0,05; 0; nelle figg. 2 e 3 i diagrammi che mostrano come variano sull'asse $z$, nell'intervallo $(o, c)$, il potenziale e l'intensità del campo elettrico, e nella fig. 4 il diagramma del campo elettrico esternamente alla superficie dell'elettrodo e per un'altezza di circa cm 12.

La densità elettrica sull'elettrodo è data, come è noto, da $\sigma = \frac{E_e}{4\,\pi}$, ossia per le (11), (12):

$$(13) \qquad \sigma = \frac{K}{2\,\pi\,a\sqrt{\rho^2+z^2+a^2-c^2}}$$

---

dove, per le (4)

$$(6) \quad \begin{cases} H_1^2 = \left(\dfrac{\partial x}{\partial\lambda_1}\right)^2 + \left(\dfrac{\partial y}{\partial\lambda_1}\right)^2 + \left(\dfrac{\partial z}{\partial\lambda_1}\right)^2 = \dfrac{1}{4}\,\dfrac{(\lambda_2-\lambda_1)(\lambda_3-\lambda_1)}{(\lambda_1-a^2)(\lambda_1-b^2)(\lambda_1+c^2)} \\ H_2^2 = \left(\dfrac{\partial x}{\partial\lambda_2}\right)^2 + \left(\dfrac{\partial y}{\partial\lambda_2}\right)^2 + \left(\dfrac{\partial x}{\partial\lambda_2}\right)^2 = \dfrac{1}{4}\,\dfrac{(\lambda_1-\lambda_2)(\lambda_3-\lambda_2)}{(\lambda_2-a^2)(\lambda_2-b^2)(\lambda_2+c^2)} \\ H_3^2 = \left(\dfrac{\partial x}{\partial\lambda_3}\right)^2 + \left(\dfrac{\partial y}{\partial\lambda_3}\right)^2 + \left(\dfrac{\partial z}{\partial\lambda_3}\right)^2 = \dfrac{1}{4}\,\dfrac{(\lambda_1-\lambda_3)(\lambda_2-\lambda_3)}{(\lambda_3-a^2)(\lambda_3-b^2)(\lambda_3+c^2)} \end{cases}$$

Nel caso particolare in cui il sistema sia simmetrico rispetto all'asse $z$, ossia $a = b$ e quindi $\gamma_3 = a^2$ = cost. e il potenziale sia funzione del solo parametro $\lambda_1$, come quello da noi considerato, la (5) diventa

$$(7) \qquad \Delta_2 V = \frac{1}{H_1 H_2 H_3}\,\frac{\partial}{\partial\lambda_1}\left(\frac{H_2 H_3}{H_1}\,\frac{\partial V}{\partial\lambda_1}\right) = o$$

Fatte le sostituzioni, le semplificazioni e passato al limite per $a{=}b$, si ha quindi

$$(8) \qquad \frac{d}{d\lambda_1}\left[(a^2-\lambda_1)\sqrt{c^2+\lambda_1}\,\frac{dV}{d\lambda_1}\right] = o;$$

ovvero: $(a^2-\lambda_1)\sqrt{c^2+\lambda_1}\,\dfrac{dV}{d\lambda_1} = K = \text{cost.}$

Integrando e osservando che per $\lambda_1 = c^2$ (piano $x\,y$) deve essere $V = o$, si deduce

$$(9) \qquad V = \frac{K}{\sqrt{a^2+c^2}}\,\log\frac{\sqrt{a^2+c^2}+\sqrt{\lambda_1+c^2}}{\sqrt{a^2+c^2}-\sqrt{\lambda_1+c^2}}$$

dove la costante $K$ si determina tenendo presente che per $\lambda_1 = o$ (superficie esterna dell'elettrodo), deve essere $V = V_1$ (potenziale dato), e si ricava

$$(10) \qquad \frac{K}{\sqrt{a^2+c^2}} = \frac{V_1}{\log\left(\sqrt{a^2+c^2}+c\right) - \log\sqrt{a^2+c^2}-c)}$$

e quindi per la posizione (5) n. 2 la (9) fornisce proprio la (4) dello stesso numero.

---

(**) Infatti, nelle coordinate $\lambda_1, \lambda_2$ l'elemento lineare piano è dato, come è noto dalla geometria differenziale, da $ds^2 = H_1^2\,d\lambda_1^2 + H_2^2\,d\lambda_2^2$; e se $ds$ coincide coll'elemento $dn$ tangente alla linea $\lambda_2$ = cost., risulta $d\lambda_2 = o$, e quindi tenuto conto che $n$ cresce col decrescere di $\lambda_1$, si ha $dn = -H_1\,d\lambda_1$ e quindi $E_n = -\frac{dV}{dn} = \frac{1}{H_1}\,\frac{dV}{d\lambda_1}$, da cui, tenendo presente i valori di $H_1$ e $\frac{dV}{d\lambda_1}$ che si ricavano dalla nota precedente, segue subito la (9) del n. 2.

il cui valore massimo si ha nel vertice dell'elettrodo e risulta

$$\sigma_{\max} = \frac{K}{2\,\pi\,a^2}.$$

La carica elettrica $Q$ distribuita su un'altezza $h$ di elettrodo, osservando che $\sigma$ è costante su tutti i punti della periferia di una stessa sezione circolare (normale all'asse $z$) sarà infine data

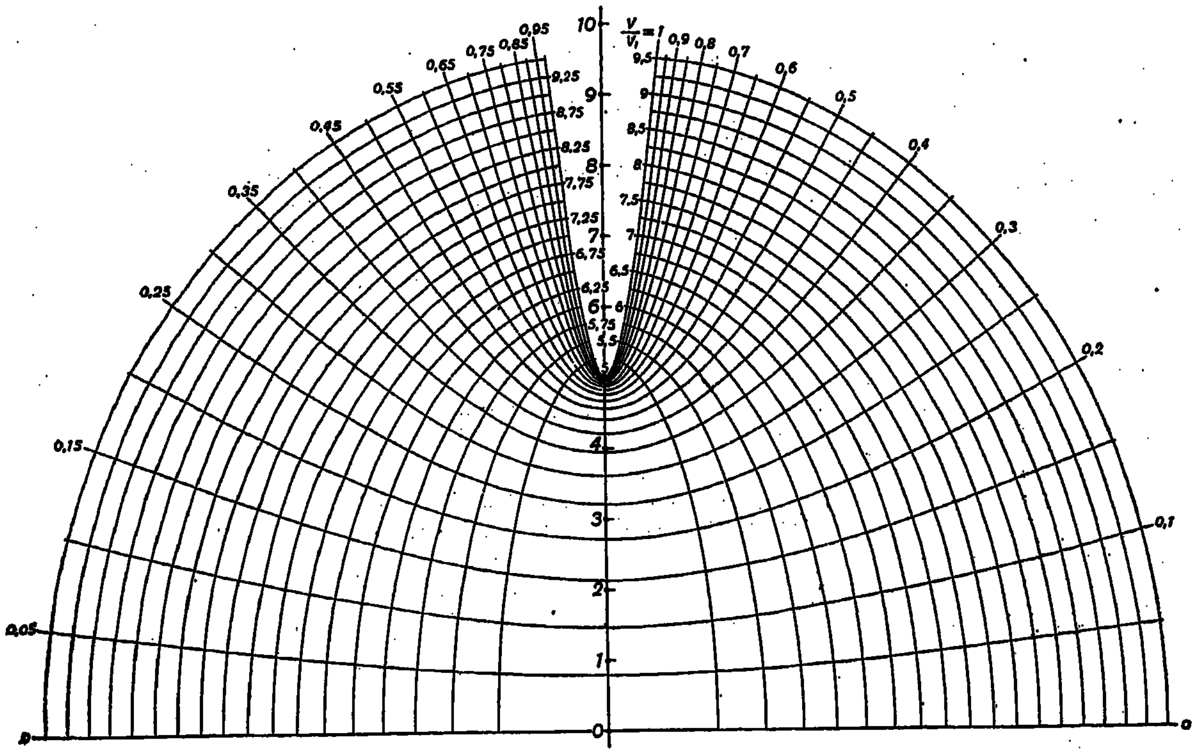


Fig. 1. - Linee equipotenziali e linee di forza limitanti tubi di flusso costante in un piano per l'asse $z$.

da $Q = \int 2\,\pi\,\rho\,\sigma\,ds$, essendo $ds$ l'elemento di arco della sezione meridiana dell'elettrodo; ossia effettuati i calcoli si ha:

$$(14)\quad Q = \frac{K\,h}{c} = \frac{V_1\sqrt{a^2+c^2}}{\log\left(\sqrt{a^2+c^2}+c\right) - \log\left(\sqrt{a^2+c^2}-c\right)}\cdot\frac{h}{c}$$

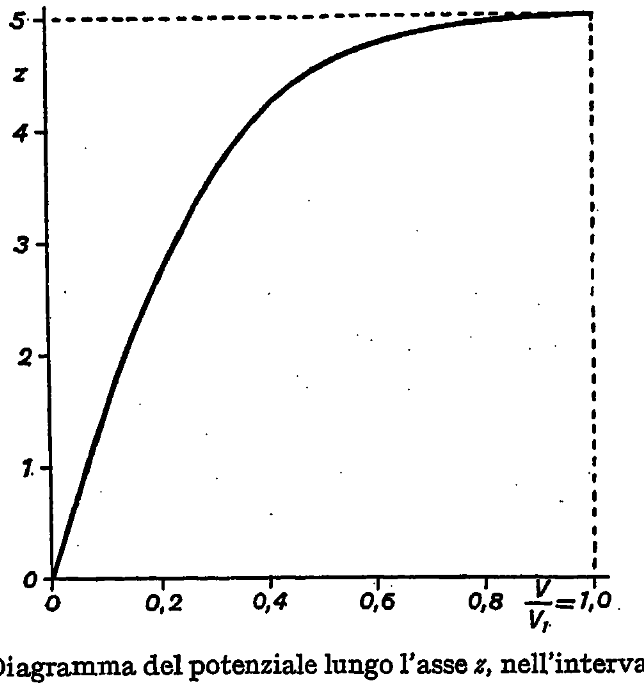



Fig. 2. - Diagramma del potenziale lungo l'asse $z$, nell'intervallo $(o, c)$.

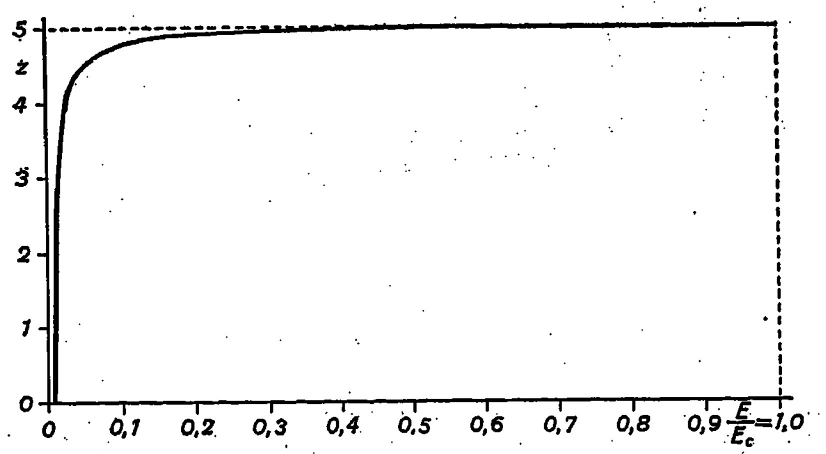



Fig. 3. - Variazione del campo elettrico lungo l'asse $z$ nell'intervallo $(o, c)$.

Da questa si deduce la capacità elettrostatica $C$ del condensatore formato dall'elettrodo iperboloidico di asse $z$ e dal piano $z = 0$, per un'altezza di elettrodo uguale ad $h$:

$$(15)\quad C = \frac{Q}{V_1} = \frac{\sqrt{a^2+c^2}}{\log\left(\sqrt{a^2+c^2}+c\right) - \log\left(\sqrt{a^2+c^2}-c\right)}\cdot\frac{h}{c}$$

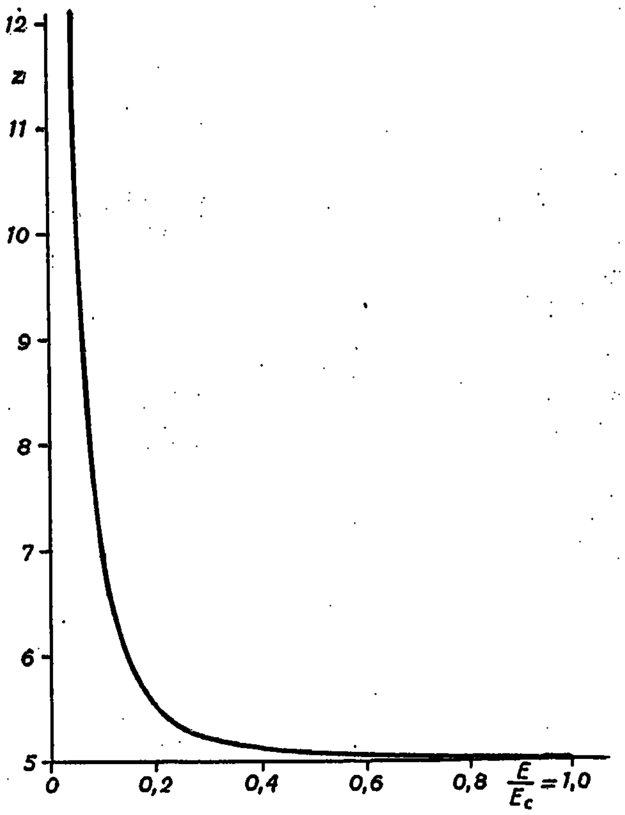



Fig. 4. - Diagramma del campo elettrico esternamente alla superficie dell'elettrodo.

Il fatto che la carica elettrica $Q$ è proporzionale all'altezza $h$ dell'elettrodo permette di costruire, in un piano passante per l'asse $z$, le linee di forza limitanti tubi di flusso costante, facendole uscire dai punti della sezione dell'elettrodo corrispondenti a intervalli di quota $z$ costante, come appunto è stato fatto nella fig. 1.

3. – Distribuzione del campo elettrico in presenza dell'arco e in condizioni di regime.

Nell'interno dell'arco, essendovi delle cariche elettriche in movimento che creano una determinata densità $\rho$, la funzione potenziale non può più soddisfare all'equazione di Laplace, ma soddisferà invece a quella di Poisson

$$(1)\qquad \Delta_2 V = -4\,\pi\,\rho$$

Se indichiamo con $\nu_p$, $\nu_e$ il numero di ioni positivi ed elettroni negativi contenuti nell'unità di volume in un dato istante e in un dato punto dell'arco, aventi ciascuno una carica elementare $e$, rispettivamente positiva e negativa, la densità elettrica risulta

$$(2)\qquad \rho = e\,(\nu_p - \nu_e);$$

e quindi la (1) diventa

$$(3)\qquad \Delta_2 V = -4\,\pi\,e\,(\nu_p - \nu_e)$$

Indicando ancora con $v_p$, $v_e$ la velocità degli ioni positivi e degli elettroni, si ha che la densità di corrente $j$, ossia la carica che traversa normalmente nell'unità di tempo l'unità della superficie equipotenziale passante pel punto considerato, tenuto conto del diverso segno delle cariche degli ioni ed elettroni e del diverso segno della loro velocità, risulta uguale a

$$\nu_p\,e\,v_p - \nu_e\,e\,(-v_e) = (\nu_p\,v_p + \nu_e\,v_e)\,e,$$

aumentata di una quantità dovuta alla variazione rispetto al tempo della densità $\rho$ delle cariche. Di modo che risulterà evidentemente:

$$(4) \qquad \frac{\delta j}{\delta n} = \frac{\delta}{\delta n}(\nu_e v_e + \nu_p v_p)\, e + \frac{\delta \rho}{\delta t};$$

analoga all'equazione idrodinamica della continuità.

Infine se $\alpha$ è il numero di atomi che si decompongono in ioni ed elettroni e $\beta$ il numero di quelli che si ricompongono nell'unità di tempo e per unità di volume nel medesimo punto, la variazione rispetto al tempo del numero di ioni positivi e negativi risulta

$$(5) \quad \frac{\delta \nu_p}{\delta t} = \alpha - \beta - \frac{\delta}{\delta n}(\nu_p v_p); \quad \frac{\delta \nu_e}{\delta t} = \alpha - \beta + \frac{\delta}{\delta n}(\nu_e v_e)$$

dove i termini $\frac{\delta}{\delta n}(\nu_p v_p)$; $\frac{\delta}{\delta n}(\nu_e v_e)$ tengono conto degli ioni positivi e negativi che attraversano normalmente nell'unità di tempo, in sensi opposti, la superficie equipotenziale nel punto considerato. La determinazione del potenziale nell'arco si otterrà quindi risolvendo il sistema di equazioni (3), (4), (5), il quale in generale è di difficile integrazione, specialmente se il potenziale applicato varia col tempo, come avviene negli archi a corrente alternata.

Potremo però pervenire a dei risultati sufficientemente approssimati facendo alcune ipotesi semplificative.

Innanzi tutto poichè il tempo che impiegano gli ioni e gli elettroni a percorrere lo spazio tra un elettrodo e l'altro, data la loro grande velocità, è estremamente piccolo in confronto del periodo della corrente, si può ritenere che, nell'intervallo di tempo corrispondente a un intero percorso, il campo elettrico sia pressochè costante e quindi in condizioni di regime, e relativamente a quell'intervallo di tempo possiamo porre

$$\frac{\delta \nu_p}{\delta t} = \frac{\delta \nu_e}{\delta t} = 0 \quad \text{e in conseguenza} \quad \frac{\delta \rho}{\delta t} = 0.$$

Inoltre possiamo ancora supporre che, nelle stesse condizioni di regime sia in ogni punto $\alpha = \beta$. Le (4), (5) porgono allora

$$(6) \qquad j = (\nu_e v_e + \nu_p v_p)\, e;$$

$$(7) \qquad \frac{\delta}{\delta n}(\nu_e v_e + \nu_p v_p) = 0;$$

le quali dicono che $\frac{\delta j}{\delta n} = 0$, ossia che la densità di corrente elettrica $j$ è costante lungo i punti di una stessa linea di forza.

Le velocità $v_p$, $v_e$ degli ioni ed elettroni, in un punto in cui il potenziale sia $V$, dette $m_p$, $m_e$ le loro masse, si deducono applicando il teorema delle forze vive, supponendo che essi partano con velocità nulla, e uguagliando la variazione di forza viva al lavoro del campo che, come è noto, è dato dal prodotto della carica per la differenza di potenziale. Se nell'istante in cui si considera il fenomeno l'elettrodo è a potenziale $V_1$ positivo, gli elettroni si muovono dal piano $z=0$ ($V=0$) all'elettrodo, mentre gli ioni positivi si muovono in senso contrario; quindi in un punto in cui il potenziale è $V$ si avrà

$$(8) \qquad \frac{1}{2} m_e v_e^2 = e V \quad ; \quad \frac{1}{2} m_p v_p^2 = e\,(V_1 - V)$$

da cui in valore assoluto

$$(9) \qquad v_e = \sqrt{\frac{2 e V}{m_e}} \quad ; \quad v_p = \sqrt{\frac{2 e (V_1 - V)}{m_p}}$$

Poniamo uguale a $\varkappa$ il rapporto, che supponiamo costante, tra la densità di corrente prodotta dagli elettroni e quella totale, ossia $e \nu_e v_e = \varkappa j$, e quindi $e \nu_p v_p = (1 - \varkappa)\, j$.

Si ricava perciò:

$$(10) \qquad \nu_e = \frac{\varkappa j}{e v_e} = \frac{\varkappa j}{e}\sqrt{\frac{m_e}{2 e V}};$$

$$\nu_p = \frac{(1-\varkappa) j}{e v_p} = \frac{(1-\varkappa) j}{e}\sqrt{\frac{m_p}{2 e (V_1 - V)}}$$

Determinati così i valori di $\nu_e$, $\nu_p$ in funzione di $V$, essendo delle costanti le altre quantità che compaiono nelle (10), non resta che da integrare l'equazione

$$(11) \qquad \Delta_2 V = -4\pi e\,(\nu_p - \nu_e) =$$

$$= 4\pi j \left[\varkappa \sqrt{\frac{m_e}{2 e V}} - (1-\varkappa)\sqrt{\frac{m_p}{2 e (V_1 - V)}}\right]$$

Se riteniamo ancora che la corrente elettrica sia quasi unicamente prodotta dagli elettroni, data la limitata velocità degli ioni positivi in confronto di quella degli elettroni medesimi, vale a dire se poniamo $\varkappa = 1$, la (11) diventa:

$$(12) \qquad \Delta_2 V = 4\pi j \sqrt{\frac{m_e}{2 e V}}$$

che integrata darà la legge di distribuzione del potenziale nell'arco nelle ipotesi ammesse.

Noi però non integreremo la (12), essendo la questione, dal punto di vista strettamente analitico, oltremodo ardua; ma arriveremo a delle conclusioni attendibili con un procedimento di induzione.

Limitiamoci intanto a considerare il caso in cui il movimento degli elettroni che creano la corrente elettrica sia limitato lungo l'asse $z$ nell'intervallo $(o, c)$, fra i piani $z = 0$ e $z = c$, rispettivamente a potenziale zero e $V_1$.

In tal caso la (12) diventa:

$$(13) \qquad \frac{d^2 V}{dz^2} = 4\pi j \sqrt{\frac{m_e}{2 e V}}$$

che si integra facilmente moltiplicandone ambo i membri per $2\frac{dV}{dz}$, e si ha

$$(14) \qquad \left(\frac{dV}{dz}\right)^2 = A\sqrt{V} + E_0^2$$

dove si è posto

$$(15) \qquad A = 16\pi j \sqrt{\frac{m_e}{2e}}$$

e la costante di integrazione $E_0$ è l'intensità del campo elettrico nel punto $z = 0$, a potenziale zero. Dalla (14) si ricava ancora:

$$z = \int \frac{dV}{\sqrt{A\sqrt{V} + E_0^2}} + \text{cost.}$$

ovvero, eseguendo l'integrazione e ricordando che per $z = 0$ è $V = 0$, si ha:

$$(16) \qquad z = \frac{4}{3A^2}\sqrt{A\sqrt{V} + E_0^2}\,(A\sqrt{V} - 2E_0^2) + \frac{8E_0^3}{3A^2},$$

dalla quale, posto $\sqrt{\frac{A\sqrt{V}}{E_0^2} + 1} = \xi$ ; $2 - \frac{3A^2}{4E_0^3} z = q$;

si ricava $V$ risolvendo, come è facile vedere, un'equazione di 3° grado in $\xi$. Ma ponendo la (16) sotto la forma

$$(16') \qquad z = \frac{8E_0^3}{3A^2}\left\{\sqrt{\frac{A\sqrt{V}}{E_0^2} + 1}\left(\frac{A\sqrt{V}}{2E_0^2} - 1\right) + 1\right\}$$

e osservando che praticamente $\frac{A\sqrt{V}}{E_0^2}$ è un numero estremamente piccolo in confronto all'unità, per cui nello sviluppo in serie della radice è più che sufficiente arrestarsi al 3° termine, si ricava:

$$(17) \qquad z = \frac{V}{E_0} - \frac{1}{6}\frac{A}{E_0^3} V^{\frac{3}{2}}$$

dove il 2° termine del 2° membro, per valori pratici di $V$ è estremamente piccolo e possiamo perciò porre:

$$(18) \qquad z = \frac{V}{E_0}, \text{ ovvero } V = E_0\, z.$$

Vale a dire nell'interno dell'arco, supposto limitato fra i punti $(o,\ c)$ dell'asse $z$, il potenziale varia con molta approssimazione linearmente, ossia colla stessa legge che esattamente si deduce quando nella (13) si supponga nullo il 2° membro, ossia nulla la densità delle cariche elettriche nell'intervallo considerato.

In altri termini, le cariche elettriche possedute dagli elettroni in movimento alterano di pochissimo la distribuzione del potenziale che si ha in assenza di esse.

Estendendo il risultato precedente al caso in cui l'arco si sviluppa tra una porzione sufficientemente estesa di superficie terminale a forma iperboloide rotondo, di un elettrodo verticale a potenziale costante $V_1$ e un piano orizzontale a potenziale zero, possiamo ritenere con molta approssimazione che valga ancora la distribuzione studiata nel n. 2, e che il movimento degli elettroni avvenga secondo le linee di forza di quella distribuzione, ovvero secondo un sistema di archi ellittici omofocali, come realmente si constata osservando la forma esteriore dell'arco, che è presso a poco quella di una porzione di ellissoide di rotazione normale all'elettrodo verticale e al piano orizzontale.

Se si osserva ancora che nelle nostre considerazioni abbiamo trascurata la velocità degli ioni positivi e quindi la loro densità, mentre la loro mobilità effettiva e però la loro presenza in ogni punto dell'arco attenua l'effetto delle cariche elettroniche negative, le conclusioni a cui si è pervenuti sono da ritenersi a maggior ragione più rispondenti alla realtà, tanto che se al limite potessimo ritenere $\nu_p = \nu_e$ la (11) diventerebbe proprio l'equazione di Laplace.

Per giustificare con un esempio quanto si è affermato consideriamo un arco in cui sussista una differenza di potenziale $V_1 = 50$ volta $= 50 . 10^8$ u. e. m. e una densità di corrente $j = 100$ ampère/cm$^2$ $= 100 . 10^{-1} = 10$ u. e. m.

Secondo le formule stabilite, ricordando che il rapporto tra la carica e la massa di un elettrone è data da $\frac{e}{m_e} = 1{,}77 . 10^7$ u. e. m., si ha una velocità massima degli elettroni

$$v_{e\,max} = \sqrt{\frac{2\, e\, V_1}{m_e}} = \sqrt{2\ 1{,}77 . 10^7 \times 50 . 10^8} \text{ cm/sec} = \,=\, \sim 4{,}2 . 10^8 \text{ cm/sec.}$$

Posto poi per la costante $E_0$ il valore di prima approssimazione che si ricava dalla (18), osservando che per $z = c$ è $V = V_1$, e quindi $E_0 = \frac{V_1}{c}$, si ha che il valore massimo del rapporto che compare sotto il segno di radice della (16'), risulta, per $c =$ cm 5,

$$\frac{A}{E_0^2}\sqrt{V_1} = 16\,\pi\, j \sqrt{\frac{m_e}{2\,e}}\ \frac{c^2}{V_1^2}\sqrt{V_1} = \frac{16\,\pi\, j}{v_{e\,max}} . \frac{c^2}{V_1} = \,=\, \sim \frac{16 \times 3{,}14 \times 10}{4{,}2 . 10^8}\ \frac{25}{50 . 10^8} = \sim 6 . 10^{-15}$$

il cui ordine di grandezza in confronto all'unità dimostra come le conclusioni a cui si è pervenuti sono da ritenersi più che attendibili.

D'altra parte posto nel 2° membro della (12) in luogo di $V$ il valore medio di 25 volta $= 25 . 10^8$ u. e. m., esso risulta uguale a

$$\frac{4\,\pi\, .\, 10}{\sqrt{2\, .\, 1{,}77\, .\, 10^7\, .\, 25\, .\, 10^8}} = \sim 4{,}2 . 10^{-7},$$

che è un valore estremamente piccolo, per cui, trascurandolo, la (12) si riduce proprio all'equazione di Laplace.

4. – Influenza del campo magnetico.

È noto come il campo magnetico influisca sul movimento delle particelle ionizzate, modificandone la loro traiettoria, e perciò l'arco elettrico, essendo costituito di ioni ed elettroni in movimento, subirà l'influenza di un campo magnetico, assumendo una forma diversa da quella dovuta al solo campo elettrico.

Limitatamente al caso dei forni elettrici trifasi con elettrodi verticali, disposti secondo i vertici di un triangolo equilatero e con archi scoccanti tra essi e un piano orizzontale, ogni arco è soggetto al campo magnetico prodotto dalla corrente degli altri due.

Per studiare l'andamento generale del fenomeno supponiamo ogni arco concentrato lungo il proprio asse. Indicati allora con $i_1$, $i_2$, $i_3$ i valori istantanei delle correnti nei tre archi, sfasate di 120° l'una rispetto all'altra e considerate positive nella direzione verso il basso, con $\mathbf{H}_{21}$, $\mathbf{H}_{31}$ i valori vettoriali delle intensità del campo magnetico in 1, prodotte dalle correnti $i_2$, $i_3$, e scelto

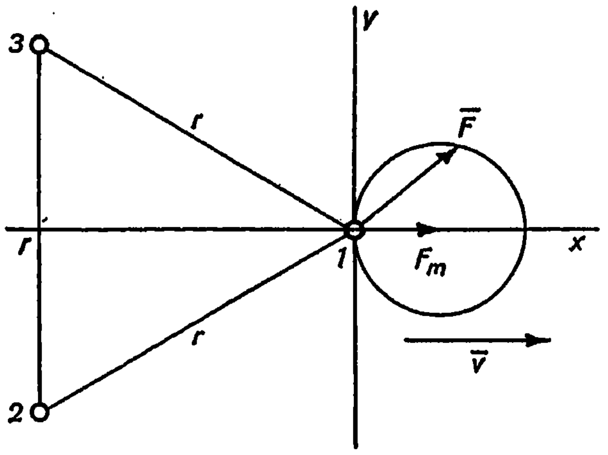



Fig. 5.

nel piano orizzontale un vettore unitario $\mathbf{v}$, disposto come in fig. 5, si ha evidentemente sotto forma vettoriale complessa

$$(1) \qquad \mathbf{H}_{21} = \frac{2\, i_2}{r}\, e^{-i\frac{\pi}{3}}\, \mathbf{v};\ \mathbf{H}_{31} = \frac{2\, i_3}{r}\, e^{-2\,i\frac{\pi}{3}}\, \mathbf{v};\ (i = \sqrt{-1})$$

e quindi per il campo risultante in 1 si ha:

$$(2) \qquad \mathbf{H}_1 = \mathbf{H}_{21} + \mathbf{H}_{31} = \frac{2}{r}\left(i_2\, e^{-i\frac{\pi}{3}} + i_3\, e^{-2\,i\frac{\pi}{3}}\right)\mathbf{v} = \,=\, \frac{2}{r}\left[\frac{1}{2}(i_2 - i_3) - i\,\frac{\sqrt{3}}{2}(i_2 + i_3)\right]\mathbf{v}$$

ovvero, supposto il carico equilibrato e le correnti esattamente sinusoidali, ossia posto:

$$(3) \qquad i_1 = I \operatorname{sen} \omega t;\ i_2 = I \operatorname{sen}\left(\omega t + \frac{2}{3}\pi\right);\ i_3 = I \operatorname{sen}\left(\omega t - \frac{2}{3}\pi\right),$$

fatte le sostituzioni in (2) si ottiene con facili riduzioni

$$(4) \qquad \mathbf{H}_1 = \frac{I\sqrt{3}}{r}(\cos \omega t + i \operatorname{sen} \omega t)\,\mathbf{v} = \frac{I\sqrt{3}}{r}\, e^{i\,\omega t}\,\mathbf{v}.$$

Vale a dire: *il campo magnetico prodotto in 1 dagli archi 2, 3 è un campo rotante nel piano x y di intensità* $H_1 = \frac{\sqrt{3}\, I}{r}$.

Se indichiamo ancora con **F** la forza elettromagnetica per unità di lunghezza in 1 si ha

$$(5) \qquad \mathbf{F} = \mathbf{i}_1 \wedge \mathbf{H}_1$$

dove il vettore $\mathbf{i}_1$, intensità di corrente nell'arco 1, si può mettere sotto la forma:

$$(6) \qquad \mathbf{i}_1 = -\, \mathbf{i}_1\, (\mathbf{v} \wedge i\, \mathbf{v}),$$

avendo assunta come di sezione positiva della corrente quella diretta verso il basso; quindi:

$$(7) \quad \mathbf{F} = -\, \mathbf{i}_1\, (\mathbf{v} \wedge i\, \mathbf{v}) \wedge \mathbf{H}_1 = \frac{I^2 \sqrt{3}}{r} \operatorname{sen} \omega t\, .\, (\mathbf{v} \wedge i\, \mathbf{v})\; e^{i \omega t}\, \mathbf{v}.$$

Ma per note formule di calcolo vettoriale si ha (*)

$$(\mathbf{v} \wedge i\, \mathbf{v}) \wedge e^{i \omega t}\, \mathbf{v} = \mathbf{v} \times e^{i \omega t}\, \mathbf{v} . i\, \mathbf{v} - i\, \mathbf{v} \times e^{i \omega t}\, \mathbf{v} . \mathbf{v}$$

e sviluppando i prodotti interni, osservando che $\mathbf{v} \times \mathbf{v} = v^2 = 1$ e $\mathbf{v} \times i\, \mathbf{v} = 0$, risulta facilmente:

$$-\, (\mathbf{v} \wedge i\, \mathbf{v}) - e^{i \omega t}\, \mathbf{v} = -\, i\, (\cos \omega t + i \operatorname{sen} \omega t)\, \mathbf{v} = e^{i\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)}\, \mathbf{v},$$

e perciò in fine

$$(8) \qquad \mathbf{F} = \frac{I^2 \sqrt{3}}{r} \operatorname{sen} \omega\, t\; e^{i\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)}\, \mathbf{v}$$

Ossia *la forza elettromagnetica agente per ogni cm di lunghezza di arco è un vettore rotante con periodo uguale a quello della corrente e di intensità variabile con legge sinusoidale.*

Scritta la (8) sotto la forma

$$\mathbf{F} = \frac{I^2 \sqrt{3}}{r} (\operatorname{sen}^2 w\, t - i \operatorname{sen} wt \cos wt)\, \mathbf{v}$$

e posto $x = K \operatorname{sen}^2 \omega\, t$; $y = -\, K \operatorname{sen} \omega\, t \cos \omega\, t$; $K = \frac{I^2 \sqrt{3}}{r}$ risulta ancora:

$$(9) \qquad \mathbf{F} = (x + i\, y)\, \mathbf{v} \quad \text{ed} \quad x^2 + y^2 = K\, x$$

Vale a dire l'estremità del vettore **F** descrive un cerchio di centro $x = \frac{1}{2} K$ e raggio $R = \frac{1}{2} K$, tangente all'asse $y$ nell'origine e situato dalla parte delle $x$ positive (direzione del vettore **v**).

Delle due componenti di **F** soltanto la componente secondo l'asse $x$ ammette valore medio non nullo durante un periodo e risulta in valore assoluto

$$(10) \quad F_m = \frac{1}{T} \int_0^T F\, dt = \frac{I^2 \sqrt{3}}{r} . \frac{1}{T} \int_0^T \operatorname{sen}^2 \omega\, t . dt = \frac{I^2 \sqrt{3}}{2\, r}$$

ossia la metà del valore massimo di $F$, ovvero, detto $I_e = \frac{I}{\sqrt{2}}$ il valore efficace della corrente,

$$(11) \qquad F_m = \frac{I_e^2 \sqrt{3}}{r}$$

(*) Vedi Burali Forti e Marcolongo: « Elementi di calcolo vettoriale ». Edizione Zanichelli, pag. 29.

Concludendo ognuno degli archi per effetto del campo magnetico prodotto dagli altri due viene soffiato, come effettivamente si constata, esternamente al triangolo da essi formato e nella direzione della bisettrice, ovvero verso le pareti del forno con una forza per unità di lunghezza avente nel periodo un valore medio espresso dalla (11).

Se ad es. si ha $I_e = 8000$ A $= 0{,}1 \times 8000$ u. e. m. ed $r =$ cm 90, risulta

$$F_m = \frac{8000^2}{90}\, 1{,}73 . 10^{-2}\ \text{dine/cm} = 12\,300\ \text{dine/cm} = 12{,}5\ \text{gr/cm}$$

La considerazione di tale fenomeno è evidentemente interessante allo scopo di stabilire l'opportuna distanza degli elettrodi dalle pareti del forno in relazione alla loro mutua distanza e all'intensità di corrente, in modo da evitare che un eccessivo valore di quella forza spinga gli archi contro le dette pareti, con grave pregiudizio della durata del rivestimento refrattario.

## 5. – Oscillogrammi della tensione e della corrente negli archi.

A corredo del presente studio sono stati rilevati per mezzo dell'oscillografo della Scuola di Elettrotecnica della R.a Scuola di Ingegneria di Torino, gli oscillogrammi della corrente e

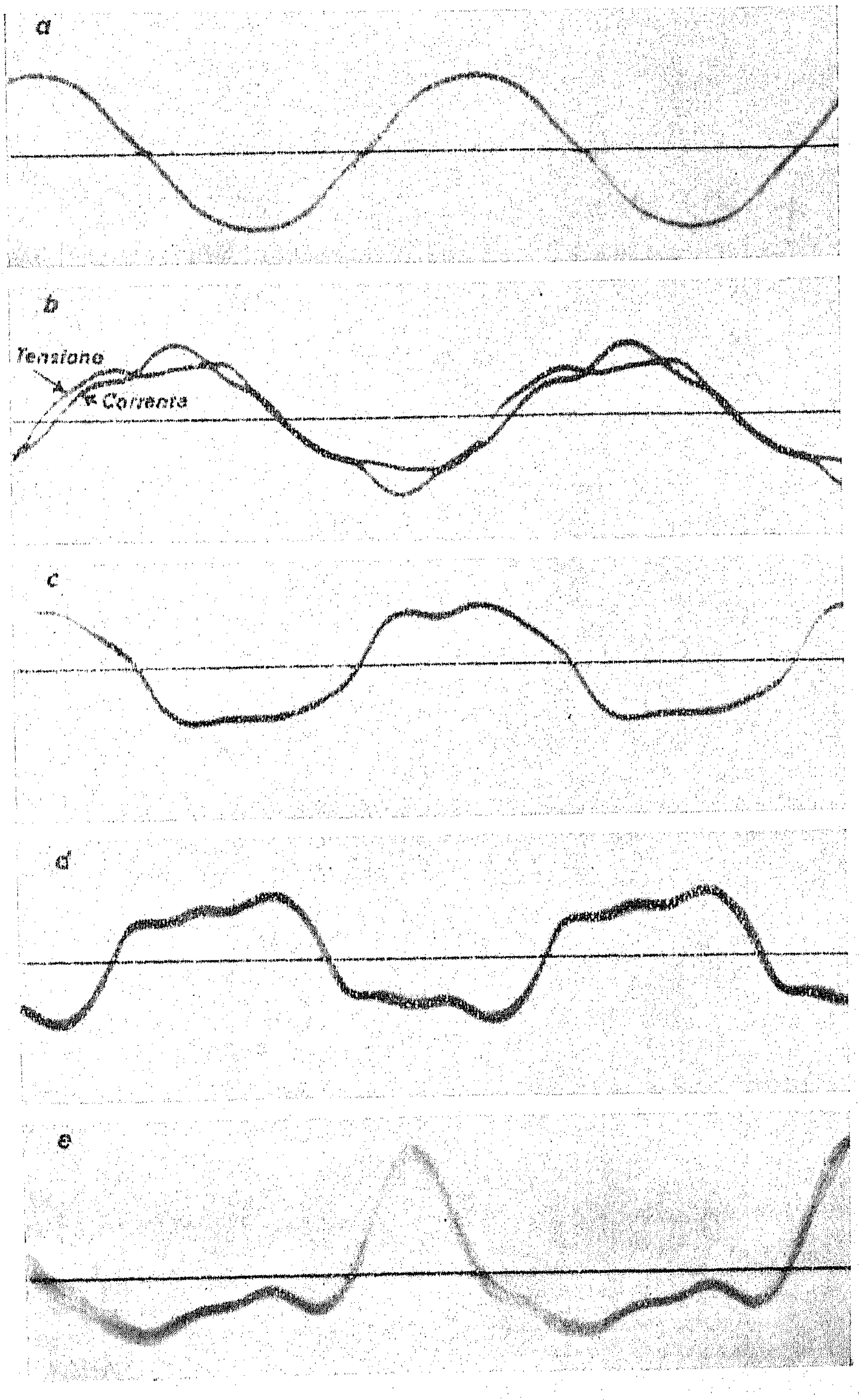



Fig. 6. - Oscillagrammi della corrente e della tensione di un arco di un forno elettrico Fiat.

della tensione di uno dei tre archi di un forno elettrico Fiat trifase da 9000 kg e funzionante a 110 V e 6000 A. Il circuito voltmetrico dell'oscillografo fu inserito tra le sbarre della fase di

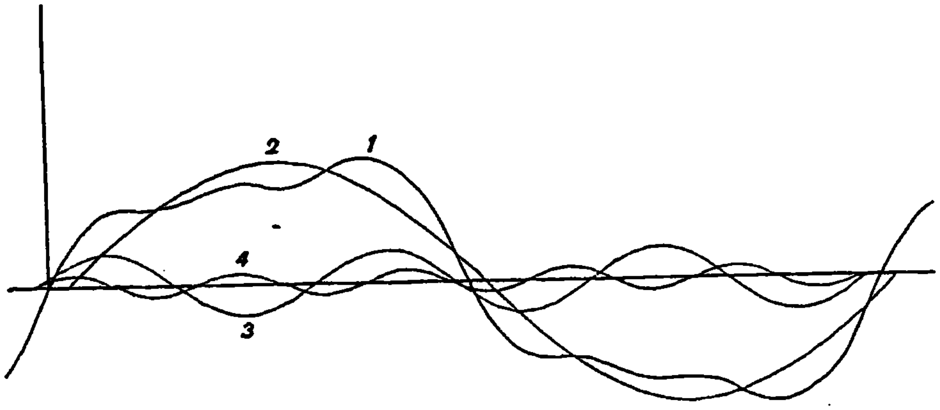



Fig. 7.

1 - oscillogramma della corrente in un arco di un forno elettrico Fiat;
2 - onda fondamentale;
3 - armonica di 3° ordine;
4 - » » 5° » .

alimentazione dell'arco e il centro stella collegato alla suola del forno, mentre il circuito amperometrico fu alimentato da un opportuno riduttore di corrente chiuso su un amperometro.

Essi sono riportati nella fig. 6 dove *a* è l'oscillogramma della tensione di linea; *b*, *c*, *d*, quelli della tensione e della corrente di fase presi prima simultaneamente (in *b*) e poi separatamente (in *c* e *d*); e infine *e* l'oscillogramma della corrente attraverso il neutro collegante la suola del forno col centro stella del secondario del trasformatore.

In essi è da rilevare il carattere generale della deformazione delle curve in confronto dell'onda di alimentazione pressochè sinusoidale.

Gli oscillogrammi *b* sono poi particolarmente istruttivi, mostrando prima come il ritardo di fase tra la corrente e la tensione sia una piccola frazione del periodo, e poi come alle punte ed agli abbassamenti della corrente corrispondono rispettivamente delle cadute e delle punte di tensione, donde la forma pressochè appiattita della curva di tensione nel mezzo di ogni semionda.

Dell'oscillogramma *d* della corrente nell'arco ne è stata fatta l'analisi armonica e come mostra la fig. 7 esso presenta in modo spiccato un'armonica del 3° ordine e, alquanto più ridotta, un'armonica del 5° ordine.

Caratteristico è infine l'oscillogramma della corrente attraverso il neutro di forma dissimmetrica e che rivela la presenza

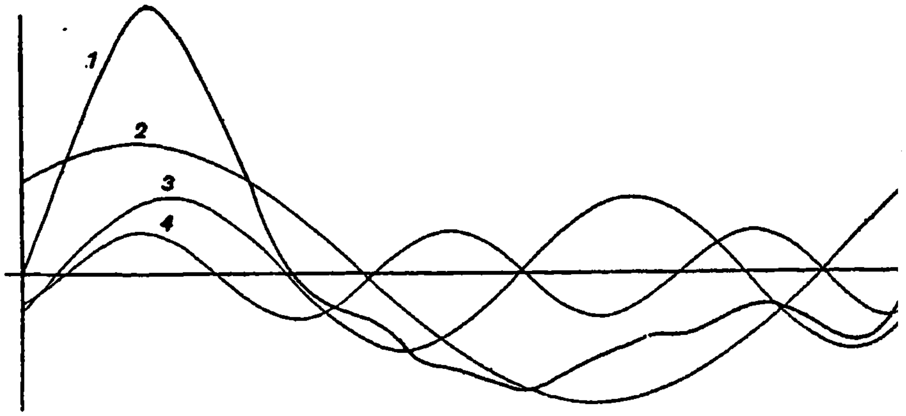



Fig. 8.

1 - oscillogramma della corrente attraverso il neutro di un forno elettrico Fiat;
2 - onda fondamentale;
3 - armonica di 2° ordine;
4 - » » 3° » .

di armoniche di ordine pari come mostra la scomposizione eseguita in fig. 8, dove la 2ª armonica ha un'ampiezza pari a circa $i\frac{3}{5}$ di quella dell'onda fondamentale.

ING. CATALDO AGOSTINELLI.

ON. PROF. ARRIGO SERPIERI
SOTTOSEGRETARIO DI STATO PER LA BONIFICA INTEGRALE

# L'agricoltura e l'energia elettrica

*(Conferenza tenuta all'Accademia dei Georgofili a Firenze il 30 gennaio 1932)*

Ho voluto parlarvi, in questa solenne occasione, dell'impiego dell'energia elettrica nell'agricoltura, per varie ragioni.

In primo luogo perchè sono convinto che, nella storia di questa applicazione tecnica, siamo ad una svolta decisiva; che cioè — se in passato l'impiego dell'energia elettrica nell'agricoltura è stato frammentario, saltuario, in complesso di importanza scarsa — il prossimo avvenire possa invece portarcene, almeno in alcuni territori, un largo, sistematico impiego, con conseguenze rilevantissime nella nostra economia agraria.

In secondo luogo, perchè — in seguito ad una prima iniziativa presa dalla nostra Accademia, passata ad un gruppo di valorosi elettrotecnici e agricoltori raccolti nella STEA, intorno a quell'uomo benemerito che è il Principe Ginori-Conti e con il forte appoggio finanziario dell'Ing. Alberto Lodolo, presidente delle Società elettriche dell'Italia Centrale — qui a Firenze, meglio che altrove, si stanno a mio avviso, raccogliendo gli elementi e le esperienze e prospettando le direttive per la soluzione pratica del problema.

E infine perchè pochi argomenti, quanto questo, esigono un'opera paziente di chiarificazione, talchè finalmente una volontà precisa e decisa si sostituisca alle dubbiezze, incomprensioni, discussioni e polemiche che intorbidano l'atmosfera e allontanano la soluzione del problema.

Il quale appare, veramente, un grande problema nazionale. Prescindendo dalla possibile sostituzione in talune operazioni agricole del motore elettrico all'uomo stesso — sostituzione che richiederebbe più complesse e lunghe considerazioni — sta indubitabilmente il fatto che tutta la forza motrice oggi impiegata nell'agricoltura e non fornita direttamente dall'uomo, o è importata dall'estero come il petrolio, il carbone, ecc., o — in misura molto più larga — è data da foraggi trasformati in lavoro meccanico per mezzo di buoi o cavalli.

Negli ultimi anni, di solo petrolio agricolo abbiamo consumato intorno a 800 000 quintali all'anno. Ma sopra tutto imponente è la quantità di fieno o equivalenti di fieno che ogni anno viene bruciata negli organismi animali per il lavoro meccanico dei campi. Il Prof. Giuliani ha attendibilmente calcolato che essa ascende intorno a 150 000 000 di quintali.

È irreale l'ipotesi di una completa sostituzione del bestiame da lavoro con motori inanimati. Ma se un'intensa meccanizzazione dell'agricoltura potesse un giorno liberare dall'impiego per lavoro meccanico anche solo 60-70 milioni di quintali di fieno o suoi equivalenti, se ne potrebbero ottenere annualmente intorno a 4 000 000 di quintali di carne viva (o circa la metà di carne macellata), ovvero 30-35 milioni di quintali di latte. La importazione di bestiame o carne bovina che negli ultimi anni ci ha molto preoccupato, è ben lontana da queste cifre.

Tale meccanizzazione agricola, ove avvenisse a base di materie prime importate, non sarebbe certamente così desiderabile come quella che fa assegnamento sulle nostre forze idrauliche.

Di fronte ad un problema di tale importanza bisogna porsi con ferma volontà di fare tutto il possibile per risolverlo; occorre respingere ogni pregiudiziale, così di chi aprioristicamente afferma non essere l'agricoltura cliente desiderabile per le imprese elettriche, (1) come di chi incolpa della mancata soluzione del problema solo l'ostinazione di dette imprese a non concedere prezzi convenientemente bassi.

***

Puntare in questa discussione sul prezzo dell'energia, credo sia un errore.

Non esiste *un* prezzo dell'energia: esiste una scala di prezzi, compresi fra un minimo ed un massimo lontanissimi. Si vende in Italia energia a 3 centesimi, come se ne vende a 150 centesimi per kW-ora. Questa estrema varietà di tariffe non è un capriccio dei produttori, o un'arte per imbrogliare il prossimo: è una necessità conseguente ai particolari caratteri di questa industria.

Pur senza penetrare nei misteri del metodi di formazione delle tariffe, anche gli agricoltori, gente semplice, comprendono benissimo le seguenti elementari considerazioni:

1) un impianto di produzione e distribuzione di energia idroelettrica di determinata potenza ha un costo unitario, per kW, molto diverso, a seconda delle condizioni tecniche dell'impianto e a seconda del più o meno vasto territorio nel quale l'energia è impiegata, con la conseguente necessità di una più o men vasta e costosa rete di distribuzione;

(1) Questa non è una scortesia per alcuno. In elettricità sono non desiderabili molte specie di clienti. Fra altri, quelli che utilizzando male l'energia (non per demerito proprio ma per necessità del loro lavoro) e costringendo a spese d'impianto notevoli in grazia d'essere disseminati su territorii vasti in numero esiguo, determinano sul bilancio dei fornitori oneri sproporzionati alla entità della vendita, e quindi vengono a trovarsi in condizioni di spirito acre contro i fornitori, i quali non essendo affatto responsabili dei fatti, e considerando che l'agricoltura è e sarà sempre un consumatore modesto di energia elettrica (quasi dovunque non rappresenta che il due per cento, al massimo, del totale) non possono essere stimolati a ricercarla. (*N.d.R.*).

2) un impianto di determinata potenza, per esempio di 10 000 kW — mentre dà luogo ad una spesa annua quasi fissa — può dar luogo invece ad una utilizzazione diversissima. Idealmente (2) l'impiego ne potrebbe essere continuo, in ciascuna delle 24 ore del giorno e per ciascuno dei 365 giorni dell'anno, col risultato di vendere in un anno circa 86 000 000 di kW-ora; basterebbe allora un prezzo minimo per kW-ora a rimborsare l'annua spesa fissa. Nella realtà si è lontani più o meno (ma sempre molto) da quella condizione ideale, utilizzandosi l'energia disponibile solo parzialmente e discontinuamente: perciò il numero di kW-ora venduto più o meno si abbassa — diminuisce, cioè, come si dice, il coefficiente di utilizzazione — e quanto più si abbassa tanto più alto è il prezzo medio di vendita dell'energia, necessario a coprire detta spesa annua fissa;
l'annua spesa fissa. Nella realtà si è lontani più o meno (ma sempre molto) da quella condizione ideale, utilizzandosi l'energia disponibile solo parzialmente e discontinuamente: perciò il numero di kW-ora venduto più o meno si abbassa — diminuisce, cioè, come si dice, il coefficiente di utilizzazione — e quanto più si abbassa tanto più alto è il prezzo medio di vendita dell'energia, necessario a coprire detta spesa annua fissa;

3) per realizzare un alto coefficiente di utilizzazione — cioè dunque una condizione che consente di vendere l'energia a basso prezzo medio — sono appunto necessarie tariffe varie per i vari impieghi, perchè ciascuno può sopportare un prezzo più o meno elevato, e — a seconda del periodo del giorno e dell'anno in cui cade — può contribuire, in unione agli altri usi coi quali si coordina, a migliorare o invece a peggiorare il coefficiente di utilizzazione della potenza impegnata. Se, per esempio, un certo uso dell'energia non può sopportare un prezzo superiore a 5 centesimi per kW-ora, ma d'altra parte cade in un periodo del giorno o dell'anno in cui non esistono altri usi capaci di pagare di più, è chiaro che l'interesse così del fornitore come del cliente concorrono a rendere accettabile quel prezzo.

Tutto ciò non è in fondo troppo oscuro neppure per noi profani.

Riconoscere che la molteplicità delle tariffe è una condizione necessaria per realizzare il minor possibile prezzo medio di vendita dell'energia, non esclude, s'intende, che — qualora la concorrenza o altri mezzi non costringano il produttore a mantenere un prezzo medio di vendita a livello più basso possibile — egli possa perseguire, anzichè questo fine, quello di realizzare invece extra-profitti monopolistici (3), di realizzare cioè un incasso totale che superi quello necessario a coprire i costi.

Ma questo è un altro problema che non riguarda gli impieghi agricoli più di quelli industriali; nè io intendo occuparmene. Io voglio anzi dare come ammesso che l'attuale prezzo *medio* di vendita dell'energia in Italia non sia più alto di quello che occorre a coprire i costi, ivi compreso, s'intende, un giusto profitto dei capitali impiegati.

Resta il fatto che quel prezzo medio si gradua attraverso una lunga scala di prezzi fra un minimo ed un massimo lontanissimi. Onde appare legittima e fondamentale questa domanda: in questa lunga scala, può il cliente *agricoltura* collocarsi in un gradino tale che rappresenti un prezzo conveniente così per essa come per l'impresa produttrice dell'energia?

***

Dobbiamo francamente riconoscere che i caratteri delle applicazioni elettro-agricole non sembrano — in via di massima — i più favorevoli per ottenere l'energia a basso prezzo unitario.

Le ragioni sono fondamentalmente due.

La prima è questa, che la quantità di potenza impiegata per unità di superficie non sembra possa essere molto elevata, il che carica il costo unitario dell'energia stessa fornita all'agricoltura di alte spese per linee di distribuzione.

La seconda è questa, che l'impiego dell'energia in agricoltura é tanto discontinuo da rendere, si afferma, difficile realizzare quel coefficiente di utilizzazione relativamente alto, che è condizione necessaria, come dissi, di basso prezzo unitario dell'energia.

Se non che queste constatazioni sono così generiche, che dicono in fondo assai poco. Esse possono costituire un comodo alibi per chi non abbia buona volontà di risolvere il problema; ma chi questa volontà possiede non può fermarsi qui, e chiede di approfondire l'argomento.

Perchè si tratta non di un problema risolviblle con considerazioni qualitative, bensì di un problema di quantità, cioè di costi, anzi più precisamente di rapporto di costi.

Quelle considerazioni generali negative hanno tuttavia una loro utilità, in quanto ci dicono subito in qual senso occorre orientare gli sforzi per risolvere il problema.

Un primo orientamento deve essere questo: spingere al massimo la intensità degli impieghi elettro-agricoli per unità di superficie e porre in opera ogni accorgimento, ogni innovazione tecnica, per diminuire il costo della rete di distribuzione.

Un secondo orientamento, da armonizzare col precedente, deve essere questo: trovare tali modalità e coordinamenti degli impieghi agricoli da realizzare utilizzazioni annue relativamente elevate.

Farò in proposito qualche considerazione possibilmente concreta.

***

Fin quando si parla — come qualcuno continua a fare — di impieghi elettro-agricoli limitati alla elettro-pompa, alla lavorazione e trasformazione di alcuni prodotti, alla preparazione di mangimi, alla illuminazione, si ha ragione di affermare che l'impiego di energia risulta in genere così territorialmente diluito e così saltuario che — pur non escludendo, in determinati casi, applicazioni anche cospicue (come è avvenuto in alcune provincie, ma non sempre con brillante successo, per l'elettropompa) (4) — è in massima difficile contare su prezzi tollerabili

Solo l'applicazione dell'energia elettrica anche alle lavorazioni del terreno può avvicinarci ad una soluzione economica del problema. O questa applicazione riesce a largamente affermarsi — in surrogazione del bove e cavallo da lavoro e degli altri motori agricoli inanimati — o dobbiamo rinunciare ad una vera

(2) La spiegazione dell'oratore è bella di chiarezza e semplicità. Non sarà male tuttavia ricordare che non ci sono impianti idraulici beneficiati da natura di una portata talmente costante, da poter produrre la stessa potenza per tutte le ore del giorno e della notte, ammenochè il pensiero tecnico non ritorni indietro di una trentina d'anni, quando di un fiume non si utilizzava che la portata *minima*. Oggi che lo sfruttamento dei corsi d'acqua è molto più spinto, alla deficienza di portata che si verifica per molti mesi dell'anno si supplisce o con allacciamenti ed acquisti da altri impianti, o con serbatoi o con centrali termiche, provvedimenti tutti molto costosi, dei quali è bene tener conto nel valutare le possibilità economiche di cui parla l'oratore. (*N. d. R.*).

(3) Teoricamente l'affermazione non è contestabile. Ma praticamente tutti i fatti, *diciamo tutti*, dal progresso termico, specie nei Diesel, alla svalutazione intervenuta nella moneta, e ultimamente alla rivalutazione dell'oro, si sono schierati per gli utenti e contro l'extra, profitto temuto dall'oratore. E pur troppo l'andamento dei dividendi è lì ad attestare in sintesi che l'affermazione è vera soltanto in teoria, mentre è stato vero in pratica che per lunghi anni i servizi resi da tutte le altre industrie, non esclusa l'agricoltura, a quella elettrica, sono stati caratterizzati da prezzi che il « *monopolio* » elettrico ha dovuto subire, ma non ha potuto compensare in alcun modo, essendo notorio che mai dal 920 in poi i prezzi dell'energia elettrica hanno avuto un aumento neanche lontanamente paragonabile con la svalutazione della moneta. (*N. d. R.*).

(4) Non conosciamo un numero apprezzabile di insuccessi; beninteso dove e quando gli impianti per sollevamento d'acqua siano stati bene o almeno mediocremente studiati. L'elettropompa, quando naturalmente non si pretenda adottarla per prevalenze eccessive, ha dato pieno successo, e si diffonde ogni giorno di più, almeno nelle regioni settentrionali d'Italia. (*N. d. R.*).

elettrificazione dell'azienda agricola (5), rassegnandoci ai modesti parziali usi che qua e là, in particolari condizioni, possono bensì avere la loro convenienza, ma non incidono decisamente sugli indirizzi e ordinamenti dell'azienda stessa.

Se non che — anche elettrificando un territorio agricolo nel senso indicato, con tutte le possibili applicazioni, comprese le lavorazioni del terreno — è possibile realizzare una combinazione di potenza impegnata e di utilizzazione annua tale da abbassare il prezzo del kW-ora ad un livello conveniente per l'agricoltore?

Su questo punto centrale della discussione noi ci troviamo di fronte a molte e divergenti affermazioni, ad assai scarsi studi approfonditi, ad ancora più scarse esperienze.

Un tecnico egregio, Ing. Piero Casini, che si è occupato anche praticamente di applicazioni elettro-agricole, afferma essere già ottimistico contare sull'impiego di 100 kW di potenza per 1000 ettari, con una utilizzazione annua di 1000 ore. Posto che la sola rete elettro-agricola richiederebbe, secondo l'Ing. Casini, un immobilizzo di almeno 2 700 lire per kW e quindi una spesa annua di interessi, ammortamenti, esercizio (25 %) di L. 600-650, il costo per kW-ora all'utenza risulterebbe allora di 60-65 centesimi, per la sola rete di distribuzione, anche se l'energia alla rete principale fosse fornita gratis. Prezzo unitario, dunque, molto elevato.

Un altro valoroso tecnico riferì recentemente su studi che porterebbero ad una spesa di impianto per l'elettrificazione di 2500-3500 lire per ettaro, costo proibitivo.

Ma ecco che un altro tecnico, nostro egregio Georgofilo — l'Ing. Ugo Valduga, al quale non può certo negarsi competenza ed esperienza nelle applicazioni elettriche e che, a mio avviso, ha dato e dà un forte contributo a una esatta impostazione economica del problema elettro-agricolo — afferma possibili risultati ben più favorevoli, ove si utilizzino speciali accorgimenti.

Donde questa differenza di previsioni?

L'Ing. Valduga afferma, credo con ragione, che mancò in passato ogni serio studio del necessario adattamento tecnico delle linee, del macchinario ecc. a quelle che sono le particolari esigenze dell'agricoltura; che si è, insomma, per dire così, preteso di portare nei campi i medesimi criteri tecnici costruttivi propri delle applicazioni industriali; e che non si può, per questa via, arrivare se non all'insuccesso.

Se questo adattamento avviene, le prospettive economiche mutano radicalmente.

Ma poi — anche dimostrato che il prezzo per kW-ora dell'energia elettrica impiegata nell'agricoltura può scendere ad una determinata misura x (e non oltre) — ciò non esaurisce il problema. Si tratta anche, evidentemente, di vedere se le altre energie da surrogare — e particolarmente quella del bestiame da lavoro — costano più o meno di quell'x (6).

E si può sicuramente affermare, in proposito, che il costo unitario del lavoro ottenuto dal bestiame è straordinariamente vario da tipo a tipo di ordinamento agrario, fra limiti lontanissimi, e che gli agricoltori stessi raramente lo conoscono e spesso non sanno neppure ben calcolarlo.

Da tutto ciò sembra risultare chiaro che la convenienza dell'elettrificazione non è problema che ammetta una soluzione generale: occorre attentamente studiarlo zona per zona.

Ma c'è altro da aggiungere.

***

Se è necessario l'adattamento tecnico degli impianti elettrici alle particolari esigenze del lavoro agricolo, è correlativamente necessario anche l'adattamento degli ordinamenti agricoli alle nuove possibilità offerte dal motore elettrico. L'industria idro-elettrica deve andare incontro alla agricoltura, ma anche l'agricoltura all'industria idro-elettrica.

Le disponibilità di un'energia il cui costo unitario diminuisce con l'intensificarne l'impiego sulla unità di superficie e insieme col prolungarla durante l'anno, pone all'agricoltore intelligente queste domande: nelle nostre aziende si impiega veramente tutta la energia motrice che potrebbe essere conveniente? e un aumento di essa può avvenire combinandola con una regolarizzazione del suo uso durante l'anno?

Ora a questi quesiti i risultati di esperienze della STEA, insieme con altre direttive che si vanno affermando in questi ultimi tempi, già portano un contributo molto notevole.

Nel 1928 « l'Accademia » aveva posto allo studio della sua Commissione di ingegneria agricola, presieduta dal Comm. Petrocchi, il problema dei troppo costosi scassi in collina, che tanto preoccupa gli agricoltori toscani nei riguardi della ricostituzione viticola.

Usando un argano con comando a motoriduttore elettrico si scassò a profondità di un metro con una potenza di 7-10 HP, naturalmente a piccola velocità.

Successivamente la STEA, per cura particolare del Marchese Ing. Gondi, sperimentando con altro argano sulla medesima direttiva di piccola potenza e di velocità ridotta, ottenne favorevoli risultati nello scasso di difficili terreni collinari a Lardarello.

La STEA ha ora in costruzione un nuovo argano, del piccolo peso di 6 quintali, a facili e semplici variazioni di velocità, comandato da un motore elettrico della potenza fra 2,5 e 7,5 HP, o anche da due più piccoli motori accoppiati; il possibile accoppiamento di due argani potrà consentire anche i lavori più profondi di scasso.

Questo indirizzo mi sembra straordinariamente fecondo: piccoli motori e argani, accoppiabili e separabili, di agevole trasporto e piazzamento; facili riduzioni di velocità, per rendere possibili anche lavorazioni le più profonde con piccola potenza; è proprio quanto occorre in agricoltura per realizzare un'economica combinazione di potenza e utilizzazione annua.

Ma questo indirizzo, inoltre, felicemente si coordina con altri convincimenti che si vanno facendo strada nel campo agricolo.

Troppi terreni italiani si lavorano ancora del tutto superficialmente: noi ne utilizziamo un troppo piccolo strato, noi che disponiamo, per la nostra crescente popolazione, di così scarsa superficie.

Lo scasso — all'infuori dell'impianto di colture arboree — inteso come periodica lavorazione ordinaria, apre forse alla produzione nuove inattese possibilità, sopratutto se eseguito, più che con attrezzi rovesciatori, con attrezzi semplicemente *sommovitori* del terreno a grande profondità. Le esperienze del Prof. Ferraguti sono in materia grandemente significative.

Naturalmente ciò è possibile solo quando il costo dello scasso non risulti troppo elevato. Già il motore a scoppio offre in proposito favorevoli prospettive. Ma, ove questo indirizzo di lavorazioni profonde e di scassi relativamente frequenti si coordini con la elettrificazione, sembra possa appunto trovarsi in esso un decisivo contributo a quella intensificazione dell'impiego dell'energia per unità di superficie e a quella migliore distribuzione di essa durante l'anno, che sono fondamentali condizioni di energia elettrica a basso costo unitario.

---

(5) La indiscussa competenza e la grande autorità dell'autore creano nell'animo nostro un senso di sfiducia. Noi temiamo che non sia nè in generale possibile, nè economico nelle campagne italiane l'impiego della elettricità alla lavorazione del terreno. Difficile per l'esistenza di fossati e filari numerosi anche là dove i poderi sono mportanti; a forziori perciò difficile altrove; non sufficientemente economico, perchè normalmente l'agricoltura è una industria povera. Taluna delle nostre associate non ha mancato di fare e ripetere a proprie spese esperimenti seriamente controllati, ma i risultati sono stati scoraggianti. (*N. d. R.*).

(6) Questo è veramente il nocciolo della questione. Un vero, completo, esatto, bilancio *economico* fra ciò che esiste e ciò che si vorrebbe sostituirvi, ecco quel che occorre per persuadere. Qui si mostra in tutto il suo valore la preparazione dell'oratore, che sa impostare il problema nel solo modo convincente. (*N. d. R.*).

Così la elettrificazione andrebbe a rappresentare non solo una riduzione di costi, ma una più elevata produzione; ciò che particolarmente importa all'economia nazionale.

***

Questo sforzo di adattamento delle modalità tecniche di approvigionamento e utilizzazione dell'energia elettrica alle particolari esigenze dell'agricoltura, e reciprocamente degli ordinamenti e metodi di questa alle nuove possibilità offerte da quella, deve essere, a mio avviso, tenacemente proseguita. Ho l'impressione che si cammini sulla buona strada e sia possibile arrivare alla meta.

Finchè non saremo riusciti ad elettrificare, secondo le direttive esposte, alcuni territori tipici — dico territori e non singole aziende —, non potremo renderci esatto conto della praticità e dei limiti di convenienza economica di questa applicazione, o — diremo meglio — della sua *area di convenienza*; poichè certamente la convenienza potrà esistere in determinate condizioni agrarie e non in altre, che debbono appunto essere precisate.

Ammettiamo che questi tentativi, esperienze, accertamenti siano interesse più degli agricoltori che degli industriali; ma vogliamo credere che, come è avvenuto e avviene a Firenze, anche altrove non sia per mancare la collaborazione ed il concorso finanziario delle imprese elettriche e degli elettrotecnici.

Non potrà mancare anche l'aiuto dello Stato. Si tratta di prove, di tentativi, che esigono cospicui mezzi finanziari (7).

Intanto non è forse impossibile fermare alcune conclusioni provvisorie, che corrispondono a quelle cui è giunta, sotto la mia presidenza, la *Corporazione dell'Agricoltura*, in sue recenti adunanze.

***

La prima conclusione è questa, che siamo in presenza di un problema non *individuale*, ma *consorziale*.

Combinazioni economiche di potenza e utilizzazione annua nell'uso agricolo dell'energia elettrica potranno, di regola, avvenire solo se tutte le aziende incluse in un determinato comprensorio siano intensamente elettrificate. La buona volontà di singoli agricoltori — ove non si tratti di grandissime proprietà — sarà vana, se gli agricoltori vicini non ne siano ugualmente provvisti. Non bisogna discorrere di *azienda agricola elettrificata*, ma di *comprensorio elettro-agricolo*, così come parliamo di comprensorio irriguo, di bonifica, ecc. Anche l'elettrificazione dell'agricoltura è realmente un aspetto del problema della bonifica integrale, che ha come suo organo il *Consorzio:* il Consorzio di diritto pubblico, amministrativo, non di diritto privato.

A questo punto — anche in pieno Stato fascista corporativo — non manca mai chi subito si spaventa, chi subito corre con pensiero nostalgico ai bei tempi in cui ciascuno faceva nella propria azienda quel che credeva convenirgli, senza queste diavolerie di consorzi, i quali a suo tempo si presentano a riscuotere tributi votando le tasche del prossimo.

Infatti, già si sente da qualcuno obiettare: Consorsi sì, sta bene, se proprio è necessario; ma, per carità, consorzi *volontari*.

Che vuol dire Consorzi volontari? Forse consorzi formati con il dichiarato consenso di tutti i proprietari inclusi in un comprensorio da elettrificare, nessuno eccettuato? Ma consorzi di questo genere non si formeranno mai, o quasi mai: non mancherà mai qualcuno che non ne vuol sapere, se anche la stragrande maggioranza — calcolata non dico per numero ma per interessi — è consenziente.

La libera iniziativa privata è uno strumento prezioso e indispensabile anche nell'economia corporativa, ma non quando diventa arbitrio individuale che impedisce atti e fatti utili alla Nazione.

Il continuo estendersi di attività economiche non individuali ma associate, e associate in forme non puramente private ma condotte sul piano dell'interesse nazionale e a questo subordinate, non è una capricciosa invenzione di nessuno: è il risultato necessario della stessa evoluzione tecnica, perchè solo con queste forme molti progressi tecnici sono attuabili; perchè senza di esse la volontà negativa del singolo può diventare impedimento al bene di tutti e della Nazione. Ne è appunto una comprova il problema di cui mi sto occupando.

Il Consorzio, quale si è venuto sviluppando nella legislazione per la bonifica integrale, è, a mio avviso, uno dei migliori strumenti — come ho cercato di dimostrare in altra occasione — di tale necessaria attività associata, rispondente ai fondamenti della economia corporativa.

L'elemento volontario e dell'iniziativa privata non vi manca, anzi vi giuoca una parte fondamentale (basta pensare che il Consorzio è gestito dai proprietari stessi, presumibilmente dai migliori fra loro: al fine che essi siano veramente i migliori deve essere diretto ogni perfezionamento dell'ordinamento consortile); ma l'elemento volontario vi è contemperato ed equilibrato con la volontà dello Stato.

È dunque solo attraverso l'attività consortile che si può risolvere, a mio avviso, il problema elettro-agricolo.

***

Seconda conclusione è questa.

Risolti, come dissi, con la collaborazione di elettricisti ed agronomi, i problemi propriamente tecnici della elettro-agricoltura — data cioè la *possibilità tecnica* di soluzioni economiche del problema — resta sempre che, in concreto, queste possibilità debbano essere poste in atto dagli agricoltori. Sono gli agricoltori consorziati che debbono realizzare nel loro comprensorio tale coordinazione nello spazio e nel tempo degli impieghi agricoli dell'energia, che consenta un conveniente prezzo unitario di essa.

Credo che i rapporti fra imprese elettriche ed agricoltori si chiarirebbe in modo definitivo qualora fossero posti sulla base di una determinata potenza impegnata sulle linee primarie e pagata ad anno dal Consorzio, restando a questo il compito di distribuire nel proprio comprensorio l'energia e di curarne tali modalità di impiego da realizzare, con una elevata utilizzazione annua, il voluto conveniente prezzo unitario.

Il forfait per cavallo-anno (8) rappresenterebbe, credo, un enorme semplificazione del problema, in quel suo aspetto tariffario, che è elemento perturbatore dei rapporti fra agricoltori e imprese elettriche.

Ciò, naturalmente, senza escludere altre possibili forme di tariffe per determinate modalità di impiego agricolo, le quali, coordinandosi nel tempo con altri impieghi industriali, consentissero condizioni di prezzo anche più favorevoli. Perchè, per esempio, dovrebbe essere impossibile la utilizzazione di energia notturna, notoriamente a buon mercato, per certe lavorazioni dei terreni?

Adottando come base il forfait per HP-anno forse non apparirebbero tanto ostici neppure quei *contratti-tipo* corporativi, che la Corporazione dell'agricoltura ha chiesto nelle sue conclusioni.

***

Vengo a una terza e, per vostra fortuna, ultima conclusione.

Il punto a mio avviso ancora più oscuro per una soluzione

(7) Ottima idea. Sperimentare è il modo più sicuro di procedere. Anzi a nostro parere questi esperimenti dovrebbero *precedere* qualsiasi altro provvedimento di consorzi più o meno obbligatorii, di sussidii più o meno larghi ecc. ecc. (*N. d. R.*).

(8) L'industria elettrica ha cominciato i suoi primi passi quarant'anni or sono con le tariffe *a forfait* così dette. Ma le ha dovute abbandonare pressochè in tutto il mondo. Su questo punto bisognerà riflettere. (*N. d. R.*).

economica del problema è quello del costo della linea di distribuzione. Per quanto si possa essere fiduciosi nella possibilità di molto diminuirlo, con opportune modalità costruttive, resta forse vero quanto è stato affermato da qualcuno, che cioè il problema dell'elettro-agricoltura è più di elettrodotto che di prezzo dell'energia.

Orbene — posto che alla rete di distribuzione dovrebbe, secondo queste mie conclusioni, provvedere il Consorzio dei proprietari — io non vedo perchè questo impianto, che assume il carattere di un vero miglioramento fondiario, non possa godere di contributo finanziario da parte dello Stato, bene inteso negli stretti limiti necessari ad abbassare il costo unitario dell'energia al livello di convenienza (e tanto meglio se, in condizioni favorevoli, non occorrerà a tal fine nessun contributo).

Il principio è già accolto nella nostra legislazione, sebbene in forma e con disponibilità finanziarie affatto inadeguate. La forma opportuna è appunto, a mio avviso, questa: il contributo statale nel costo della rete elettro-agricola, così come viene concesso — per citare il caso più analogo — nel costo di costruzione di canali di irrigazione.

Anche a questo proposito non mancano le obbiezioni, e talora gli scongiuri. Non manca mai chi osserva che se una iniziativa, per essere conveniente, ha bisogno di aiuti dello Stato, meglio è non attuarla, rappresentando essa un impiego meno fruttifero del risparmio, e quindi una perdita per la Nazione.

Non neghiamo importanza a questa obbiezione, ma affermiamo che l'interesse nazionale non si misura solo in termini di maggiore o minore reddito finanziario.

Il contributo che l'elettrificazione rurale può recare ad un migliore equilibrio degli scambi commerciali coll'estero e insieme, con l'aumento dei prodotti zootecnici, a una più ricca alimentazione del popolo; l'apporto di essa ad una più moderna attrezzatura di tutta la vita rurale, che il fascismo vuole, e non solo per ragioni economiche, difesa e intensificata; il carattere particolare degli immobilizzi fondiari, ai quali si lega l'avvenire della Nazione, mentre meno facilmente attirano il risparmio privato; mi sembrano ragioni sufficienti dell'indicato concorso finanziario dello Stato.

***

Nell'autunno venturo si riuniscono a Firenze gli elettrotecnici italiani (9).

L'Accademia dei Georgofili sarebbe grandemente onorata se, nella sua vecchia ma gloriosa sede, potesse avvenire con essi una serena discussione circa le possibilità dell'elettrificazione agricola. Essa darebbe un contributo ben maggiore delle mie parole di oggi.

L'industria elettrica è una delle glorie dell'economia italiana: gli agricoltori non lo dimenticano. Ma essi chiedono che i capi di essa vogliano considerare con la maggiore simpatia gli studi, i tentativi, le esperienze che si vanno compiendo per trovare la soluzione migliore ai problemi dell'elettro-agricoltura.

Firenze ne ha dato un cospicuo esempio: possa esso venire dappertutto imitato.

---

(9) Probabilmente qui si allude alla benemerita A. E. I., la quale però è una associazione libera, che non ha veste nè responsabilità nel sistema corporativo. La UNFIEL che raggruppa le imprese elettriche di iniziativa privata, sembra essere invece l'organizzazione indicata per discussioni del genere. Le quali del resto sono già da tempo avviate, per merito appunto di S. E. Serpieri, di S. E. Acerbo, e dell'On. Tassinari, Presidente della Confederazione degli Agricoltori. (*N. d. R.*).

ANNIBALE GILARDONI

# Il Consiglio di Stato e l'industria elettrica

## (Note alla Relazione Santi Romano, 1929-30)

L'industria elettrica deve considerare il Consiglio di Stato come supremo organo amministrativo e giurisdizionale non solo nei limiti della competenza generale verso tutti i cittadini ed Enti, ma anche per la speciale attività di ordine consuntivo e giurisdizionale che il Consiglio di Stato esercita nella materia delle concessioni amministrative, delle acque, degli elettrodotti e delle espropriazioni, tutto in relazione agli impianti e all'esercizio della produzione di energia.

E tanto più l'industria elettrica deve studiare e valutare l'opera del Consiglio di Stato, come organo investito di speciali attività che la riguardano, dopo la riforma attuata colla legge 1° Giugno 1931 n. 951 (1) e della quale si è detto sommariamente in questa Rivista, perchè allo stesso Supremo organo amministrativo sono state restituite — con detta legge — tutte le funzioni consultive giuridiche riferibili *a materia tecnica*, che, colle riforme del 1922 e 1923, erano state prima concentrate nel Consiglio Superiore dei Lavori pubblici.

Ciò premesso, è utile ricordare come, coll'avvento del Governo fascista, il Consiglio di Stato sia salito, per intenzione esplicitamente dichiarata del Governo stesso, a nuova maggiore autorità.

Nella solenne seduta del Consiglio di Stato del 22 dicembre 1928 infatti, in conformità delle affermazioni già precedentemente rese alla Camera (2) e del discorso tenuto all'adunanza generale del 15 gennaio 1924 (3) il Capo del Governo, On. Mussolini, ebbe a dichiarare che l'amministrazione fascista, non legata a nessun compromesso di parte e a nessun interesse di categoria, non può essere che una amministrazione giusta e quando Voi, Onorevoli Signori del Consiglio di Stato, annullate atti amministrativi inficiati di incompetenza, di violazione di legge, di eccesso e traviamento di potere, Voi non create ostacoli all'andamento dell'amministrazione fascista, che non può essere intesa in senso meramente meccanico, ma la richiamate e restituite ai suoi compiti essenziali ».

Con tali parole il Capo del Governo investiva della Sua altissima funzione il nuovo Presidente del Consiglio di Stato, Sen. Santi Romano, e questi, con una relazione di recente pubblicata (1) rende il conto morale dell'opera compiuta dal Supremo organo amministrativo, riassumendo i pronunciati del Collegio medesimo per gli anni 1929-30.

Giova porre in rilievo in questa Rivista quanto nella Relazione Santi Romano, riguarda l'industria elettrica.

### II. – PROVVEDIMENTI CONSULTIVI DEL CONSIGLIO DI STATO.

La Relazione, dopo una premessa di ordine generale, che può dirsi una vera e propria storia della legislazione in materia, e dopo un riassunto sulle attività del Consiglio di Stato nell'ordine legislativo (progetti di legge, regolamenti, testi unici, provvedimenti amministrativi per il personale o complessi, organizzazione dei servizi pubblici per decreto) riferisce sull'*attività di consultazione nel campo dell'attività amministrativa* e in questa parte della pubblicazione meritano rilievo alcuni principî fondamentali che, per quanto enunziati dal Consiglio di Stato in occasione di provvedimenti particolari, hanno un carattere generale e di tendenza giuridico-amministrativa: Riassumiamo le massime:

*a*) nelle *transazioni* tra lo Stato e i privati contraenti o fornitori deve prevalere il concetto che le *sole* domande avanzate, le quali, nei confronti dello Stato, abbiano sufficiente fondamento *in diritto*, possano in misura più o meno ampia, a seconda dei casi, trovare accoglimento, mentre *ragioni meramente equitative* non possono prendersi in decisiva considerazione (pag. 60 della relazione). Le ragioni di ordine giuridico, ai fini dell'approvazione delle transazioni da parte del Consiglio di Stato devono peraltro trovare un giudizio *nel loro complesso* e non nella analisi specifica (*ivi*) dei singoli motivi di diritto;

*b*) nell'applicazione di *multe contrattuali* per gli appalti pubblici non ha efficacia dirimente il fatto della colpa del subfornitore, che non può equipararsi a forza maggiore nei riguardi del diretto contraente collo Stato (*ivi*, pag. 60-61. Parere 30 luglio 1930, n. 554, Sez. II);

*c*) nei provvedimenti amministrativi per i quali il *parere* preventivo del Consiglio di Stato è obbligatorio (e tali sono quelli — come è noto — riguardanti le concessioni idroelettriche nella parte giuridica), l'omissione del parere è causa di nullità (pag. 67 e segg.) del provvedimento amministrativo;

(1) Cfr. in *L'Energia Elettrica* 1931, pag. 626.

(2) Discorso dell'8 dicembre 1928: « Altro elemento che io considero *fondamentale* è la realizzazione assoluta della *giustizia amministrativa*. Il popolo italiano è giustamento geloso in siffatta materia ed io gli riconosco il diritto di esserlo. La giustizia senza la forza sarebbe una parola priva di significato; ma la forza senza la giustizia non può e non deve essere la nostra formula di governo ».

(3) Discorso tenuto all'adunanza generale del Consiglio di Stato: « Il Governo volle che il Consiglio di Stato fosse rinvigorito e restituito alla dignità della funzione di organo della consulenza giuridica ». E più oltre: « Il Governo fascista con sostanziali riforme ha corrisposto a sentiti e reali bisogni pubblici, ma ha anche reso omaggio alla sapienza e alla prudenza del Supremo Collegio amministrativo dello Stato, mai mentita dalla sua istituzione e dal quale si attende l'immancabile ausilio del suo saggio consiglio nell'opera non meno grave che resta a compiere, relativa all'applicazione delle riforme deliberate, in vista di un'Italia meglio ordinata per svolgere ed affermare le sue grandi inesauribili, giovani forze morali e materiali ».

(1) Istituto Poligrafico dello Stato, ottobre 1931.

*d*) nel caso *di aumento notevole di spese* di fronte al previsto, per appalti pubblici, si richiama la necessità di accurata redazione di progetti originari (pag. 75);

*e*) il sistema *dei pubblici incanti* deve essere quello normale per le provviste dei beni strumentali dei pubblici servizi e la deroga a tale sistema è autorizzata dalla legge in via del tutto eccezionale (pag. 75), anche in confronto del sistema intermedio della licitazione privata. A ciò il Consiglio di Stato si richiama con particolare insistenza.

Questi postulati non riguardano in modo specifico e tassativo l'industria elettrica, ma sono connessi a materia che investe anche interesse dell'industria stessa.

III. – PROVVEDIMENTI GIURISDIZIONALI DEL CONSIGLIO DI STATO.

A) *Questioni di competenza.*

È notissimo il carattere della funzione del Consiglio di Stato come organo giurisdizionale: tutti i ricorsi contro i provvedimenti amministrativi pei quali si denuncia la lesione di un *interesse* per vizio di *legittimità* (violazione di legge, incompetenza, eccesso di potere) o di *merito* in casi speciali sono devolute alle sue sezioni giurisdizionali (IV e V) del Consiglio di Stato, le quali possono, in accoglimento di tali ricorsi, annullare o riformare (quest'ultimo solo nei casi tassativamente stabiliti) i provvedimenti denunciati. Tale competenza del Consiglio di Stato, appunto definita di annullamento o di riforma (secondo i casi di *legittimità* o di *merito*) si presenta alternativa — salvo certi casi controversi in cui il *diritto* è fatto valere come interesse — con quella del giudice ordinario, il quale, come tutti sanno, sentenzia solo sui *diritti* e non sugli *interessi*.

Data la distinzione delle due competenze — Consiglio di Stato e Giudice ordinario — è facile comprendere la possibilità di un *conflitto* fra le due giurisdizioni. Altre ragioni per altri contrasti esistono poi fra la competenza del Consiglio di Stato e quella di altri organi di giurisdizione speciale. Ogni organo giurisdizionale è giudice della propria competenza; di qui la possibilità del contrasto di giurisdizione che, a sensi della notissima legge del 1877, è devoluto alla Corte di Cassazione a sezioni riunite.

Nel periodo 1929-30 il Consiglio di Stato — fra l'altro — nel determinare i limiti della propria competenza, ha affermato spettargli l'esame dei ricorsi contro provvedimenti per i quali sia indiscussa la *demanialità dell'acqua*. Se questo requisito è controverso, la competenza è del Tribunale delle Acque ai sensi della legge 9 ottobre 1919, n. 2161 (relazione pag. 96). Potrebbe forse aggiungersi che resta molto dubbio, nonostante la massima adottata dal Consiglio di Stato, la risoluzione di competenza di fronte al disposto dell'art. 70 lettera *C*) della stessa legge del 1919 come di fronte al principio procedurale della competenza ordinaria nella materia di acque private.

Si presentò al Consiglio di Stato il dubbio di competenza contro i provvedimenti emessi dalle *Aziende municipalizzate*, in materia, nella specie, di contratto di lavoro, e il dubbio fu risolto, all'infuori della legislazione sindacale per la competenza del Consiglio di Stato (pag. 97), in quanto quelle aziende erano Enti pubblici sottratti alle norme del contratto di lavoro privato e alla relativa Magistratura speciale.

Fu nuovamente esaminato il problema della competenza del Consiglio di Stato di fronte a quella dell'autorità ordinaria e, con una decisione in Adunanza plenaria delle Sezioni giurisdizionali, fu confermato il principio della discriminazione delle due competenze sulla base di due elementi che si integrano a vicenda: formulazione della domanda (annullamento o riparazione del diritto leso) e natura della controversia (oggetto — materia riservata — organo che emette il provvedimento, pag. 101 e segg. ).

Oggetto di grave dibattito di competenza dinanzi al Consiglio di Stato fu il caso dei provvedimenti dei Comuni nei quali si sostanzia un diritto soggettivo e contrattuale. Il Supremo organo amministrativo ritenne (pag. 106) che per i contratti comunali la maturazione di quel diritto non avvenga che quando sia intervenuto il visto prefettizio; prima di questa formalità, quindi, vive la competenza del Consiglio di Stato. Contro il rifiuto del visto il privato contraente ha interesse legittimo al ricorso dinanzi al giudice amministrativo (pag. 106). È invece di competenza dell'autorità ordinaria la controversia sulla rescissione o modificazione di un contratto pubblico (pag. 107); salvo il caso dell'annullamento di ufficio, nel quale caso persiste la competenza del Consiglio di Stato (pag. 108).

Non rientra invece nella competenza di quest'organo la contestazione sul possesso di titolo inerente alle professioni liberali (pag. 114) — compresa quella di ingegnere — e quella sul pagamento di competenze professionali dovute da Enti pubblici (pag. 115).

Fu sollevata dinanzi al Consiglio di Stato la questione circa la competenza sui ricorsi contro un decreto prefettizio col quale era stata emessa ingiunzione a un'azienda elettrica di *spostamento di elettrodotto* a spese dell'azienda stessa.

In tal caso la Sezione ritenne esclusiva la competenza del giudice ordinario perchè non si discuteva di *diritto obbiettivo*, le cui norme si pretendessero violate, ma di *diritto subbiettivo* (pag. 116).

È noto che contro molti provvedimenti amministrativi non trovasi tutela dinanzi al Consiglio di Stato per la natura politica o puramente discrezionale degli atti stessi. Fra questi lo stesso Consiglio di Stato ritenne esservi il provvedimento del Ministero dei LL. PP. che dichiarava regolare una costruzione di un edificio in relazione a speciali norme tecniche, nella specie, in zona terremotata (pag. 117).

E il Consiglio di Stato, in relazione alla competenza determinata dalla natura dell'organo deliberante, ritenne non sussistere la esclusività della giurisdizione amministrativa (art. 29 T. U. 26 giugno 1924, n. 1054) nei casi di contestazioni sul contratto di impiego di un Sindacato industriale infortuni (pag. 121) cui fu negato il requisito della pubblicità, non ostante il riconoscimento.

Il raggio di azione di questa giurisprudenza per le questioni di competenza si estende anche *ai limiti della competenza delle Sezioni giurisdizionali* e, in proposito, la Relazione Santi Romano, ricorda, fra i limiti generali, la natura e la definizione concettuale del Sindacato di legittimità e fra i limiti speciali, la esplicita esclusione, non infrequente nelle leggi speciali, di ogni ricorso in sede amministrativa e giudiziaria. E fra queste leggi la Relazione Santi Romano ricorda l' art. 68 del Regol. 22 ottobre 1923, n. 2587 che esclude ogni gravame contro i provvedimenti della Commissione Centrale per l'iscrizione nel ruolo degli ingegneri ed architetti dei cosidetti «provetti». Tale art. 68 fu denunciato al Consiglio di Stato per incostituzionalità, e infatti il Consiglio di Stato si ritenne in tale materia competente a giudicare sui ricorsi degli interessati (pag. 141).

B) *Questioni procedurali.*

Appartiene alla comune conoscenza che, affinchè possa proporsi un ricorso al Consiglio di Stato in sede giurisdizionale occorre: 1°) che si impugni un provvedimento amministrativo, formale; 2°) che tale provvedimento sia definitivo; 3°) che leda un interesse individuale, concreto, valutabile ed attuale.

Si è lungamente dibattuto e tuttora si dibatte sulla natura *definitiva* del provvedimento e per quanto insufficiente, si è adottata la formula che sia definitivo quel provvedimento che non consente rimedio gerarchico e fra le molte contestazioni la Relazione Santi Romano (pag. 161) ricorda quello della deliberazione del Podestà non soggetta a particolare approvazione.

Per quelle soggette a « visto » esiste il ricorso gerarchico al Ministero dell'Interno e quindi manca la definitività, anche nei casi di diniego di visto a un contratto del Comune (p. 163 e 169).

Per quanto si riferisce alla *capacità del ricorrente*, il Consiglio di Stato, nel caso di un Comune, ha confermato che non occorre più l'autorizzazione a stare in giudizio, bastando a integrare la capacità giudiziale del Podestà, in rappresentanza del Comune, il visto Prefettizio (pag. 187).

Per tutte le altre contestazioni di ordine procedurale la relazione citata non ha emessi pronunciati rilevabili nell'interesse dell'industria elettrica.

C) *Questioni di legittimità e di merito.*

La Relazione Santi Romano contiene una parte — circa la metà del volume — che riassume gli indirizzi giurisprudenziali sulle questioni di legittimità o di merito, risolute dal Supremo Collegio amministrativo nei limiti della propria competenza, nel biennio 1929-30.

Tale parte della Relazione premette una enunciazione delle risoluzioni adottate per varie questioni di validità degli atti amministrativi in ordine alla competenza, alla forma, al contenuto. Sono pure rilevate le decisioni sui vizi dell'atto amministrativo, sui limiti e sulla cessazione di questo, sulla sua sospensione, interruzione e revoca.

Dopo ciò la Relazione passa ad esaminare quelli che denomina *atti amministrativi convenzionali* e specialmente i contratti degli Enti autarchici.

Sull'obbligo degli appalti nei casi di *concessione*, il Consiglio di Stato — prima del T. U. 16 settembre 1931 sulla finanza locale — riteneva già che anche per le *concessioni* vi fosse obbligo di appalto (pag. 657). La legittimità del diniego del visto ai contratti degli enti locali, anche se regolari, per motivi di ordine pubblico, fu dal Consiglio di Stato ribadita (pag. 659); quando il diniego è però connesso a « motivi di opportunità e di convenienza »; le ragioni del provvedimento debbono essere « motivate » cioè enunciate espressamente se non dimostrate (pag. 660) e non soltanto genericamente richiamate.

Per quanto si attiene ad interessi dell'industria elettrica possono essere riassuntivamente ricordate fra gli altri casi giurisprudenziali di legittimità e merito — esclude le questioni sull'elettrodotto e le espropriazioni, per cui sarà detto a parte nel seguente paragrafo — decisi nel 1929-30, due soli casi nel quale il Consiglio di Stato, ai fini di *classificazione stradale* ha deciso che gli elenchi di strade pubbliche sono documenti dichiarativi e non attributivi; possono quindi essere oggetto di ricorso (pag. 820) e di esibizione di prova contraria.

C) *Questioni di elettrodotto e di espropriazioni.*

La Relazione Santi Romano (pag. 885 a 887) ricorda due casi specifici di decisioni riguardanti l'elettrodotto. Nel primo caso era dibattuto sulla legittimità della cosidetta *concorrenza di elettrodotto*, sul secondo dei limiti di servitù di appoggio di fili telegrafici e telefonici. Il testo della Relazione è il seguente:

«La legge 7 giugno 1894, n. 232 (in particolar modo all'art. 5) ed il relativo regolamento (25 ottobre 1895, n. 642, art. 13) stabiliscono che chi vuol far passare condotte elettriche deve giustificare di possedere l'energia elettrica ed i mezzi finanziari per gestire regolarmente l'impiego: deve inoltre eseguire l'impianto in modo da recare il minor disturbo possibile sia al proprietario dei fondi serventi, che agli utenti di condotte elettriche vicine; eseguendo, se del caso, le opere necessarie.

È sorta al riguardo, questione, se ed in quali limiti le norme anzidette possano essere invocate dall'utente di altra condotta elettrica vicina, al fine, sostanziale, di ostacolare l'impianto di altra azienda elettrica concorrente.

Con decisione 8 marzo 1929, n. 121, la IV Sezione ha rilevato che gli articoli 5 della legge 7 giugno 1894, n. 232 e 531 a 535 e 602 del Codice Civile, disciplinano la servitù legale di elettrodotto sui fondi privati. Nell'art. 5, solo allo scopo di tutelare i diritti correlativi, sono prescritti gli accertamenti. La ragione è ovvia, in quanto il legislatore, prima di consentire che si permettesse l'accesso sul fondo altrui per gli studi preliminari di progetto e un grave onere sulla proprietà privata, quale è quello della servitù legale di elettrodotto, ha voluto che l'autorità competente accertasse la serietà dell'impresa, e se essa fosse dotata di mezzi sufficienti per raggiungere un fine di pubblico interesse. Le controversie, che sorgessero in conseguenza per l'applicazione della legge, sono devolute al magistrato ordinario, come chiaramente si evince dall'art. 9 della legge.

Ora per quanto s'impugni un provvedimento ministeriale, non nella veste di proprietario di un qualsiasi fondo serviente, ma quale concessionario di altro elettrodotto, per eliminare una concorrenza che si giudica pregiudizievole ai propri interessi, o per evitare che l'impianto possa essere reso deteriore per effetto di altro impianto, le relative doglianze devono essere portate o all'autorità giudiziaria, ai sensi del secondo comma dell'art. 13 del regolamento 25 ottobre 1895, n. 642 o all'autorità amministrativa competente, la quale può disporre opportuni spostamenti, a norma dell'ultimo comma dell'articolo stesso.

Con altra decisione 29 marzo 1930, n. 122, la IV Sezione ha ritenuto che un decreto diretto ad imporre una servitù di appoggio di fili telegrafici e telefonici non è atto di espropriazione per pubblica utilità, ed è regolato dalla legge 3 maggio 1903, n. 196; che contro il decreto stesso è ammesso, ai termini di legge, il ricorso gerarchico; e che, ai sensi dell'art. 4 di tale decreto nel caso di passaggio di fili con appoggio su stabili di proprietà privata, è necessario, se manchi il consenso del proprietario, un provvedimento dell'autorità competente, con la corresponsione di un'indennità; che, infine, l'emanazione di tale provvedimento è formalità indispensabile al contradittorio delle parti.

Ha considerato il Collegio, in via preliminare, che il provvedimento impugnato (si trattava di atto dell'Alto Commissario di Napoli) era stato da questi preso, non in virtù dei poteri accordatigli in materia di occupazione per pubblica utilità dal R. D. 11 aprile 1926, n. 752, ma in virtù delle attribuzioni deferite ai prefetti dagli articoli 4 e 5 della legge 3 maggio 1903, n. 196; e in forza dell'art. 7 della legge sul contenzioso amministrativo e 3 della legge comunale e provinciale.

Nè poteva altrimenti, poichè il R. D. del 1926 riguarda le espropriazioni forzose, e nel caso in esame non si trattava di espropriazione, ma di costituire una servitù di appoggio di fili telegrafici e telefonici su fondo altrui, in base alla legge speciale del 1903, che ha quindi tutt'altro contenuto e finalità. Essa dispone che a ciò si provveda con decreto del prefetto ai sensi della legge 25 giugno 1865, n. 2359, ma, si noti bene, sotto l'osservanza delle disposizioni indicate nella legge del 1903.

Ciò posto, appariva infondata la censura che, attraverso il provvedimento del Ministro, confermativo, si tendesse a ferire quello insindacabile dell'Alto Commissario. A prescindere dalla natura del provvedimento ministeriale, il quale è impugnabile per quanto si dirà in appresso, quello dall'Alto Commissario non era insindacabile. In concreto, trattandosi di collegare il porto alla città con fili telegrafici e telefonici, come risultava dagli atti, si doveva applicare la legge 1903, la quale, all'art. 5, terz'ultimo comma, dispone che contro il decreto del Prefetto è ammesso il ricorso ai termini dell'art. 3 della legge sul contenzioso amministrativo 20 marzo 1865, n. 2248. Detto ciò, era implicitamente risolta l'altra eccezione che il decreto dell'Alto Commissario sia provvedimento definitivo.

In merito alla rilevata violazione dell'art. 4 della legge del 1903, in quanto prescrive che i fili debbano essere collocati in modo da non impedire al proprietario il libero uso della sua proprietà secondo la sua destinazione, ha osservato la Sezione che, nell'art. 4, sono raffigurate due ipotesi: quella del solo passaggio

senza appoggio, e quella del passaggio con appoggio. In questo secondo caso, la legge vuole il consenso del proprietario o un provvedimento dell'autorità competente, con la corresponsione di una indennità, la quale, in conformità alla legge, fu stabilita nel decreto dell'Alto Commissario.

Per quanto concerne il rilievo che il decreto dell'Alto Commissario non era stato preceduto dal contradditorio, come stabilisce il secondo comma dell'art. 5, ha rilevato la Sezione che vi furono bensì, nel caso delle pratiche di bonario componimento riuscite infruttuose, come risulta dal testo del decreto, ma ciò non è sufficiente a soddisfare il voto della legge.

Il citato art. 5 stabilisce che: « Il Prefetto, sentite le parti in contradittorio, ed inteso il parere dell'Ufficio del genio civile, ordina il pagamento della somma offerta ed accettata, od altrimenti convenuta, ecc. ». In altri termini, le parti debbono essere convocate innanzi allo stesso Prefetto, il che appare specialmente necessario quando, come nella specie, pendeva innanzi al magistrato ordinario un giudizio per denuncia di nuova opera e danno temuto. La ragione della norma di legge è intuitiva e dev'essere scrupolosamente osservata. Il contradittorio, infatti, presuppone una contestazione, e si vuole che il prefetto, con la sua alta autorità, tenti un benevolo componimento, prima di autorizzare d'imperio la costituzione della servitù e ordinare il versamento dell'indennità. « La legge è tassativa, (conclude la decisione) la formalità essenziale, e non è stata adempiuta ».

***

Nella materia delle *espropriazioni per pubblica utilità* la Relazione Santi Romano riassume le tendenze giurisdizionali del Consiglio di Stato per vari casi che meritano rilievo per le aziende elettriche:

*a*) per la facoltà di espropriazione a favore delle *aziende annesse* a uno stabilimento dichiarato di p. u. (e tale è il caso di una centrale idroelettrica) il Consiglio di Stato ha deciso negativamente (pag. 857);

*b*) per i casi, sempre dibattuti, delle *espropriazioni di urgenza,* il Consiglio di Stato ha, in via generale, richiamato che il decreto di indifferibilità può essere emesso anche senza la previa declaratoria di p. u. (pag. 859);

*c*) e per *l'estremo di urgenza,* lo stesso Consiglio di Stato ha ritenuto che esso non viene meno anche se l'opera (nella specie acquedotto) non sia stata poi eseguita entro p. e. un anno o anche più dal giorno in cui l'occupazione venne pronunciata (pag. 860);

*d*) e, per l'applicazione in concreto delle *espropriazioni urgenti e indifferibili,* il Consiglio di Stato ha fermato il principio che il decreto prefettizio non è che atto di esecuzione di un precedente provvedimento ministeriale (dichiarazione di indifferibilità), contro il quale soltanto è proponibile il ricorso (pag. 864);

*e*) e per la *competenza ad emettere le dichiarazioni di indifferibilità e urgenza,* per le opere pubbliche o di pubblico interesse, il Consiglio di Stato ha deciso che la competenza del Ministero dei LL. PP. sia esclusiva e nei casi generali non sostituibile con quella dei Provveditori di opere pubbliche (pag. 864);

*f*) per il *titolo alla dichiarazione di indifferibilità,* il Consiglio di Stato ha escluso che il Prefetto possa far appello alla facoltà generale dell'art. 3 della legge comunale e provinciale (pag. 865);

*g*) e per le *occupazioni provvisorie,* lo stesso Supremo Collegio amministrativo ha ritenuto che il requisito di temporaneità dichiarato nel provvedimento che autorizza tali occupazioni non fa ostacolo alla successiva dichiarazione di espropriazione ed occupazione definitiva (pag. 866);

*h*) e che per le *requisizioni immobiliari* è esclusa, come da decisione presa in adunanza plenaria, la legittimità dell'esercizio da parte delle autorità militari della facoltà di cui all'art. 7 della legge sul contenzioso amministrativo (pag. 882).

***

Con questo è esaurito un rapido rilievo della preziosa Relazione Santi Romano sull'attività del Consiglio di Stato per il biennio 1929-30. Nella prefazione al volume si contiene una attestazione di fatto autorevole quando il Senatore Santi Romano esprime un ringraziamento al Capo del Governo « per aver voluto che, nel clima storico creato dal Fascismo, la funzione del Consiglio di Stato si svolgesse nelle direttive segnate dalla giustizia e dalle imprescindibili esigenze del pubblico interesse ».

ANNIBALE GILARDONI.

# L'economia politica è una scienza?

*Siamo venuti casualmente a conoscenza di un discorso pronunciato su questo tema il 12 maggio 1930 dal notissimo scienziato Le Chatelier al banchetto annuale della Società di Economia Politica di Lione. E ci è parso interessante pubblicare la parte essenziale del discorso, perchè le osservazioni e le idee del Le Chatelier sono indubbiamente condivise da una parte notevole degli scienziati. In fondo allo spirito positivo dei ricercatori del vero, è sempre rimasta un'oscura ostilità contro l'iscrizione dell'economia politica fra le scienze. L'autore precisa quali sono le ragioni scientifiche di questa ostilità. Ed i nostri lettori ci saranno grati indubbiamente di aver loro offerto l'occasione di qualche riflessione sulle ragioni profonde che servono forse a spiegare perchè e come, specialmente in questi ultimi anni, si sia manifestato un dissidio così profondo fra il comportamento pratico dei governanti e i postulati teorici dell'economia politica.*

*Ecco come Le Chatelier comincia il suo discorso:*

Sono stato molto lusingato quando il Vostro amabile Presidente mi ha chiesto di venire a prendere la parola a questo banchetto, e tuttavia il mio primo impulso è stato di rifiutare energicamente tale onore; non ho abbastanza il culto dell'incompetenza per permettermi di dissertare su problemi che disgraziatamente non conosco. Nella mia gioventù sono stato per breve tempo appassionato degli studi economici e ho tentato di leggere il grosso trattato di Giovanni Battista Say. Devo a mia vergogna confessare che non vi ho compreso gran che. Gli opuscoli di Bastiat mi piacquero maggiormente, ma a quanto mi si dice le sue dottrine sono oggi passate di moda. Scoraggiato, rinunciai infine a comprendere una metafisica troppo generale e troppo astratta per la mia debole intelligenza e allo studio della quale la mia formazione scientifica non mi aveva d'altronde preparato.

E tuttavia eccomi oggi in mezzo a voi. Riflettendo, son ritornato sulla mia decisione, poichè mi sono reso conto che c'era almeno una questione di cui potevo parlare con competenza, quella della mia ignoranza. La cosa non sarebbe molto interessante se si trattasse soltanto di me, ma credo di trovarmi se non in ottima, almeno in numerosa, compagnia. Quanti scienziati, quanti ingegneri in Francia sono nelle stesse mie condizioni! Uno dei membri più in vista di uno dei nostri recenti Ministeri non professa forse l'opinione che Teoria e Pratica sono due cose distinte, che non bisogna mai ravvicinare? È la negazione di tutte le dottrine economiche che hanno soltanto un fine applicativo. Quanti industriali si trovano allo stesso punto! Ho chiesto spesso per mia istruzione a qualcuno di questi, che aveva occasione d'interessarsi in modo particolare dei dazi doganali, di spiegarmi la teoria della protezione e non sono mai riuscito ad ottenere una risposta intelligibile.

Questa situazione è davvero deplorevole perchè, volere o no, nella società moderna siamo obbligati a vivere in mezzo a svariati problemi economici e ad interessarvici. Che si tratti di collocare del denaro, di leggere un giornale, di nominare un deputato, dobbiamo decidere fra opinioni o almeno fra sentimenti contrari. Come Jourdain, senza saperlo, facciamo tutti i giorni dell'economia politica; ma si tratta di una economia ben cattiva.

Vorrei qui esporvi le difficoltà che ci trattengono e ci rendono refrattari a studi dei quali tuttavia non disconosciamo l'importanza grandissima. Permettetemi di andare per la più lunga e di cominciare con una digressione: vorrei dapprima parlarvi di una questione che conosco bene, quella dei rapporti tra la Scienza e l'Industria; ritornerò dopo al mio argomento.

Sembra oggi banale affermare che il magnifico sviluppo dell'industria moderna è stato la conseguenza del progresso scientifico generale e particolarmente del fiorire delle scienze sperimentali. Eppure, se si interroga un industriale sulle scoperte scientifiche delle quali si vale, lo si trova imbarazzatissimo a rispondere. Quando vi installate in una casa, sapete benissimo che il progetto ne è stato preparato da un architetto e che i lavori sono stati eseguiti da impresari diversi, ma in generale ignorate i nomi di questi lavoratori della prima ora. Analogamente negli opifici, la collaborazione dei creatori dell'industria sparisce rapidamente nell'anonimo.

Recentemente uomini politici e giuristi lanciarono l'idea che questa partecipazione degli scienziati alla creazione dell'industria meriterebbe di essere ricompensata e proposero di istituire una speciale *rédevance* a loro beneficio. Ho avuto occasione di assistere alla seduta di una Commissione incaricata di attuare praticamente tale idea ancora molto vaga, dandole una forma concreta. Gli autori della proposta furono stupefatti quando si fece loro constatare l'impossibilità di ritrovare i nomi della maggior parte degli scienziati il concorso dei quali è stato indispensabile per la creazione del minimo processo industriale. Mettendo mattone su mattone i muratori finiscono con l'erigere un palazzo; è così che gli scienziati hanno costruito l'industria pietra per pietra o meglio, come dice il Presidente Hoover, grano di sabbia per grano di sabbia. Il loro lavoro incessante, come quello delle formiche, arricchisce con l'andar del tempo tutta la comunità.

*A questo punto l'oratore esemplifica il suo tema, parlando diffusamente del modo come nacque e si perfezionò la saldatura dell'acciaio col cannello ossi-acetilenico e l'impiego dell'acetilene per l'illuminazione.*

Si potrebbe prolungare indefinitamente questa esemplificazione. Tutto lo sviluppo della grande industria moderna e i progressi della civilizzazione che ne sono il risultato sono nati esclusivamente dai lavori degli Scienziati e degli Ingegneri formatisi nelle nostre grandi Scuole Scientifiche. A buon diritto essi possono mostrarsi fieri dell'opera compiuta e aver fiducia nei loro metodi di lavoro. Convinti dell'efficacia di questi metodi, difficilmente essi si adattano a modi di pensare troppo diversi dai loro.

Ciò premesso, preciserò con qualche esempio particolare la natura dei malintesi che vengono per tal modo a prodursi fra Scienziati ed Economisti.

Nel suo opuscolo sullo spirito geometrico, Pascal raccomanda come regola essenziale del metodo scientifico di sostituire mentalmente in qualsiasi ragionamento ad ogni parola la sua definizione e cioè di ragionare sempre con le idee e non con le parole.

Da qualche mese, giornali e riviste vanno ribattendo il chiodo della politica degli alti salari. Aumentando i salari degli operai, si aumenterebbe il loro potere d'acquisto e quindi si creerebbero nuovi sbocchi per l'industria, ciò che la porterebbe a una prosperità sempre crescente.

Non sono stato capace di trovare da nessuna parte la definizione di questa frase: *alti salari*. Pare che ogni autore, e talvolta anche lo stesso autore da un paragrafo all'altro, la adoperi in un senso diverso. Per taluno pare si deva trattare del salario nominale in franchi carta, eppure, quando gli operai tedeschi ricevevano salari giornalieri di un miliardo di marchi, non pare che l'industria fosse più prospera. Se si intende invece il salario oro, il costo della merce, e per conseguenza anche il suo prezzo di vendita, dovrà aumentare; il potere di acquisto degli operai non ne sarà dunque aumentato. A poco a poco le affermazioni relative ai benefici degli alti salari hanno subito un'evoluzione, limitandosi ai vantaggi derivabili dall'accresciuto potere di acquisto dei salari. È evidente che si viene così a migliorare la situazione degli operai, ma se si ottiene questo risultato con una diminuzione della retribuzione al capitale si riduce di altrettanto il potere di acquisto dei redditi di capitale e l'industria non guadagna nulla. La teoria degli alti salari ci viene dall'America; ivi si sottintende che l'aumento dei salari deva essere provocato dall'aumento della produzione, ciò che equivale a dire che l'aumento della produzione migliora la situazione dell'industria. Ma questo è vero in ogni caso, che i salari siano aumentati o no. Se non lo sono, il costo della vita diminuisce e per conseguenza il potere di acquisto dei salari aumenta. Perchè allora parlare di salari, i quali non entrano per nulla nella questione? In simili discussioni ci si stordisce con parole, alle quali non corrispondono idee precise; malgrado la buona volontà, e quando si sia abituati ai ragionamenti scientifici, si resta scoraggiati.

So benissimo che non sempre gli articoli dei giornali sono di autori realmente competenti; ma si ritrovano le stesse difficoltà anche nei grossi trattati di Economia politica. Ho ricevuto recentemente un lavoro di un eminente professore, vivamente elogiato nella prefazione da un maestro dell'economia politica. Subito nelle prime pagine ho letto la seguente dichiarazione: « Non è necessario definire i concetti fondamentali della scienza economica, quello di *valore* ad es., così come non si definiscono quelli della luce quando se ne comincia lo studio nella fisica ». Questo paragone è inesatto. Nella fisica la parola *luce* è presa nel suo significato volgare, che gli scolari conoscono benissimo per essersene serviti una decina d'anni prima di cominciare i loro studi. Il caso è molto diverso nell'economia politica, dove il significato comune delle parole è modificato e precisato.

In altri lavori d'economia politica si trova bensì la definizione della parola *valore*, ma una definizione nominale, che non ha molta presa su cervelli abituati a trarre tutte le loro cognizioni dallo studio di fenomeni materiali precisi. È la stessa difficoltà che mi aveva trattenuto quando ho voluto studiare il trattato di Giovanni Battista Say, mentre al contrario non l'avevo constatata nella lettura degli opuscoli di Bastiat, dove tutti i problemi generali sono trattati basandosi su esempi particolari.

Nello studio delle scienze, per far comprendere le nozioni astratte ci si serve di una serie di esempi semplici, nei quali è resa manifesta la proprietà particolare che si vuol mettere in evidenza, facendo astrazione dalle proprietà variabili da un caso all'altro. È così per esempio che s'impara a conoscere il significato dell'espressione *reazione chimica*, studiando cioè in laboratorio e alle lezioni un numero grandissimo di reazioni diverse e facendo astrazione dalle proprietà particolari dei corpi reagenti.

Ecco ora un'altra difficoltà del genere. Una delle regole fondamentali del metodo scientifico, dapprima applicata inconsciamente dagli scienziati e formulata per la prima volta in modo preciso da Cartesio, è il principio della divisione: « Scindere ogni difficoltà in quel maggior numero possibile di parti che si renda necessario per meglio risolverla ».

La scienza generale della natura, o come si diceva una volta la filosofia naturale, ha progredito assai lentamente fino a quando non fu divisa in scienze particolari, ciascuna delle quali studia un solo fenomeno e cioè una sola trasformazione dei corpi materiali. La meccanica studia i cambiamenti di posizione dei corpi; l'elasticità, le loro deformazioni; la chimica, le loro trasformazioni chimiche ecc. Il campo di ognuna di queste scienze è stato poi ulteriormente suddiviso; in meccanica si distingue lo spazio, il tempo, la massa; nel calore, la temperatura e la quantità di calore ecc.

Lo stesso soggetto, lo stesso fenomeno può essere diviso in molti modi diversi; secondo gli studi da compiere conviene meglio una divisione piuttosto che l'altra. Sarebbe di ben poco profitto per gli studi botanici dividere un albero secondo sezioni orizzontali; è invece molto utile considerare separatamente il tronco, le radici, le foglie, i fiori e i frutti. L'influenza grandissima di F. W. Taylor nei problemi d'organizzazione del lavoro è dovuta alla cura particolare con la quale egli ha diviso e suddiviso ogni problema; è perciò che i suoi metodi d'organizzazione sono chiamati scientifici.

Fra tutte le divisioni possibili, le migliori generalmente sono quelle che mettono in evidenza variabili indipendenti e cioè grandezze che si possono cambiare separatamente, senza toccare tutte le altre. Taylor dichiara a più riprese che tutta l'arte dello sperimentatore consiste nel disporre le proprie esperienze in modo tale che gli sia possibile far cambiare una sola variabile per volta, ciò che è spesso assai difficile.

Avendo l'accennata abitudine alla divisione del lavoro, ci è arduo pertanto seguire gli studi economici, nei quali si considerano soltanto grandezze complesse: *valore, moneta, salario,* come gli antichi filosofi studiavano la natura considerando tutte insieme le sue trasformazioni.

Prendiamo un esempio particolare, quello del salario al quale ho già fatto allusione. Si tratta di una risultante molto complessa o, come si dice in matematica, di una funzione di $n$ variabili. Ciascuna di queste variabili è più facile da studiare isolatamente che non la funzione complessa. Il salario dipende: dalla produzione individuale dell'operaio; dalla suddivisione degli utili fra i tre collaboratori *Capitale, Lavoro manuale* e *Direzione intellettuale*; dall'unità monetaria, *Franco oro* o *Franco carta, Marco, Dollaro*; e da altri fattori. I tre primi fattori sono appunto variabili indipendenti; possiamo cioè cambiarne una qualunque senza toccare le altre due. Così i ragionamenti vengono molto semplificati e ci è possibile studiare l'influenza di ciascuno di questi fattori, facendo provvisoriamente astrazione dagli altri due. In questo modo si possono formulare conclusioni precise, che sarebbe impossibile raggiungere ragionando sul salario nel suo complesso.

La considerazione delle variabili indipendenti ha inoltre il grande vantaggio di permetterci di procedere dal semplice al complesso. Tutti i corpi della natura hanno tre dimensioni e tuttavia si comincia lo studio della geometria con quello delle linee, facendo cioè astrazione da due dimensioni su tre, passando poi alle superfici per arrivare infine alle figure a tre dimensioni. È perciò che i geometri si sentono in imbarazzo quando, subito all'inizio dello studio dell'economia politica, è detto che verrà trattato direttamente il caso complesso di moltitudini d'uomini. Col nostro abito mentale preferiremmo cominciare con lo studio delle scambievoli reazioni di due uomini che collaborano o commerciano insieme, poi di un uomo isolato nella natura e, innanzi tutto, del mondo materiale senza nessun uomo. Ci dicono bensì che questi casi semplici appartengono alla psicologia e alla tecnica e non all'economia. Noi restiamo scettici. Durante metà della mia carriera ho tenuto un corso di metallurgia generale; non vi trattavo affatto di metallurgia, ma soltanto di fisica e di chimica; questo insegnamento rientrava tuttavia

nel quadro della metallurgia perchè riprendeva gli studi anteriori di fisica e di chimica, scegliendo i fatti e raggruppandoli in modo diverso, allo scopo di renderli più facilmente adattabili alla metallurgia. Non potrebbe farsi lo stesso nell'economia politica? Nei corsi moderni di geografia si insegna ai ragazzi che la Francia produce minerale di ferro e torrone di Montélimar, ciò che non è per essi molto interessante. Sarebbe invece utilissimo, cominciando l'insegnamento dell'economia politica, passare in rivista la ripartizione dei minerali di ferro, del carbon fossile, del cotone, del riso, nel mondo intiero; così si aiuterebbe a comprendere la natura e la necessità delle relazioni economiche internazionali. Analogamente, a proposito della psicologia dell'uomo, si potrebbe riprendere e sviluppare il celebre opuscolo di Bastiat intitolato: « Ciò che si vede e ciò che non si vede », ecc.

Un altro principio del metodo scientifico, pure raccomandato da Cartesio, è quello delle *enumerazioni complete*. Quando studiamo un fenomeno complesso il nostro primo compito è quello di fare un'enumerazione completa di tutti i fattori dai quali il fenomeno dipende. Per studiare la solubilità di un sale, cominceremo col precisarne la natura chimica e quella del suo solvente; terremo nota della temperatura e della pressione dell'esperienza nonchè dei corpi estranei presenti nella soluzione. Solo dopo questa enumerazione cominceremo a studiare isolatamente l'influenza di ciascun fattore.

Insisto su questa regola perchè rappresenta uno dei punti sui quali mi son trovato in disaccordo coll'economia politica. Partecipando un giorno a una discussione sulla rivalutazione o la stabilizzazione del franco mi accorsi ben presto che i miei interlocutori, per quanto di pareri diversi, andavano però d'accordo nel sopprimere ciascuno i fatti contrari alla propria tesi. Erano avvocati che difendevano una causa e non scienziati che discutessero un problema. Mi disinteressai della controversia e rinunciai a farmene un'opinione.

Ecco un caso analogo di enumerazione sistematicamente incompleta dei fattori da considerare. Esisterebbero due scuole economiche, la scuola liberale e la socialista; la prima vuol regolare tutti i problemi economici attraverso alla libera reazione dell'offerta e della domanda, mentre la seconda ricorre all'intervento dello Stato. In entrambe i casi vi è *enumerazione* volontariamente inesatta. L'opposizione dell'offerta e della domanda è certamente un fattore importante, e forse il più importante, ma ciò non toglie che esista anche l'intervento dello Stato. Il metodo scientifico esige che si prendano in considerazione entrambi questi due meccanismi; bisogna studiare in qual misura possono agire e quali sono i vantaggi o gli inconvenienti del loro intervento. Dal punto di vista del metodo scientifico, non si ha il diritto di passare sotto silenzio nessuno dei due.

So bene che anche nel campo delle scienze esistono scuole rivali, per esempio nella chimica la scuola energetica e la scuola atomistica, e non abbiamo di che vantarcene. Vogliamo però far notare che queste divergenze non appaiono nell'insegnamento elementare della chimica nè nelle applicazioni di questa scienza ai prodotti industriali. Si tratta di dispute accademiche, che non toccano l'insieme della scienza e si riferiscono a sottigliezze.

Forse ho esagerato un poco e ho insistito troppo sul disaccordo tra i metodi della scienza e quelli dell'economia politica. Credo però che la maggior parte degli scienziati abbiano opinioni o almeno sentimenti simili ai miei, anche se non cercano di analizzarli come ho fatto io. Essi pensano con Cartesio che per lo studio di una materia qualsiasi (scienza, filosofia, letteratura o belle arti) sia utile, nella ricerca della verità, percorrere con lo spirito quelle vie che si sanno più vantaggiose di qualsiasi altra.

Mi resta ora da toccare un soggetto delicato, sul quale non siamo più d'accordo nemmeno fra noi scienziati. L'economia politica deve tendere a diventare una scienza o deve restare una filosofia? Un certo numero dei miei colleghi del Politecnico si sforzano a dare all'economia politica un'andatura scientifica, introducendovi formule algebriche e curve geometriche. Non voglio contestare i vantaggi di questo linguaggio, sopratutto per i lettori ai quali è familiare, ma è questa una semplice questione di forma e, come dice il proverbio, l'abito non fa il monaco. Per me, l'economia politica non è e nemmeno può diventare una scienza, ma è solo una filosofia analoga alla psicologia, alla filosofia sociale, alla filosofia della storia.

*Carattere essenziale delle scienze propriamente dette, cioè delle scienze matematiche e fisiche, è l'esistenza di leggi soggette al determinismo, o in altre parole di relazioni numeriche ineluttabili fra grandezze misurabili, identicamente vere in ogni tempo e in ogni luogo.*

Ora, in economia politica, il libero arbitrio dell'uomo contradice al determinismo e per di più non c'è alcuna grandezza misurabile.

Qualunque misura presuppone l'esistenza di relazioni di *equivalenza* e di *addizionabilità* fra le grandezze da confrontare e inoltre l'*invariabilità del campione* che serve come unità di misura. Il *valore*, che è l'oggetto principale di tutti gli studi economici, obbedisce bensì alle due prime condizioni, ma non vi è per esso un campione di confronto invariabile. Nè il chilogrammo d'oro, nè la giornata di lavoro di un operaio, nè il quintale di grano possono infatti essere considerati come unità fisse; se lo fossero il loro rapporto sarebbe costante, ciò che non è.

Ma, ci si obbietta, il libero arbitrio scompare quando invece di considerare uomini isolati si considerino collettività umane, ossia folle; nelle quali si verificherebbe qualche cosa di analogo a quanto succede in una massa gasosa, nella quale i movimenti in senso contrario delle molecole si compensano così che l'insieme può obbedire alle leggi fisse di Pascal, di Mariotte e di Gay-Lussac. Ma il paragone è sbagliato; le singole molecole non possono darsi movimenti prestabiliti così per esempio da dirigersi tutte nello stesso senso. Se ciò avvenisse non esisterebbe più la legge di uguale ripartizione della pressione di Pascal; e per conseguenza cadrebbero le leggi di Mariotte e di Gay-Lussac. Maxwell ha infatti studiato ciò che avverrebbe se si incaricasse un demonietto di condurre le molecole, ma questo dèmone non esiste.

Nel caso degli uomini neanche i movimenti d'insieme sono indeterminati: essi obbediscono alla volontà di questi uomini; e questa volontà, anche in una folla, può essere orientata in una determinata direzione, variabile da una massa all'altra. Confrontiamo per esempio una massa di operai inglesi, una di operai americani, e una di operai arabi. Posti nelle medesime condizioni, davanti a un lavoro da compiere, essi reagiranno in modi completamente diversi. L'operaio inglese se la piglierà molto comoda per principio, pensando che se egli lavora poco, lascierà lavoro disponibile anche per i suoi compagni disoccupati, mentre in realtà egli aumenta così la disoccupazione per l'aumento dei costi di produzione che ne deriva. L'operaio americano lavorerà con impegno, in modo da guadagnare il più possibile, essendo convinto che la felicità sociale è la somma delle felicità individuali dei membri della società. Finalmente l'operaio arabo, che considera il lavoro come un disonore, picchierà sua moglie per costringerla a lavorare al posto suo e si avvolgerà nel suo « burnus » per andarsene a dormire al sole. Le masse umane sono dunque ben lungi dal presentare proprietà identiche come le masse gasose. Come sarebbe possibile trovar per loro delle leggi immutabili?

# Note dell'Ing. Palestrino sull'articolo "L'impianto idroelettrico dell'Isarco„

(Parte II. - Rivista Dicembre 1931)

*Riportiamo la lettera del* 26 *gennaio u. s. che l'Ing. Carlo Palestrino ci ha scritto, facendo alcune osservazioni su quello che è stato riferito dall'Ing. Lutz nell'articolo su « L'Impianto dell'Isarco » nella nostra Rivista del dicembre* 1931 (*pag.* 1072, *ultima riga,* 1ª *colonna*).

*Torino,* 26 *gennaio* 1932-X.

On.le Redazione de *L'Energia Elettrica*

MILANO

Nell'interessantissimo articolo descrittivo dell'Ing. Lutz relativo alla Centrale dell'Isarco, nella parte in cui tratta delle installazioni a 235 kV, l'autore dice:

« Sarebbe stato desiderabile che anche l'isolamento della « linea di trasporto fosse stato tenuto in limiti tali affinchè « la tensione alla quale avviene la scarica all'esterno degli iso- « latori a sospensione fosse inferiore o almeno non superiore a « quella che occorre per provocare la scarica sui passanti dei « trasformatori.... ».

Mi preme di far notare che nello studio della linea è stato particolarmente tenuto in considerazione cotesto concetto. Nella relazione che il sottoscritto ha pubblicato sul numero di marzo 1930 de *L'Energia Elettrica* sono dati per esteso tutti i valori della tensione d'arco per le diverse parti dell'impianto elettrico a 235 kV. Dalla tabella XXV a pag. 217 del predetto numero de *L'Energia Elettrica* risulta che la tensione d'arco a 50 periodi è maggiore per i passanti che non per le catene. I valori della tensione in kV sono infatti i seguenti:

| | Arco a secco a 50 ∿ | Arco sotto pioggia a 50 ∿ | Arco con tensione d'impulso |
|---|---|---|---|
| Catena di 15 elem.... | 680 | 570 | 1890 |
| » » 16 » .. | 700 | 600 | 1920 |
| » » 17 » .. | 715 | 640 | 2020 |
| Passanti C.G.E. ..... | 800 | 580 | 1400 |
| » B. Boveri .. | 800 | 600 | 1400 |
| Post-type C.G.E. .... | 690 | 450 | 1470 |
| » Fil ........ | 685 | 445 | 1370 |

La frase scritta dall'Ing. Lutz certamente è ispirata dai valori dell'arco con tensione d'impulso come si leggono sulla terza colonna, valori che danno in effetto una tensione d'arco minore per i passanti.

I valori dati nella tabella erano e sono approssimati; e possiamo vedere ora come fossero effettivamente minori del vero.

Il fattore d'impulso che abbiamo dedotto dalle esperienze fatte a Baden presso la Brown-Boveri con onde d'impulso è risultato prossimo a 2 $\left(\frac{1890}{680 \times 1{,}41} = 1{,}96\right)$ per le catene di isolatori sospesi.

Invece il fattore d'impulso per i passanti si è ritenuto solamente del valore di 1,25, deducendolo da esperienze su passanti molto più piccoli, esperienze eseguite parimenti nella sala prova della Brown Boveri a Baden. Donde il basso valore d'arco in 1400 kV, dedotto con calcolo e non da esperienze dirette.

Recentemente esperienze fatte a Barberton dal Dott. Austin della Ohio Brass Co, portano a concludere che il fattore d'impulso se è basso per i passanti corti, è assai più elevato per i passanti di grandi dimensioni, e le citate esperienze danno come valore medio per il fattore di impulso 1,9. Dimodocchè per i passanti dell'impianto di Cardano, come per quelli della stazione di Cislago, la tensione d'arco d'impulso sarebbe di 2140 kV e non già di soli 1400 kV. Naturalmente il fattore d'impulso dipende dalla ripidità d'onda.

Le recentissime esperienze fatte a Pittsburg dalla Westinghouse (*Eletric Journal,* dicembre 1931) portano alle stesse conclusioni.

Vero è che in queste prove si esperimentava con onde di una ripidità di 11 000 kV per microsecondo, (onde di ripidità assai più elevata, e cioè circa 3 volte più grande di quelle massime registrate sulle linee di trasmissione) e di conseguenza il fattore d'impulso risulta molto elevato.

Però la sostanziale conclusione delle esperienze di Pittsburg si è che il fattore d'impulso dell'isolamento interno è superiore a quello dei passanti, il quale a sua volta è superiore al fattore d'impulso delle catene di 14 elementi. Se ciò è vero per onde ripidissime, lo è parimenti per onde di minor ripidità.

Da tutte queste considerazioni possiamo trarre la giustificazione di quanto sopra si è detto e di quanto è in realtà successo nel pratico esercizio della linea di Cardano.

E cioè: durante i grandi temporali si sono avuti archi sulle catene con conseguente corto circuito di fase, (essendo il neutro del trasformatore alla partenza a terra). Archi sui passanti mai, archi sui post-type mai.

Dunque il fattore d'impulso per questi due ultimi tipi di isolatori è effettivamente superiore a quanto noi abbiamo preventivato, o per lo meno la ampiezza delle sovratensioni che si formano lungo la linea, si riduce colla propagazione, e in ultima analisi ai passanti che trovansi in estremità di linea le scariche non sono finora avvenute, avendo le catene scaricato lungo la linea le sovratensioni, salvando così i passanti.

Bisogna notare che l'arco alle catene, avvenendo fra gli anelli non ha dato mai danno agli isolatori. La linea nelle condizioni in cui trovasi, pur con tracciato molto accidentato, presenta garanzia di buon funzionamento, e non ha come punti deboli i passanti degli interruttori e dei trasformatori nelle stazioni di arrivo e di partenza. Quindi le preoccupazioni dell'Ing. Lutz sembra a me che non abbiano ragione d'essere, tanto più che il pratico e sicuro esercizio di oltre due anni di tutta l'installazione a 235 kV conferma l'asserzione.

Mi è gradita l'occasione per ringraziare la Redazione de *L'Energia Elettrica* dell'ospitalità datami per mettere in chiaro un concetto che io ritengo di giusto e completo chiarimento su quanto già è stato pubblicato su un argomento cotanto interessante.

Coi più deferenti saluti, dev.mo

ING. CARLO PALESTRINO.

*L'Ing. Lutz, dopo aver preso visione della lettera dell'Ing. Palestrino, hà risposto il* 30 *gennaio, con la lettera che trascriviamo:*

On.le Redazione de *L'Energia Elettrica*

MILANO

Foro Bonaparte, 31

Con riferimento all'osservazione del Sig. Ing. Carlo Palestrino, mi pregio di precisare che, per quanto riguarda il comportamento degli isolatori passanti e di quelli a sospensione alle prove di tensione alla frequenza di 50 periodi, non ebbi più nessuna preoccupazione perchè dalle prove eseguite sugli isolatori forniti, risultò che la tensione di adescamento dell'arco superficiale era minore del valore che a suo tempo mi era stato comunicato per gli isolatori a sospensione e, per i passanti, fu invece superiore di quanto venne prescritto al fornitore.

Diverso fu invece il risultato delle prove con tensione ad impulso eseguite dalla S. A. Brown Boveri di Baden, il quale dava luogo a nuove apprensioni in quanto che, il fattore d'impulso per isolatori a sospensione, fu trovato assai superiore di quanto allora si ritenesse lo stesso fattore per gli isolatori passanti e specialmente superiore al valore che risultava da prove eseguite dalla B. B. C., su passanti di dimensioni inferiori.

Se ora, da esperimenti nuovi eseguiti in America, risulta che il fattore d'impulso di passanti uguale a quelli usati nei nostri apparecchi a Cardano, è in realtà assai superiore di quanto si poteva ritenere tempo in addietro (risultato che non mi era noto) non ho che da rallegrarmi col Sig. Ing. Palestrino del favorevole effetto che ciò ha avuto nei due anni scorsi e continuerà ad avere in avvenire sull'esercizio della Stazione di trasformazione a Cardano, e ringraziare il Sig. Ing. Palestrino per la pubblicazione di questi nuovi risultati.

Con i più distinti saluti.

ING. HANS LUTZ.

# Atti Ufficiali

## dell'Unione Nazionale Fascista Industrie Elettriche (UNFIEL)

## Verbale delle Assemblee Generali delle due Sezioni tenute a Roma il 12 Febbraio 1932-X

Le riunioni hanno luogo in Roma nella Sede Sociale in via Quattro Fontane 143.

Alle ore 11 ha luogo l'Assemblea generale delle due Sezioni Economica e Tecnologica, alla quale partecipano numerosi soci della Sezione Tecnologica; sono pure presenti per rappresentanza diretta o per delega le seguenti Associate, che complessivamente dispongono di 2.932 voti sui 3.137 spettanti alla totalità delle Associate:

Società Generale Elettrica dell'Adamello – Milano.
Acqua - Luce Elettrica – Enna.
Società Idroelettrica dell'Allione – Milano.
Società Elettricità Alta Italia – Torino.
Società Forze Idrauliche Alto Cadore – Milano.
Impr. di Elettricità Cav. Nunzio Antonecchia – Casalciprano.
Forze Idrauliche dell'Appennino – Genova.
Forze Idrauliche dell'Appennino Centrale – Pistoia.
Società per Applicazioni di Energia Elettrica – Napoli.
Società Distribuzione di Energia Elettrica Ing. Banfi – Milano.
Società Idroelettrica del Barbellino – Milano.
Società Bellunese per Imprese Elettriche – Belluno.
Società Elettrica Bergamasca – Bergamo.
Società Bolognese di Elettricità – Bologna.
Società Elettrica Bresciana – Brescia.
Società Brioschi per Imprese Elettriche – Milano.
Società Elettrica delle Calabrie – Napoli.
Società Elettrica della Campania – Napoli.
Società per le Forze Idrauliche del Veneto – Venezia.
Società Idroelettrica di Cerro al Lambro – Milano.
Illuminazione di Chiavenna – Chiavenna.
Società Generale Elettrica Interregionale Cisalpina – Milano.
Società Idroelettrica Cismon – Venezia.
Società Idroelettrica Comacina – Como.
Compagnia Imprese Elettriche Liguri « Cieli » – Genova.
Imprese Elettriche Consoli – Militello.
Società Elettrica Cuggionese – Milano.
Imprese Elettriche De Patris Nicola – Vico Garganico.
Società Distribuzioni Elettriche Riviera di Ponente – Imperia.
Fratelli Di Giunta – Paternò.
Società per Imprese Elettriche Dinamo – Milano.
Società Gen. Italiana Edison di Elettricità – Milano.
Società Elettricità e Gas – Roma.
Società Emiliana di Esercizi Elettrici – Parma.
Società « Esticino » – Milano.
Società Euganea di Elettricità – Este.
Angelo Frigo – Montefiascone.
Società Friulana di Elettricità – Udine.
Società Ghiaccio - Forza - Luce – Lodi.
Impresa Pubblici Servizi – Riva.
Società Interamna – Roma.
Società Elettrica Interprovinciale – Verona.
Società Jonica di Elettricità – Taranto.
Società Idroelettrica dell'Isarco – Milano.
Società Elettrica Istriana – Pola.
Società Laziale di Elettricità – Roma.
Cooperativa Elettrica Legnaghese – Legnago.
Azienda Elettrica Fratelli Leone e Conte – Carloforte.
Società Idroelettrica Ligure – La Spezia.
Società Ligure Piemontese « Selp » – Genova.
Società Ligure Toscana di Elettricità – Livorno.
Società per le Forze Idrauliche della Liguria – Genova.
Soc. Lombarda per Distribuzione di Energia Elettrica – Milano.
Società Lucana per Imprese Idroelettriche – Potenza.
Società Elettrica Maremmana – Livorno.
Società Mediterranea di Elettricità – Roma.
Società Meridionale di Elettricità – Napoli.
Società Elettrica Milani – Verona.
Forze Idrauliche del Moncenisio – Torino.
Società di Elettricità fratelli Morizio – Caramanico.
Società Generale Elettrica Napoletana – Napoli.
Società Nazionale Sviluppo Imprese Elettriche – Milano.
Società Ofantina Lucana di Elettricità – Pescopagano.
Officine Elettriche Genovesi – Genova.
Officine Elettriche dell'Isonzo – Trieste.
Società An. Orobia – Lecco.
Società An. « Ovesticino » – Novara.
Società Idroelettrica dell'Ozola – Milano.
Società Elettrica Padana – Ferrara.
Cooperativa di Consumo di Elettricità – Persiceto.
Società Piemonte Centrale di Elettricità – Torino.
Società Imprese Elettriche Piemonte Orientale – Milano.
Società Gen. Pugliese di Elettricità – Bari.
Società Idroelettrica Riviera di Levante – Genova.
Società Elettrica Romagnola – Ravenna.
Società Salernitana per l'Illuminazione Elettrica – Napoli.
Società Elettrica del Sannio – Napoli.
Impianto Elettrico di S. Caterina Valfurva – Milano.
Società Elettrica Sarda – Cagliari.
Società Ind. Elettriche Scledense – Schio.
Società Imprese Elettriche Scrivia – Genova.
Società Elettrica per Bonifiche e Irrigazioni – Bari.
Società Generale Elettrica della Sicilia – Milano.
Società Forze Idrauliche della Sila – Napoli.
Società Idroelettrica Piemonte – Torino.
Società Idroelettrica Piemontese Lombarda E. Breda – Torino.
Linificio Fratelli Tavani – Chieti.
Società Terni per l'Industria e l'Elettricità – Genova.
Ditta Tullio Tescari – Lusiana.
Società Trentina di Elettricità – Milano.
Società Elettrica Trevigiana – Treviso.
Società Forze Idrauliche di Trezzo sull'Adda – Milano.
Società Gen. Elettrica Tridentina – Milano.
Unione Esercizi Elettrici – Milano.
Società Idroelettrica Val Brenta – Bassano.
Società Elettrica Valdarno – Firenze.
Società Elettricità e Gas – Valle Meria.
Società Elettro-Agricola del Venafro – Napoli.
Società Idroelettrica Veneta – Venezia.
Società Veneta Elettroindustriale e di Metallizzazione – Trieste.
Società Elettrica Veneto Centrale – Padova.

Società Elettrica della Venezia Giulia – Trieste.
Società Verbanese di Elettricità – Milano.
Società Vercellese di Elettricità – Vercelli.
Società Idroelettrica Vizze – Milano.

Assume la Presidenza il Vice-Presidente anziano On. Ponti il quale, constatato che il numero dei voti presenti è valido a tutti gli effetti statutarî, dichiara aperta la seduta. Egli annuncia che il Presidente On. Motta trovasi assente per indisposizione e che il Consiglio Direttivo gli ha inviato un telegramma augurale, al quale l'Assemblea si associa unanime.

Dopo di che invita il Segretario a dare lettura della seguente

## RELAZIONE DELLA PRESIDENZA E DEL CONSIGLIO.

« Egregi Consoci,

« Prima di rendervi conto brevemente dell'opera compiuta « dalla UNFIEL nel 1931, abbiamo il doloroso compito di ri« cordare qui il grave lutto da cui fummo colpiti con l'imma« tura perdita dell'Ing. Guido Leone Fano. Abbiamo avuto tutti « occasione di apprezzarne le altissime doti. Cittadino e padre « esemplare, tecnico valentissimo, amministratore probo e scru« poloso, egli fu particolarmente benemerito della nostra indu« stria, alla quale ha dato opera ed ammaestramenti efficacis« simi tanto nello studio costruttivo degli impianti quanto nel« l'analisi dei problemi dell'esercizio che egli ha spesso risolto « con singolare genialità. Della UNFIEL fu autorevole vice« presidente. La sua cooperazione ci era particolarmente cara « per la chiarezza delle idee ed il disinteresse dello spirito, non« chè per la grande diligenza, che non fu l'ultima delle sue mi« rabili qualità di spirito. La sua memoria rimarrà indelebil« mente impressa nell'animo nostro.

***

« L'anno 1931 è stato certamente per l'industria elettrica il « peggiore dell'ultimo decennio. Speriamo che il 1932 non abbia « a battere il record. L'industria elettrica, come ausiliaria di « tutte le altre, non poteva sottrarsi agli effetti della crisi, la « quale l'ha colpita sia con la riduzione dei prelievi da parte delle « altre industrie, sia con la contrazione dei consumi domestici, « dipendente a sua volta dal disagio economico generale.

« Le cifre statistiche sulla quantità di energia prodotta ma« scherano in parte il fenomeno, perchè l'abbondanza di dispo« nibilità ha spinto le aziende a vendere energia di costo elevato « accontentandosi dei bassissimi prezzi che possono essere pa« gati quando essa è destinata ad uso termico.

« Ecco perchè c'è discrepanza fra la quantità di energia pro« dotta e gli introiti delle aziende. Questi hanno subito contra« zioni sensibili pressochè dovunque; determinando talvolta la « dolorosa necessità di ridurre e perfino sopprimere i dividendi; « e ciò nel momento in cui la borsa li giudicava talmente insuffi« cienti che tutti i titoli elettrici italiani, salvo pochi, sono an« cora oggidì quotati a prezzo inferiore al nominale.

« Causa ed effetto insieme della crisi, altri fatti spiacevoli « abbiamo dovuto constatare; sospensione di lavoro; limitazione « di programma; pletora di energia; aumento di aggravii fiscali. « Ecco perchè le aziende elettriche hanno dovuto mettere in « opera programmi della più stretta economia, anche ricorrendo « a licenziamenti, sempre dolorosi, specialmente quando col« piscono i funzionari superiori.

« Il guaio è che la diminuzione generale dei prezzi, cominciata « con la rivalutazione della moneta e proseguita con la più re« cente e più grave rivalutazione dell'oro, ha creato nella nostra « clientela la persuasione (erronea sia pure, ma spiegabile dal « punto di vista umano) che i nostri prezzi pure devono venire « ridotti. Ma questa riduzione non si può fare. Le aziende elet« triche, per la loro natura immobiliare devono fronteggiare « oneri patrimoniali che la diminuzione dei prezzi non ha af« fatto diminuito e che costituiscono nel nostro Paese, dove « l'energia è tutta prodotta idraulicamente, più di otto decimi « del costo dell'energia. Questo contrasto fra la riduzione gene« rale degli altri prezzi e l'impossibilità per noi di fare altret« tanto è la ragione principale della rinnovata ostilità della clien« tela, ostilità della quale alcuni giornali hanno creduto farsi « eco anche in forma aggressiva e tanto meno giustificata in « quanto alle difficoltà accennate altre se ne aggiungono a ren« dere tutt'altro che rosea la vita delle imprese elettriche. « La più grave è indubbiamente costituita dalla concorrenza « ogni giorno più dura del motore Diesel, facilitata da sistemi « ed offerte di finanziamento che allettano gli incauti e deter« minano spesso la perdita del cliente da parte delle imprese « elettriche.

***

« Nei nostri rapporti coi pubblici poteri permangono tuttavia « le preoccupazioni circa il così detto Testo Unico Acqua Elet« tricità, per il quale il Governo ha avuto dal Parlamento la « delega legislativa. Quando fummo interpellati, è già stato « detto, non abbiamo mancato di sostenere i principii dai quali « è stata governata la nostra attività nell'ultimo decennio, per« chè l'esperienza ha insegnato che in base ai medesimi il paese « ha potuto essere fornito di tutta l'energia che gli abbisognava « a prezzi modicissimi; e la nostra industria ha talmente dimo« strato di servirlo fedelmente e diligentemente che, avendo an« tivenuto il consumo ed esssendo stata sorpresa dal regresso « nelle richieste si trova con una pletora di energia ed un ec« cesso transitorio di immobilizzi che le rendono difficile la vita « economica e finanziaria.

« Quanto al Testo Unico per la finanza locale, vi sono noti i « nuovi aggravii che esso ha determinato a carico delle imprese « elettriche. Abbiamo chiesto al Governo che nel regolamento « in corso di compilazione siano chiariti alcuni dubbii e mitigate « le aliquote dell'occupazione del suolo pubblico, specialmente « per ciò che riguarda le linee aeree e i relativi sostegni.

« Infine siamo sempre in attesa che venga pubblicato il così « detto Codice della strada; e speriamo sempre che specialmente « dopo il parere della Commissione interparlamentare, decisa« mente favorevole alle nostre richieste, la legge abbia ad ac« coglierle integralmente, affinchè anche nella costruzione delle « linee non si introducano delle novità che sarebbero fuori « dubbio nocive allo sviluppo della nostra industria.

***

« Altri argomenti minori in difesa delle aziende elettriche « abbiamo trattato sia direttamente con gli organi statali, sia « attraverso la Confederazione dell'Industria, la quale per la sua « maggiore autorità può appoggiare validamente l'opera nostra, « ed alla quale perciò va la nostra gratitudine.

***

« Ad onta degli attacchi a cui abbiamo fatto cenno da parte « di alcuni giornali, per fortuna pochi e non certo fra i più auto« revoli, abbiamo avuto l'impressione che si vada facendo strada « negli ambienti competenti e responsabili, una più esatta valu« tazione dell'opera nostra, delle ineluttabili necessità della no« stra industria e dello scarso contenuto delle lagnanze che trop« po acerbamente ci vengono rivolte. Il fatto che una ridu« zione delle tariffe compresa fra il 15 ed il 20 per cento, se fosse « applicata dall'oggi al domani porterebbe all'annullamento del « dividendo, non ha mancato di colpire la mente degli uomini « riflessivi e responsabili. Si connette con queste modifiche nel« l'orientamento dell'opinione pubblica, il fatto che S. E. il Mi« nistro dei Lavori Pubblici, dopo aver visitato una corona di « impianti alpini, ha fatto pubblica testimonianza dei loro me« riti e dei meriti dell'industria che li eseguisce. D'altra parte è « recente il riconoscimento delle nostre idee in merito all'elettri« ficazione agricola, da parte di S. E. Serpieri. Infine abbiamo « potuto notare con piacere un sensibilissimo miglioramento nei « rapporti fra la UNFIEL e la Confederazione degli Agricol« tori, a proposito della quale siamo lieti di comunicare che re« centemente, ad iniziativa di S. E. Acerbo, è stata costituita « con elettricisti rappresentanti della UNFIEL e con tecnici « agricoli rappresentanti della Federazione degli Agricoltori, « una Commissione che ha per fine di stabilire d'accordo un pia« no di collaborazione in vista di ottenere, in quanto possibile « e conveniente, la più vasta applicazione dell'elettricità ai « campi.

***

« Nella composizione del Consiglio oltre al vuoto lasciato dalla « perdita del compianto Collega Fano, dobbiamo segnalare le « dimissioni dei colleghi Covi e Simonotti.

« Quanto al primo il Comitato crede possa restare in carica « come rappresentante della Società dell'Adamello, perchè ne « è tuttora Consigliere.

« Per l'Ing. Simonotti che faceva parte di diritto del Consi« glio e del Comitato quale rappresentante della « Fenagriel », « il Comitato vi invita a prendere atto delle dimissioni in quanto « egli ha cessato di appartenere alla Unione Esercizi Elettrici « e di presiedere il Gruppo delle Marche che rappresentava fra « noi. Alla « Fenagriel » sarà proposto di eleggere in sua vece, « provvisoriamente, l'Ing. Gustavo Palestrino, preconizzato « presidente del Gruppo Regionale Imprese Elettriche delle « Marche.

« Pertanto Voi oggi dovete rieleggere o sostituire per il trien-
« nio 1932-33-34-35, a norma dell'Art. 10 dello statuto, sei
« Consiglieri della Sezione Economica (Ing. Battaglia, Avv.
« Broggi, Ingg. Castelli, Covi, Merizzi, Prinetti) e tre della Se-
« zione Tecnologica (Ing. Croce, Avv. Nordio, Ing. Pedrini)
« che scadono tutti per compiuto triennio e sono tutti rieleg-
« gibili.

« Per quanto riguarda la sostituzione dell'Ing. Fano nella
« carica di Consigliere della Sezione Economica, il Consiglio Vi
« propone di soprassedere temporaneamente alla nomina, af-
« finchè possa essere raggiunto il necessario accordo fra i vari
« aggruppamenti. »

La Relazione, attentamente ascoltata, è alla fine approvata all'unanimità.

***

*Elezioni di Membri del Consiglio.*

L'On. Ponti ricorda che l'Assemblea delle due Sezioni deve procedere al rinnovo annuale di un terzo dei Membri elettivi del Consiglio, secondo quanto dispone l'art. 10 dello Statuto sociale. Per compiuto triennio scadono e sono rieleggibili:

*della Sezione Economica :* Battaglia, Broggi Umberto, Castelli, Covi, Merizzi, Prinetti;

*della Sezione Tecnologica :* Croce, Nordio, Pedrini.

L'Assemblea per acclamazione riconferma in carica i Consiglieri uscenti.

Per quanto riguarda la sostituzione del compianto Ing. Fano nella carica di Consigliere della Sezione Economica, l'Assemblea alla unanimità decide di soprassedere temporaneamente alla nomina del successore.

***

Essendo esaurito l'ordine del giorno dell'Assemblea generale delle due Sezioni ha luogo la

ASSEMBLEA DELLA SEZIONE ECONOMICA

alla quale sono rappresentate le stesse Associate che hanno preso parte all'Assemblea delle due Sezioni.

*Relazione del Tesoriere economo e dei Revisori dei conti sull'esercizio* 1930/31.

Il Tesoriere Economo Ing. Taccani dà lettura della Relazione sul Bilancio Consuntivo per l'esercizio 1930/31 e il Revisore Comm. Adolfo Rossi dà lettura della Relazione dei Revisori dei Conti sullo stesso argomento.

Di entrambi i documenti l'Assemblea prende atto.

***

*Approvazione del Bilancio Consuntivo per l'esercizio* 1930/31.

Il Bilancio Consuntivo per l'esercizio 1930/31, essendo già stato distribuito ai presenti, viene dato per letto. Su di esso nessuno chiede la parola. Messo ai voti, risulta approvato all'unanimità.

***

*Nomina dei Revisori dei Conti per l'esercizio* 1932/33.

A norma dell'Art. 21 dello Statuto sociale l'Assemblea deve procedere alla nomina di due Revisori dei Conti per l'esercizio 1932/33.

Vengono riconfermati per acclamazione l'Ing. Augusto Biagini e il Comm. Adolfo Rossi.

***

Chiede quindi la parola l'Ing. Bocciardo per proporre un voto di caldissimo plauso per il Presidente On. Motta e per i suoi più diretti collaboratori per l'opera che compiono di strenua difesa dell'industria elettrica.

L'On. Ponti si associa alle parole dell'Ing. Bocciardo e desidera « sottolineare il fatto che in questo momento tanto difficile anche per le nostre aziende è gran fortuna avere per nocchiero l'On. Motta che ha saputo trasfondere in tutti noi il suo entusiasmo e che saprà con ferma mano guidarci per vincere quelle altre battaglie che ancora ci aspettano prima di giungere alle definitive mete di assestamento e di vittoria della nostra importante e magnifica industria ».

L'Assemblea si associa plaudendo.

***

Nessun altro avendo chiesta la parola l'Assemblea è sciolta alle ore 12.

# DIRITTO E GIURISPRUDENZA

**Fornitura di energia elettrica - Clausola di esclusività - Sua estensione ed efficacia.**

MASSIMA

*È valida e vincolativa la clausola di esclusività contenuta in un contratto di fornitura di energia elettrica.*

*Non costituisce caso di forza maggiore o di impossibilità che esima l'utente dalla osservanza della clausola, il fatto dell'essersi l'utente trasferito in una nuova abitazione, il cui proprietario non gli consenta di fornirsi della energia dal precedente fornitore; trattasi infatti di impossibilità derivante dal fatto dell'obbligato, il quale era tenuto a non stipulare una locazione le cui condizioni gli rendessero impossibile l'adempimento degli obblighi precedentemente assunti* (1).

Appello Ancona, Pres. D'Ancona, Est. Russo, 28 gennaio - 13 febbraio 1932, in causa DE BELLIS (Avv.ti Mariottini e Micciani) c. UNIONE ESERCIZI ELETTRICI (Avv.ti Galanti e Michelli).

FATTO

Il 4 agosto 1930 De Bellis Orazio stipulò con la Società Anonima Unione Esercizi Elettrici, gruppo di Macerata, un contratto di somministrazione di energia elettrica a contatore per illuminazione di una casa di abitazione che teneva in locazione alla Piazza Cesare Battisti, e per la durata di cinque anni dal 1° agosto 1930 fino al 31 luglio 1935.

Con lettera 30 gennaio 1931 il De Bellis dichiarò alla Società che, avendo preso in affitto con decorrenza dal primo marzo stesso anno un appartamento delle case degli impiegati, era costretto a disdire il contratto di somminitrazione perchè l'Istituto Nazionale per le case degli impiegati obbligava gli inquilini a servirsi della luce che esso direttamente forniva.

La Società Esercizi Elettrici rispose con lettera del giorno successivo di non poter aderire alla disdetta ed invitò il De Bellis ad indicare subito in quale degli appartamenti dell'I.N.C.I.S. si sarebbe trasferito per dare ad essa il modo di disporre l'allacciamento del di lui impianto alla rete di distribuzione.

Non avendo il De Bellis ottemperato all'invito suddetto, la Società con atto del 10 marzo 1931 lo convenne davanti il Tribunale di Macerata per ottenere che gli fosse prefisso un breve e perentorio termine per la osservanza dei patti contrattuali e che in mancanza venisse condannato al risarcimento dei danni da liquidarsi in separata sede.

Con sentenza in data 16-24 luglio 1931 il Tribunale adito accolse la domanda della Società attrice, ma con atto del 25 settembre dello stesso anno il De Bellis propose appello in termine utile adducendo a motivo che la decisione dei primi giudici «è ingiusta e lesiva dei suoi interessi per avere riconosciuto una inadempienza insussistente in fatto ed in diritto» (*omissis*).

DIRITTO

L'appello deve essere respinto perchè privo di fondamento giuridico. È invero indubitato che il contratto di somministrazione intervenuto tra l'appellante e l'U.N.E.S. deve essere osservato per la durata di cinque anni espressamente e liberamente stabilita dalle parti non potendosi ritenere che il cambiamento di alloggio da parte dell'utente, quando esso avvenga nella stessa città e per volontà di lui, sia causa legittima di scioglimento del contratto medesimo. È agevole persuadersi della esattezza di un tale principio se si ha riguardo al fondamento economico di simili convenzioni nonchè alle norme di diritto vigenti in materia contrattuale. È infatti noto che le imprese di produzione e fornitura di energia elettrica vanno incontro ad ingenti spese di impianto e di esercizio, le quali trovano il loro normale ed adeguato compenso nella stabilità e nella continuità della clientela.

Per soddisfare ad una tale esigenza che è condizione indispensabile della esistenza loro, le imprese sogliono assicurarsi una certa durata dei contratti mediante la prefissione di un termine minimo che è utile anche per i clienti, i quali vengono ad usufruire in tal modo di tariffe più modeste ed a risparmiare le spese delle troppo frequenti rinnovazioni dei contratti medesimi. Ciò posto e poichè il cambiamento di alloggio nella stessa città da parte dell'utente non ostacola in alcun modo la regolare continuazione dei rapporti contrattuali, si deve concludere che esso non può costituire legittima causa di scioglimento del contratto di somministrazione. Ritenere il contrario significherebbe disconoscere, in ispreto allo art. 1131 Cod. Civ., la comune volontà delle parti chiaramente manifestata mediante la prefissione del termine minimo di durata, e riconoscere invece un diritto di recesso unilaterale che la legge (art. 1123 Cod. Civ.) non consente se non in via assolutamente eccezionale e per determinati contratti.

Tali principi non sono contestati in sostanza dal De Bellis, il quale riconosce che l'Utente è obbligato a continuare il contratto di fornitura anche nel nuovo alloggio che va ad abitare nella stessa città, ma soggiunge che ad un tale obbligo è tenuto solo quando ciò gli sia possibile, ed adduce come caso di impossibilità il divieto che il proprietario della nuova casa presa in locazione opponga alla continuazione dei rapporti contrattuali con l'impresa fornitrice. Non può sostenersi però che l'addotto divieto costituisca un caso fortuito se si tengono presenti le norme degli art. 1225 e 1226 Cod. Civ. le quali precisano che il caso fortuito è rappresentato da una causa estranea non imputabile al debitore. Ora per causa estranea non è dubbio che debba intendersi, nonostante le discussioni sorte in proposito, ogni fatto che è fuori della coscienza e della volontà del debitore. Gli eventi provocati o determinati dalla volontà di costui non rientrano quindi nel concetto di caso, perchè non può allora parlarsi di non imputabilità. Trattasi in tali evenienze del *casus dolo seu culpa determinatus* che non vale certo ad esonerare dall'adempimento o in mancanza, dall'obbligo del risarcimento dei danni. Ben disse perciò il Tribunale che il De Bellis era pienamente libero di prendere in locazione una nuova casa, ma se scelse un alloggio il cui proprietario non consente la continuazione della fornitura da parte dell'U.N.E.S. non può invocare a proprio vantaggio un'impossibilità sorta in seguito ad una libera determinazione della sua volontà.

Le suesposte considerazioni tolgono qualsiasi valore giuridico alle altre eccezioni formulate dal procuratore dell'appellante a difesa del proprio Cliente.

Non vale infatti addurre che l'U.N.E.S. non ha di che lamentarsi perchè ha stipulato un nuovo contratto di fornitura con certo Bigelli, attuale inquilino della casa già abitata dal De Bellis. E di vero se questi, come si è già detto, è obbligato a continuare l'esecuzione del proprio contratto anche nel nuovo alloggio, non può valere ad esonerarlo da tale obbligazione la circostanza puramente accidentale che il nuovo cliente della U.N.E.S. sia andato ad abitare proprio nella casa già da lui occupata.

Nè tale circostanza può indurre a ritenere che l'U.N.E.S. non abbia subito alcun danno, perchè il danno si concreta nei mancati lucri per tutto il resto della durata del contratto stipulato con esso De Bellis.

È poi priva di fondamento l'affermazione che dallo scambio delle lettere tra il De Bellis e l'U.N.E.S. sia sorta una nuova convenzione in base alla quale l'appellante sarebbe stato esonerato dall'obbligo di osservare i patti contrattuali. Basta infatti leggere la lettera della U.N.E.S. per convincersi dell'inesistenza della pretesa convenzione, perchè da essa emerge la ferma intenzione della Società di opporsi alla disdetta del De Bellis e di reclamare l'esecuzione del contratto per tutta la durata stabilita.

Deve pure ritenersi infondata l'altra asserzione che l'U.N.E.S. *non sia in grado* di portare la corrente nella nuova abitazione dell'appellante. Una tale affermazione si spunta di fronte alla dichiarazione della Società di essere sempre pronta ad allacciare i fili purchè il De Bellis si dimostri disposto all'esecuzione del contratto e purchè le presenti, come ne ha obbligo contrattuale, il consenso scritto del proprietario della casa.

Non vale infine fare richiamo agli art. 3 e 25 del capitolato generale allegato alla convenzione, perchè quegli articoli mirano soltanto a garantire alla Società fornitrice il pagamento dei canoni durante il contratto e non possono quindi giustificare le eccezioni dell'appellante.

Le spese seguono la soccombenza.

P. Q. M. (*omissis*).

NOTA

(1) La annotata sentenza conferma una sentenza del Tribunale di Macerata, che già fu pubblicata, con nota, su questa rivista, nel fascicolo di dicembre 1931, a pagina 1103.

---

**Fornitura di energia elettrica - Clausole di esclusività e di prelazione.**

MASSIMA

*Sono valide le clausole di esclusività e di prelazione contenute in un contratto per fornitura di energia elettrica, non essendo esse illecite nè contrarie all'ordine pubblico quando limitate nel tempo.*

*Bene può essere ordinata, contro l'utente violatore della clausola, la esecuzione forzata dell'obbligo contrattuale, con l'allacciamento coattivo degli impianti alla rete di distribuzione del fornitore favorito dalle suddette clausole, oltre al risarcimento dei danni a carico dell'inadempiente* (*art.* 1221 *e* 1222 *Cod. Civ.*).

I.

Pretore Padova, 10-12 settembre 1931, Est. Marconi, in causa Soc. EUGANEA DI ELETTRICITÀ (Avv. Petrin) c. CASINI e Soc. ENTE AUTONOMO FORZE IDRAULICHE ADIGE-GARDA.

II.

Pretore Padova, 29-30 Novembre 1931, Est. Marconi, in causa Soc. EUGANEA DI ELETTRICITÀ (Avv.ti Wolff e Voghera) c. GUERRATO (Avv.ti Radice e Gambarin).

III.

Pretore Lendinara, 16 dicembre 1931, Est. Vascillari, in causa Soc. EUGANEA DI ELETTRICITÀ (Avv. Lorenzoni) c. BARION (Avv. Cattaneo).

IV.

Pretore Lendinara, 10 novembre-16 dicembre 1931, Est. Vascillari, in causa Soc. EUGANEA DI ELETTRICITÀ, (Avv. Lorenzoni) c. MAGRO (Avv. Cattaneo).

I.

FATTO

Colla citazione suindicata l'attrice esponeva che la convenuta aveva con lei concluso un contratto per somministrazione di energia elettrica a contatore per l'illuminazione dei locali adibiti ad abitazione propria siti in Monselice, Via Mandiferro pel periodo di tre anni dal 1° gennaio 1930, riconoscendo all'attrice il diritto di esclusiva per le fornitura di energia, e che invece la convenuta nel 28 maggio 1931 aveva staccato i fili interni dal conduttore esterno della Società attrice facendoli allacciare all'impianto di altra Società. Chiedeva perciò che in confronto di essa Casini fossero accolte le domande riportate in proemio.

La convenuta non compariva ed avendo l'attrice dimesso la polizza di abbonamento registrata ad Este nel 5 giugno 1931 al n. 1329 vol. 76, con ordinanza 27 giugno p. p. veniva ammessa prova per interrogatorio della convenuta Casini sul capitolo: « Vero che voi Casini Iride il 28 maggio 1931 avete manomesso l'impianto di energia elettrica staccando i fili interni della vostra abitazione siti in Monselice via Mandiferro dal conduttore della Società Euganea di Elettricità e facendovi allacciare al conduttore di altra Società, colla conseguente somministrazione di energia elettrica da parte di quest'ultima? »

Per la risposta all'interrogatorio veniva fissata la udienza del 6 luglio p. p. purchè l'ordinanza fosse notificata alla interroganda almeno 4 giorni prima.

Tale notifica seguiva con atto 30 giugno 1931 n. 1279 Rep. Uff. Giud. Salbe e non essendo la convenuta comparsa a rispondere all'interrogatorio, l'attrice prendeva atto della non comparsa a sensi di legge.

Con sentenza 8 luglio p. p. veniva ordinato d'ufficio l'intervento in causa della Società Ente Autonomo Forze Idrauliche Adige-Garda e l'attrice provvedeva quindi alla citazione di detto Ente con atto 2 settembre 1931 n. 5747 Rep. dell'Uff. Giud. Lazzarino Giuseppe. Non essendo comparsa nè la convenuta nè la Società citata per intervento, la causa veniva assegnata a sentenza.

DIRITTO

La convenuta e la Società citata per intervento sebbene regolarmente ed in tempo utile notificate della citazione non sono comparse ed è perciò a ritenere legale l'accusa della loro contumacia. Dal contratto dimesso dall'attrice (art. 12) risulta che questa ha diritto esclusivo di fornitura di energia elettrica per l'illuminazione dei locali indicati in contratto. Risulta poi dalla presunzione di cui all'art. 218 cap. C. P. C., non essendo la convenuta comparsa a rispondere all'interrogatorio, che nel 28 maggio 1931, in corso di contratto, la convenuta ha violato i patti accettati facendo eseguire il distacco dell'impianto dai fili conduttori della Società attrice per allacciarlo ai fili di altra Società, rifiutando e rendendo così impossibile la esecuzione del contratto concluso con l'attrice, prima della scadenza di esso.

La dottrina e la giurisprudenza sono ormai concordi nel riconoscere che la clausola di esclusiva apposta ai contratti di energia elettrica non si deve ritenere illecita e contraria all'ordine pubblico, quando sia stata limitata nel tempo, come nella specie, perchè invece tale clausola risponde ad una fondamentale legge economica delle grandi imprese per assicurare una relativa continuità di clientela adeguata alle ingenti spese di impianto, con che si raggiunge anche il vantaggio collettivo dei consumatori, evitandosi la necessità di elevare il costo del prodotto.

Per tanto la convenuta essendo incorsa in colpa contrattuale violando la clausola dell'esclusiva e non dando esecuzione al contratto, deve all'attrice il risarcimento del danno, da liquidarsi entro i limiti della competenza del Pretore in separato giudizio, giusta la fatta domanda.

Versandosi poi nella specie nella ipotesi di cui agli art. 1221 e 1222 Cod. Civ., la domanda di coattivo allacciamento degli apparecchi della convenuta ai fili conduttori della Società attrice appare fondata e deve essere accolta, mentre la presenza in causa della Società Ente Autonomo Forze Idrauliche Adige-Garda, la quale non ha dimostrato per suo conto l'esistenza di un diritto prevalente o concorrente, rende possibile che sia disposta l'esecuzione coattiva, che implica la rimozione degli allacciamenti ai fili conduttori della Società intervenuta.

Le spese di lite devono essere poste a carico della convenuta inadempiente giusta la regola di cui all'art. 370 C. P. C. e la presente, eccetto che per le spese, può essere dichiarata provvisoriamente esecutiva in applicazione dell'art. 409 C. P. C.

P. Q. M. (*omissis*).

II.

FATTO

Colla citazione suindicata l'attore esponeva di avere concluso col convenuto un contratto di fornitura di energia elettrica a scopo di illuminazione con scadenza al 1° ottobre 1932 e con diritto di esclusiva della fornitura di energia elettrica nei locali dell'abbonato, e che il convenuto venendo meno alla osservanza del contratto aveva recentemente allacciato il suo esercizio alla rete di altra Società distributrice rifornendosi dalla stessa della energia che gli occorreva.

Chiedeva perciò che in confronto del convenuto fossero accolte le domande riportate in proemio. Il convenuto, pur comparendo, non prendeva alcuna conclusione nè faceva alcuna deduzione. L'attore dimetteva il contratto registrato a Rovigo nel 19 maggio 1931 al n. 1672 Vol. 103. Con sentenza 29-30 settembre veniva ammessa prova per testi proposta dall'attore ed esauritasi detta prova la causa veniva assegnata a sentenza.

DIRITTO

Dal contratto dimesso dall'attrice risulta che questa ha diritto esclusivo di fornitura della energia elettrica per l'illuminazione dei locali indicati in contratto fino al 1° ottobre 1932, e risulta d'altra parte dalla assunta prova testimoniale che nella seconda quindicina dello scorso marzo il convenuto ha staccato le sue installazioni elettriche della linea dell'attrice per allacciarle a quella di altra Società. Con ciò il convenuto si è reso inadempiente, incorrendo in colpa contrattuale per violazione della clausola dell'esclusiva. Nè si dica che tale clausola è illecita e contraria all'ordine pubblico, perchè essa, quando sia limitata nel tempo, come lo è nella specie, risponde invece ad una fondamentale legge economica delle grandi imprese assicurando una relativa continuità di clientela adeguata alle ingenti spese d'impianto, con che si raggiunge anche il vantaggio collettivo dei consumatori evitando la necessità di elevare il costo del prodotto. Ne consegue che il convenuto, versandosi nella ipotesi di cui agli art. 1221 e 1222 Codice Civile sia obbligato a riallacciare i suoi apparecchi alla rete della società attrice, ed a risarcirle il danno che è rappresentato dal prezzo dell'energia che doveva essere da lui consumata, mentre la Società attrice attrezzata ed organizzata in considerazione di una determinata quantità globale di consumo, non ha avuto evidentemente una spesa minore per la piccola differenza di consumo derivata dal fatto del convenuto.

Il teste Malvezzi Arturo ha deposto che il consumo medio di energia da parte del Guerrato era di Lire 200 mensili. Devesi però rilevare che il dato che si può trarre dal consumo medio per il periodo di tempo precedente, dà un criterio di valutazione non perfettamente sicuro, avuto anche riguardo al fatto che la mancanza del consumo si è riferita principalmente alla stagione estiva, nella quale il consumo è minore; e che invece è il caso di riportarsi alla disposizione contrattuale che garantisce un consumo minimo di kW 1500 annui, ai quali corrisponde un canone annuo di L. 1650 e mensile di L. 137,50. Perciò si trova equo di liquidare il danno in L. 137,50 mensili dal 1° aprile 1931 al giorno del riallacciamento degli apparecchi del convenuto alla rete dell'attrice.

P. Q. M. (*omissis*).

III.

FATTO e DIRITTO

La Società richiedente, premesso di aver fornito fin qui al Sig. Giovanni Battista Barion di Lendinara l'energia elettrica a scopo di illuminazione nella casa in via Garibaldi abitata dal predetto Sig. Barion;

Che il contratto annuale è scaduto il 31 dicembre u. s.;

Che il sig. Barion garantì alla Società il diritto di prelazione per la fornitura di energia elettrica alla fine del contratto per un eguale periodo;

Che senza attendere a tale suo obbligo il sig. Barion si credè lecito stipulare ora un nuovo contratto di fornitura di energia con altra Società e precisamente con l'Ente Autonomo Adige-Garda;

Che il nuovo contratto fu concluso dal sig. Barion al prezzo di L. 1,10 il kWh, prezzo che, se interpellata, la Società richiedente avrebbe accettato;

Che pertanto il Barion è tenuto a risarcire i danni derivanti e derivabili da tale trasgressione al suo obbligo contrattuale;

Che il danno consiste nella mancata percezione del corrispettivo dell'energia, corrispettivo che, tenuto conto del nuovo prezzo e del consumo medio mensile, ammonta a L. 600,—.

Ciò premesso citava il sig. Barion Giovanni Battista di Lendinara a comparire davanti alla R. Pretura di Lendinara per ivi con sentenza provvisoriamente eseguibile sentirsi condannato a pagare all'attrice Società e per il titolo di cui nella premessa precitata, la somma di L. 600,—, o quell'altra somma maggiore o minore che sarà per risultare.

Rifuse le spese di lite inerenti e conseguenti.

All'udienza di spedizione l'attrice, in assenza del convenuto, concludeva come in citazione, subordinatamente formulava prove orali per stabilire l'inadempienza e per fornire al Giudice gli elementi necessari alla liquidazione del danno e precisamente prova per interpello e sussidiariamente per testimoni sui seguenti fatti:

*a*) Vero che il sig. Barion nel dicembre-gennaio scorso, scadendo il suo contratto di fornitura di energia elettrica con la Società Euganea, concluse un nuovo contratto analogo con altra Società senza preavvertire l'Euganea nè metterla comunque in grado di esercitare la prelazione;

*b*) Vero che il nuovo prezzo fu fissato in L. 1,10 il kW;

*c*) Vero che il consumo medio mensile, vigendo il vecchio contratto, era di Lire 55.

Il pretore con sentenza 21-22 luglio 1931 ammetteva la richiesta prova in assenza del convenuto.

All'udienza fissata per la assunzione dell'interrogatorio il convenuto non comparve, nè alcuno per esso, per cui a sensi dell'art. 218 C. P. C. devono aversi per ammessi i fatti di cui al deferito interrogatorio.

All'udienza di spedizione, l'attore, sempre in assenza del convenuto, concludeva come in citazione, conclusioni che devono senz'altro accogliersi dato che la Società attrice, per il mancato uso da parte del convenuto dell'energia elettrica dalla prima fornita, subì il danno di L. 600,—.

P. Q. M. (*omissis*).

IV.

FATTO e DIRITTO.

Con atto 12 marzo 1931 la Società richiedente premesso di aver in corso con il Sig. Magro Ercoliano un contratto di fornitura di forza motrice duraturo fino al 31 ottobre 1933 con clausola di esclusiva e con un minimo garantito di consumo di L. 37,10 mensili, oltre L. 5 per nolo contatore;

Che contravvenendo alle disposizioni e ai divieti contrattuali il Magro ha cessato recentemente di rifornirsi di energia della Società richiedente, e si è allacciato per tale fornitura alla linea di altra Società;

Che per tali trasgressioni il Magro è tenuto a risarcire i danni i quali consistono nella mancata percezione dei canoni mensili dovuti in corrispettivo dell'energia;

Che inoltre la richiedente intende sia osservato il patto di esclusiva;

Premesso ciò, citava il convenuto, per sentir giudicare con concessione di clausola:

Dovere il convenuto usare per la forza motrice nella sua industria di impastatrice in Lendinara, fino al 31 ottobre 1933, esclusivamente l'energia elettrica fornita dalla Società richiedente e nei modi e ai patti stabiliti contrattualmente;

Autorizzarsi la Società attrice a riallacciare i propri conduttori per la fornitura di energia all'industria del convenuto ed a rimuovere l'allacciamento con altre Società, e ciò trascorsi dieci giorni dalla notifica della sentenza, senza che il convenuto vi abbia provveduto e a tutto rischio e spese di questi e con assistenza di Uff. Giudiziario;

Dovere il convenuto risarcire i danni che si preavvisano in L. 1360, salvo più esatta liquidazione.

Rifuse le spese di lite inerenti e conseguenti.

Con successiva comparsa gli attori chiedevano quindi che fossero integralmente accolte le domande di citazione, ed in via subordinata qualora venisse contestato l'abuso, ed anche per fornire al Giudice gli elementi per la liquidazione del danno, formulavano domanda di prova testimoniale sui seguenti capitoli:

*a*) È vero che nel gennaio scorso Magro Ercoliano staccò le sue installazioni elettriche dalla linea della Società Euganea e si allacciò alla linea di altra Società;

*b*) È vero che il consumo medio mensile di energia da parte del Magro era di L. 42,50.

Assunte le prove tutti i testi concordemente ammisero i fatti di cui i capitoli di prova ammessi con sentenza 19 agosto 1931 del Pretore di Lendinara.

Il procuratore del convenuto elevò a sospetti i testi perchè dipendenti dalla Società attrice, ma la circostanza non poteva essere provata da parte dell'attore in altro modo; del resto il convenuto con la prova contraria, di diritto, poteva provare che le circostanze ammesse dai testi introdotti dall'attore non corrispondono a verità, per cui i fatti di cui la prova devono aversi senz'altro per veri.

All'udienza di spedizione il convenuto non prendeva conclusioni e l'attore concludeva come in citazione, salvo pel danno: chiedeva che il convenuto fosse condannato a pagare L. 42,50 per ogni mese con decorrenza dal 1° gennaio 1931 sino al giorno in cui il Magro si sarà riallacciato alla Società attrice e con rispetto all'esclusiva.

Le istanze attrici, prese nella udienza di spedizione vanno accolte. Difatti è giusta la osservazione dell'attrice che essa per la mancata somministrazione di energia elettrica al convenuto non subì alcun vantaggio data la grande quantità di clienti.

È pure giusto che la condanna del convenuto al pagamento della energia non consumata sia limitata sino a che esso convenuto non si riallacci alla Società attrice.

P. Q. M. (*omissis*).

**Fornitura di energia elettrica - Competenza - Clausole a stampa - Errore e violenza morale - Clausole di esclusività e prelazione e loro efficacia - Clausola «rebus sic stantibus».**

MASSIMA

*È di valore indeterminato, e conseguentemente di competenza del Tribunale (art. 81 C. P. C.) la azione promossa dal fornitore di energia elettrica contro l'utente inadempiente per la esecuzione del contratto di fornitura, dato che il valore economico del contratto non può limitarsi nel calcolo dei minimi di consumo ivi pattuiti, mancando la determinazione di un limite massimo del consumo, che può essere ed è per solito assai superiore ai minimi contrattuali.*

*Nella causa promossa dal fornitore dell'energia contro l'utente violatore del contratto, allo scopo di ottenere la rimozione dell'allacciamento degli impianti fatto dall'utente con la rete di distribuzione di altro fornitore, non è necessario l'intervento ed il contradittorio del secondo fornitore nè del proprietario della casa ove esistono gli impianti, bene potendo la domanda essere rivolta contro il solo utente, tenuto per contratto alla osservanza degli obblighi assunti.*

*Le clausole a stampa contenute in un contratto, e precedenti la sottoscrizione dei contraenti, sono pienamente valide ed impegnative, e non è ammissibile la eccezione di nullità per errore opposta dall'utente, in quanto questi era in grado, prima di sottoscrivere, di esaminare le clausole suddette, che devono pertanto ritenersi validamente accettate.*

*Non costituisce stato di necessità che importi la nullità del contratto per violenza morale il fatto che l'utente, in mancanza di altri fornitori, sia costretto, per la fornitura dell'energia elettrica, a rivolgersi al solo fornitore esistente in luogo, non trattandosi di fornitura di assoluta necessità, nè essendo il regime monopolistico di fatto vietato da alcuna disposizione di legge.*

*Il patto di esclusività contenuto nel contratto di fornitura è lecito e valido purchè limitato nel tempo e nello spazio.*

*Lo stesso deve dirsi della clausola di prelazione, intesa a spiegare i suoi effetti dopo la scadenza del contratto; e perciò deve tale patto ritenersi nullo qualora abbia effetto illimitato nel tempo, vincolando esso all'infinito la libertà individuale.*

*La nullità della clausola di prelazione, non importa però nullità del contratto, che l'utente è tenuto ad osservare sino alla scadenza, e che è indipendente da tale patto.*

*Nè ad esimersi dalla osservanza del contratto, divenuto maggiormente gravoso in seguito all'avvento di migliori condizioni praticate dalla concorrenza, può l'utente invocare la teorica dei presupposti contrattuali (clausola tacita del rebus sic stantibus) e la sopravvenuta mutazione delle condizioni obbiettive, non essendo tale teorica ammessa nel diritto nostro contro la legge del contratto, e d'altro canto potendo la stessa essere presa in considerazione, se mai, solo nei contratti bilaterali di assai lunga durata* (1).

Tribunale Ancona, 9 gennaio 1932, Pres. ed Est. Petretti, in causa UNIONE ESERCIZI ELETTRICI (Avv. Michelli) c. SEVERINI (Avv.ti Andriani e Santangelo Pulejo).

FATTO

Severini Antonio, il quale aveva già un contratto per somministrazione di energia elettrica con la Unione Esercizi Elettrici per illuminazione di un suo appartamento posto in via Montirozzo 57 di questa città, essendosi il 1° marzo 1931 trasferito in altra abitazione in via Cialdini 84, con scrittura in data 1° aprile 1931 IX°, registrata in Ancona l'11 novembre stesso anno al numero 2374, fece con l'UNES altro contratto non differente dal precedente, che per ragioni amministrative al dire dell'UNES suddetta, non potè mantenersi in vita per il nuovo appartamento.

Fra le varie condizioni del contratto leggesi all'articolo 2: lettera *c*) l'utente si obbliga per tutta la durata della fornitura di non usare nè di lasciare introdurre nei locali di sua proprietà od a lui affittati energia elettrica che non sia fornita dalla Società; *d*) esso si obbliga inoltre, alla scadenza della fornitura, a dare la preferenza alla Società stessa su eventuali altri fornitori, a parità di condizioni, che dovranno dall'utente essere fatte debitamente constatare; *e*) la fornitura si intende impegnativa per l'utente per la durata di cinque anni salvo espressi accordi per una durata minore o maggiore; *f*) la fornitura si intende prorogata di cinque in cinque anni ed alle stesse condizioni, qualora una delle parti non abbia data regolare disdetta all'altra, con lettera raccomandata, un mese prima della scadenza originaria o di quella delle proroghe successive.

Si obbligava inoltre l'utente a pagare un canone minimo bimestrale di L. 22, «anche se per qualsiasi ragione non facesse uso in tutto o in parte della corrente». Il 10 novembre, come risulta dal timbro postale, mentre il contratto era in corso di esecuzione, il Severini indirizzava all'Unes una lettera del seguente tenore: «Avverto che il suo apparecchio contatore segna il numero 691 kW e che rimane a sua completa disposizione per il ritiro del detto apparecchio, da oggi data essendo io fornito dall'impresa nuova Litoranea; per la liquidazione del consumo a mio carico verrò in Direzione alla fine del corrente mese». In conseguenza di che la Unes, con atto 19 del mese, conveniva avanti questo Tribunale il Severini e lamentando avere costui commesso una duplice violazione contrattuale e cioè l'inosservanza dell'obbligo a fornirsi dell'energia della Società a tutto il 31 Marzo 1936 e la inosservanza dell'impegno di non lasciare introdurre nel suo appartamento e di non usare energia di altro fornitore per tutta la durata del contratto, chiedeva fosse il Severini tenuto:

1°) al pagamento dei pattuiti canoni minimi bimestrali di L. 22 fino al 31 marzo 1936 e così complessivamente nella somma di Lire 594 o quanto meno Lire 22 per i mesi di ottobre e novembre (sostituito poi il dicembre all'ottobre nella comparsa conclusionale) e di Lire 22 per ogni bimestre successivo sino alla scadenza del contratto, oltre il nolo del contatore;

2°) gli fosse prefisso un breve e perentorio termine per rimuovere l'attacco del suo impianto interno con le linee di distribuzione della Società Litoranea, nonchè gli apparecchi di controllo e misura di detta Società, autorizzando la istante a provvedere direttamente alla rimozione suddetta a spese del convenuto, ove il prefiggendo termine trascorra inutilmente;

3°) fosse condannato al risarcimento dei danni sia per il mancato consumo di energia, sia ai sensi dell'articolo 1221 codice civile.

Il tutto con vittoria di spese e con sentenza munita di clausola. Nella comparsa conclusionale poi la istante aggiungeva che fosse anche fissato un breve termine al convenuto per provvedere al riattacco dell'impianto interno con le linee di essa istante.

Costituitesi le parti e contestatasi la lite, la causa all'udienza del 18 dicembre u. s. veniva spedita a sentenza avendo i produratori delle parti preso le sopra descritte conclusioni.

Considerato in

DIRITTO

Che il convenuto Severini, premesso trattarsi nel caso di richiesta di risoluzione di contratto e che perciò il Giudice è chiamato solo a pronunziarsi sulla domanda, eccepisce in linea pregiudiziale la incompetenza per valore del Tribunale per essere tutte le domande contenute nell'atto di citazione di valore inferiore alle Lire 5000 e ciò sia perchè il complessivo ammontare dei minimi bimestrali richiesti per tutta la durata del contratto è di gran lunga inferiore a quella cifra, sia perchè insignificanti sono le spese occorrenti per rimettere le cose nel pristino stato come la istante chiede, e sia per non potere influire la domanda per la condanna generica ai danni sulla determinazione del valore della lite agli effetti della competenza.

Oppone poi il difetto di contraddittorio per la mancanza in giudizio del proprietario dello stabile sul quale dovrebbe eseguirsi la remozione dell'attacco; nonchè della Società Litoranea proprietaria degli apparecchi di controllo da rimuoversi.

Nel merito eccepisce la nullità del contratto per vizio del consenso:

1° a causa di errore in quanto che lo avrebbe firmato senza la possibilità di conoscere e di esaminare le minuziose e numerose clausole a stampa contenute nel modulo-contratto esibitogli;

2° a causa di violenza morale, perchè all'epoca in cui egli firmò il contratto, 1° aprile 1931, la sola Unes forniva energia elettrica e conseguentemente mancando la possibilità di scelta, l'utente veniva a trovarsi nello stato giuridico di necessità o di accettare le condizioni dell'Unione o di privarsi della energia elettrica.

Ne eccepisce inoltre la nullità per la illiceità del patto di esclusiva illimitato nel tempo. Oppone infine il suo diritto di rescindere in ogni modo il contratto, perchè essendo questo a lunga durata anzi di durata illimitata deve come in tutte le convenzioni consimili intendersi sottintesa la clausola *rebus sic stantibus*.

In quanto alla domanda dei danni eccepisce mancare gli estremi per una condanna generica e che in ogni caso dovrebbero gli eventuali danni ritenersi compensati dal pagamento dei canoni minimi.

Eccepisce infine non potersi dichiarare essere egli decaduto dal beneficio del termine non ricorrendone nel caso alcuna delle tre ipotesi di cui all'articolo 1176 codice civile.

A tutte queste eccezioni resiste la Società attrice.

Ciò premesso, sulla eccezione di incompetenza del Tribunale per valore, il Collegio osserva essere la medesima completamente destituita di fondamento. Ed invero giustamente la istante sostiene in proposito di non avere chiesta la risoluzione del contratto, ma di avere invece richiesto la piena sua esecuzione. E a convincersi che tale sia la richiesta dell'attrice basta tenere presente il testo dell'atto introduttivo del giudizio. Infatti nella parte motiva di questo dopo di avere accennato agli atti compiuti dal convenuto e costituenti, secondo essa, violazione del contratto, aggiunge « ...ritenuto che la istante abbia diritto di pretendere a senso dell'articolo 1165 del codice civile la esecuzione del contratto e di far rimuovere a sensi degli articoli 1221 e 1222 codice civile le opere eseguite per la introduzione nell'appartamento dell'energia di altro fornitore... » non solo ma dopo una tale premessa e come conseguenza logica di questa, chiedendo in subordine anche il pagamento dei noli alla scadenza di ogni bimestre fino al termine del contratto stesso, la rimozione dell'attacco con la Litoranea, nonchè degli apparecchi di controllo e di misura di questa, ed avendo in aggiunta poi nella comparsa conclusionale chiesto il riallaccio con le proprie linee, ha manifestato in modo inequivocabile la sua volontà di richiedere la integrale esecuzione del contratto e non già la risoluzione che con le suddette premesse e le suddette conclusioni sarebbe incompatibile.

Ciò posto poichè il convenuto impugna la validità del contratto, così è chiaro come per stabilire la competenza del Giudice a conoscere della controversia, devesi aver riguardo al valore economico del contratto stesso. Ora tale valore non può desumersi dai canoni minimi pattuiti in Lire 22 bimestrali, perchè, come del resto già da questo Tribunale fu affermato in altra precedente sentenza (sentenza Unione Esercizi Elettrici contro Porfici Vincenzo, 16 dicembre 1930-20 gennaio 1931) se nel contratto fu fissato un canone minimo non fu però fissato un canone massimo, essendo l'utente libero di consumare, oltre il minimo quella quantità di energia che a lui piaccia illimitatamente e con libero orario, e rappresentando anzi il minimo una parte e, nella generalità dei casi, di gran lunga inferiore della energia che può consumarsi durante tutto il periodo del contratto, e conseguentemente indeterminatezza del valore economico del medesimo e quindi della presente controversia che la validità o meno di tale contratto ha per oggetto.

Nè ha pregio l'argomento in contrario opposto dal convenuto relativo alla inapplicabilità al caso dell'articolo 81 del codice di procedura civile, perchè è vero che con la locuzione « e le altre controversie di valore indeterminabile » che leggesi nell'articolo 81 suddetto secondo illustri scrittori ed anche secondo pronunciati di magistrature superiori, debbonsi intendere quelle controversie solamente che non siano passibili di una qualunque valutazione pecuniaria, come appunto lo sono tutte quelle specificatamente in detto articolo indicate e che precedono immediatamente la locuzione in parola; ma nel caso non occorre far richiamo a detto articolo, perchè pur essendo la presente controversia passibile di una valutazione pecuniaria, sta di fatto però che non può determinarsene il valore per non potersi oggi determinare il *quantum* di energia che potrà o vorrà consumare l'utente fino al termine del contratto. Per cui secondo i principi generali di diritto e conforme a ragione, limitando la legge a Lire 5000 il valore delle cause di competenza pretorile, quelle di valore indeterminato per logica conseguenza devono essere necessariamente di competenza del Tribunale.

Considerato che ugualmente infondata è l'altra eccezione, pure pregiudiziale, relativa a pretesi difetti di contraddittorio per non essere stati chiamati in giudizio nè il proprietario dello stabile ove egli abita e dove deve eseguirsi il riattacco con l'Unes e la rimozione degli apparecchi della Società Litoranea, nè questa proprietaria degli apparecchi da rimuoversi. Perchè il contratto di fornitura di energia elettrica è intervenuto solo tra l'attrice ed esso convenuto, il quale solo per ciò deve rispondere alla Unes della osservanza di tutti gli impegni assunti, fra i quali quelli di non usare e di non lasciare introdurre nei locali da lui abitati, e per tutta la durata della fornitura, energia di altra Società; mentre i suoi accordi eventuali con terzi non possono influire nei suoi rapporti contrattuali con la Unes (articolo 1130 codice civile).

Considerato che, scendendo al merito, l'attrice oppone pregiudizialmente la improcedibilità delle eccezioni dal convenuto sollevate per avere questi dato esecuzione al contratto col consumo della energia e col pagamento delle bollette. Senonchè alcuna decadenza dal proporre le eccezioni di nullità del contratto si è verificata nel convenuto, perchè per aversi la conferma o ratifica presunta di cui all'articolo 309 cap. I codice civile non è sufficiente un principio di esecuzione, ma occorre, come il chiaro disposto di detto articolo richiede, che la obbligazione sia stata eseguita; « in tutto o nella maggior parte ». Nella specie il Severini ha eseguito il contratto solo dal 1° aprile al 10 novembre 1931 col pagamento del consumo della energia, compresi i minimi e nolo del contatore e quindi per soli sei mesi e giorni, mentre la durata del contratto di fornitura era di anni cinque, non solo, ma senza dare esecuzione agli altri patti del medesimo, quale fra gli altri quello relativo al diritto di esclusiva, anzi manifestando un contraria volontà con la risoluzione in tronco del contratto. Non può quindi parlarsi di esecuzione totale o nella maggior parte della obbligazione, quando questa ebbe solo un principio di esecuzione, e conseguentemente in nessuna decadenza dal diritto di proporre la eccezione di nullità del contratto da lui proposta è il convenuto incorso.

Considerato che perciò non rimane che scendere alla disamina dei dedotti motivi di nullità.

Considerato che col 1° motivo assume il Severini di avere firmato il modulo presentatogli senza avere avuto la possibilità di leggere e di esaminare i numerosi patti in esso contenuti e stampati in carattere minuziosissimo e senza che la Società attrice avesse sui medesimi richiamato la sua attenzione. Considerato che la infondatezza di un tale motivo è manifesta e ormai pienamente ammessa, e più non si discute la validità di contratti contenuti in formulari o moduli a stampa, purchè naturalmente tutte le clausole precedano la sottoscrizione dei contraenti. Ed invero l'essere i caratteri più o meno minuti, e l'essere numerose le clausole non impedisce alla parte che deve firmarlo di prenderne prima visione, anzi l'essere numerose le clausole dovrà metterla bene in guardia contro possibili sorprese e renderla più attenta nello esaminare il contenuto.

Nel caso in esame è vero che la polizza di abbonamento del Severini in data 1° aprile 1931 contiene in due intere pagine ben 30 articoli tutti a stampa ed a caratteri minuti, per quanto assai chiari, e che costituiscono i patti e le condizioni della somministrazione della energia; ma è anche vero che tali patti o condizioni precedono tutti la firma dei contraenti, anzi immediatamente al disopra del luogo dove deve essere apposta la sottoscrizione è richiamata l'attenzione dell'utente con la dicitura pure a stampa e a caratteri chiari del seguente tenore: « *Condizioni Generali :* Per tutto quanto non esplicitamente contemplato in quanto precede valgono per patto essenziale della presente convenzione, le condizioni generali per la fornitura di energia elettrica in vigore presso la Società Unione Esercizi Elettrici fornitrice della energia che sono innanzi riportate e che l'utente dichiara di conoscere e di accettare integralmente sottoscrivendo in segno di piena accettazione ». Ne segue adunque come non possa ascriversi a colpa della Società attrice se il convenuto non abbia, come egli afferma, preso visione dei vari patti o clausole del contratto da lui sottoscritto; *imputet sibi* se ciò veramente è avvenuto, mentre l'attrice lo aveva posto in condizione prima di sottoscrivere di esaminare quanto nel modulo si conteneva. Il Severini inoltre doveva ben conoscere le condizioni contrattuali dell'Unes essendo vecchio utente di questa, nè doveva ignorare la circolare dalla stessa diramata il 1° marzo 1930, perchè da lui stesso prodotta in atti, con la quale si ricordava agli utenti che le nuove convenzioni dovevano avere la durata di cinque anni «a norma delle condizioni generali di fornitura depositate fin dal 1927 presso il Notaio Pratilli di Ancona ».

Nè migliore fondamento ha il 2° motivo, perchè non può parlarsi di vizio del consenso per violenza morale determinata da uno stato di necessità in cui il convenuto si sarebbe venuto a trovare di fronte al dilemma impostogli dall'Unes o di accettare le condizioni da lei dettate o di essere privato altrimenti della somministrazione dell'energia.

Poichè se è vero che la energia come illuminazione oggi è di uso comune, è pur vero però non trattarsi di cosa in modo assoluto necessaria e della quale non sia possibile fare a meno, potendo sempre essere sostituita da altri molteplici mezzi di illuminazione. Non può quindi parlarsi in senso giuridico di un vero e proprio stato di necessità che possa far presumere quella violenza morale che annulli la volontà della libertà in modo tale da invalidare il consenso secondo lo spirito degli articoli 1112 e 1113 codice civile. Sono del resto, come altre volte si è osservato, gli inconvenienti che sempre si lamentano in regime monopolistico, per mancanza della libera concorrenza, regime appunto esistente in Ancona prima dell'avvento della Litoranea, regime però non vietato, almeno fino ad ora, da alcuna disposizione di legge. Nella specie poi il Severini non potrebbe mai addurre a suo vantaggio un preteso stato di necessità giuridica, in quanto che all'epoca in cui sottoscrisse il contratto (1° aprile 1931) ben era a conoscenza, essendo notorio, della imminenza della somministrazione di energia ed a migliori condizioni della Unes, da parte della nuova Società « La Litoranea » i di cui impianti stavano ultimandosi anche in Città. Sicchè avrebbe potuto non vincolarsi con la istante con un assai

lieve sacrificio, procurandosi della energia di questa, solo per pochi mesi nella estate.

Sul 3° motivo relativo alla illiceità del patto di esclusiva il Collegio osserva che molto si è discusso in materia; ormai però dottrina e giurisprudenza sono concordi nel ritenerlo lecito, purchè limitato nel tempo e nello spazio, non esistendo in tal caso quella lesione del diritto inalienabile della libertà individuale che alla legittimità di un tal patto si opporrebbe; rimanendo invece vincolato solo per un determinato tempo e per un determinato luogo, vincolo questo pienamente lecito essendo conseguenza logica di ogni obbligazione di fare o di non fare. D'altra parte del diritto di esclusiva non può il produttore di energia elettrica fare a meno dovendosi egli assicurare per un periodo più o meno lungo di tempo la continuità della clientela e quindi quel *quantum* di compenso che possa attrarre i capitali occorrenti a tutte le ingenti spese di impianto e di esercizio, e senza dei quali capitali non sarebbe possibile la vita di un'Azienda fornitrice di energia.

Ma quando il diritto di esclusiva non è limitato nel tempo e nello spazio, allora non può più dubitarsi della sua illiceità, perchè in tal caso la libertà individuale viene ad essere soppressa all'infinito, il che ripugna e contrasta coi principi fondamentali del nostro diritto e di ogni civile ordinamento. Conseguentemente se un tal patto sussiste è nullo e di nessun effetto giuridico.

Ora la Unes con il patto di cui alla lettera *d*) dell'articolo 2 della polizza di abbonamento, obbligando l'utente a darle alla scadenza del contratto di fornitura la preferenza su eventuali altri fornitori, a parità di condizioni che dovranno dall'utente essere fatte debitamente constare, viene a vincolare all'infinito la libertà individuale di costui il quale una volta vincolatosi con lei non potrà mai ad ogni scadenza di contratto liberamente scegliere altra eventuale Società fornitrice di energia ostando a ciò il diritto di prelazione che la Unes si è riservato allo scadere di ogni contratto prorogato a norma della lettera *f*) dell'articolo suddetto. Il che costituisce per le considerazioni di cui sopra patto illecito e perciò nullo e di nessun effetto giuridico. Ma dalla nullità di un tal patto non segue, come vorrebbe il convenuto, la nullità dell'intera obbligazione perchè trattasi di un patto aggiunto che non attiene nè alla causa che rimane sempre lecita nè all'essenza del contratto del quale fa parte, ma trattasi di un patto pienamente dal contratto scindibile e senza del quale il contratto stesso rimane egualmente in vita, e quindi egualmente efficace. Come va da sè che per le considerazioni di cui sopra rimane pienamente efficace il patto di cui alla lettera *c*) dello stesso articolo 2 relativo al diritto di esclusività nell'Unes limitato alla durata della fornitura.

Considerato che con il 4° ed ultimo motivo il convenuto chiede la rescissione del contratto facendo capo alla teoria della sopravvenienza o della così detta clausola *rebus sic stantibus* da sottintendersi secondo il convenuto stesso in tutti i contratti *tractu temporis*.

Osserva in proposito il Collegio che tale clausola da alcuni scrittori si suole includere nel concetto della teoria della presupposizione la quale teorica però non è seguita dalla maggioranza degli autori neppure in Italia, presupponendo l'autolimitazione della volontà che invece nella formazione di un negozio giuridico vuole questo con tutti gli effetti giuridici da esso manifestati.

Ma anche a prescindere da ciò tale clausola sarebbe concepibile come qualche volta fu affermato, solo nei contratti bilaterali di lunga durata.

Sicchè trattandosi nel caso di un contratto di non lunga durata, essendo limitato solo a 5 anni, non potrebbe mai il beneficio della clausola suddetta essere dal convenuto invocato. Ed in ogni modo avendo la Unes comunicato a tutti gli utenti con apposita circolare che essa allo scopo di fronteggiare la concorrenza offriva a tutti i suoi abbonati, come ha offerto anche al convenuto, le stesse più favorevoli condizioni fatte dalla Litoranea, la ragione che secondo la tesi di costui avrebbe potuto giustificare la rescissione del contratto per le mutate condizioni del mercato dell'energia elettrica per la illuminazione sarebbe venuta meno.

Considerato che ne segue come non possa dubitarsi del fondamento della attrice domanda per ottenere la esecuzione del contratto, fatta eccezione del patto di prelazione di cui alla lettera *d*) dell'articolo 2 della polizza che, come si è detto, è nullo e di nessun effetto giuridico, e fatta eccezione della domanda relativa all'immediato pagamento complessivo di tutti i minimi e di tutti i noli bimestrali del contatore fino al 31 marzo 1936 per non essere il Severini decaduto dal beneficio del termine, non ricorrendo alcuna delle ipotesi di cui all'articolo 1176 C. C.

Considerato che per le suesposte ragioni si rende del tutto inutile l'incombente richiesto dal convenuto.

Considerato che il Severini quindi, oltre il consumo fino alla data della lettera 10 novembre risultante dal timbro postale, deve pagare il consumo fino a tutto ottobre ed i minimi per i mesi di novembre e dicembre e così di bimestre in bimestre fino alla scadenza del contratto. Nè deve essere detratto dai minimi il dazio essendo questo dovuto sul consumo effettivo segnato dal contatore mentre il minimo viene corrisposto in caso di mancato consumo. Il diritto della Unes di chiedere il ripristino dello stato di fatto preesistente col distacco dell'impianto interno del convenuto dalla rete della Litoranea e col riattacco a quello di Lei ed a procedere essa stessa a tale ripristino in caso egli non provveda le deriva del chiaro disposto degli articoli 1220 e 1222 C. C.

Egualmente fondata è la domanda di danni, nè questi possono ritenersi compensati coi minimi, perchè come più sopra si è accennato, l'essere stato stabilito il minimo non esclude che il consumo effettivo sia a questo superiore, anzi normalmente è sempre e di molto superiore e perciò il mancato lucro costituisce per l'Unes appunto uno di quei danni preveduti e prevedibili al tempo del contratto ai quali il debitore è tenuto (articolo 2228 C. C.).

In sede di liquidazione potrà poi accertarsi il *quantum* di mancato lucro siasi per l'Unes verificato, non potendosi oggi stabilire con le sole bollette prodotte dal convenuto e limitate ai mesi di marzo e aprile, maggio e giugno.

P. Q. M. (*omissis*).

## NOTA

(1) Le massime accolte dalla annotata sentenza possono dirsi, per la più parte, ormai pacifiche in giurisprudenza.

Su un solo punto, quello della efficacia del patto di prelazione, il Tribunale di Ancona si è allontanato dalla giurisprudenza prevalente.

Ha ritenuto cioè il Tribunale che, ove il patto di prelazione non sia limitato nel tempo, esso sia viziato di nullità, perchè contrario all'ordine pubblico come quello che importa una indeterminata limitazione della libertà individuale.

Questa restrizione è però stata esclusa quasi sempre dai nostri Tribunali e dalle nostre Corti; e ciò sul riflesso (cui sembra non aver avuto riguardo la sentenza annotata) che il patto di prelazione, essendo subordinato alla accettazione da parte del fornitore delle stesse condizioni praticate dalla concorrenza, trova in ciò la sua necessaria limitazione.

Aggiungasi poi che tale condizione rende praticamente inesistente per l'utente il danno della pretesa limitazione della sua libertà individuale. Infatti l'utente può avere interesse a rivolgersi ad altro fornitore, ed a conservare la libertà di ciò fare, unicamente in quanto il nuovo fornitore gli pratichi prezzi o condizioni di maggior favore; non essendo concepibile che egli sia perpetuamente vincolato ad oneri maggiori di quelli che potrebbe avere dalla concorrenza.

Ma quando nessun danno gli può derivare dal proseguire della fornitura da parte dello stesso fornitore (poichè questo del suo diritto di prelazione può valersi solo praticando le stesse condizioni più favorevoli fatte dalla concorrenza — e deve al diritto stesso rinunciare ove non intenda di praticarle) non si vede, nella assenza del danno, quale ragione morale o giuridica possa rendere nullo il patto, e tanto meno quale motivo di ordine pubblico ciò possa dettare.

Il patto, in tal caso, non solo non intralcia nè limita la concorrenza, ma la incoraggia, in quanto vale ad indurre il fornitore della Energia, per conservarsi la clientela, a migliorare le proprie condizioni alla pari di quelle più favorevoli praticate dai concorrenti interessati a sostituirlo.

La nullità dell'obbligo illimitato, che è indiscutibile quando trattisi di obbligo incondizionato, non può, a nostro avviso, riguardare l'obbligo sottoposto a condizione; sia perchè la obbligazione condizionata, subordinata a condizione sospensiva, non è a ritenersi esistente se non in quanto la condizione si verifichi; sia perchè il verificarsi della condizione toglie alla obbligazione tanto il suo carattere di indeterminatezza, quanto il suo difetto di limite, risolvendosi la promessa *de ineundo contractu* nella stipulazione di obbligazione a tempo determinato.

A. P.

# NOTE E RIASSUNTI

## LA MISURA DELLE ALTISSIME TENSIONI CONTINUE ED ALTERNATE

*V. D. I.*, 28 novembre 1931, N. 48. - H. GRUNERWALD.

Gli strumenti di misura impiegati nella tecnica delle altissime tensioni devono soddisfare a condizioni che, in generale, non sono richieste agli strumenti adoperati negli impianti a basse ed a medie tensioni. In particolare, gli strumenti per la misura delle tensioni molto elevate devono essere spesso in grado di misurare, oltre che il valore efficace della tensione, anche il suo valore massimo e consentire il tracciamento delle curve che rappresentano la variazione della tensione stessa al variare del tempo. In relazione a queste condizioni particolari di esercizio degli strumenti in questione, i metodi ed i dispositivi scelti per le misure sono molteplici e si possono classificare nei tre gruppi seguenti:

1) procedimenti che comportano la misura indiretta delle tensioni mediante istrumenti normali a bassa tensione, previa conversione ad un valore più basso della tensione da misurare;

2) dispositivi che permettono la misura diretta ed immediata delle altissime tensioni;

3) dispositivi atti al tracciamento della curva della tensione da misurare.

*Misura indiretta delle alte tensioni.* — L'allacciamento degli strumenti a bassa tensione viene effettuato attraverso a riduttori oppure a divisori di tensione.

La tendenza moderna della tecnica nella costruzione dei riduttori per tensioni superiori ai 100 kV segue un nuovo indirizzo che tende ad evitare la sproporzione fra le dimensioni della cassa di questi apparecchi, imposta da esigenze di isolamento, e quelle richieste dalle parti attive di essi. A questo scopo si evita, in primo luogo, l'impiego di riduttori trifasi e si dà la preferenza, in loro vece, ai riduttori monofasi che misurano la tensione fra le fasi di una rete e la terra. Da queste ultime si risale facilmente alle tensioni concatenate.

*I trasformatori in cascata* (fig. 1) sono costituiti da due o più elementi collegati in serie, isolati ciascuno per una parte della tensione totale. Gli elementi vengono montati sopra un telaio isolante; il loro numero e le dimensioni complessive dei trasformatori stanno in relazione con la grandezza della tensione. La potenza dei riduttori in cascata non cresce, tuttavia, in proporzione diretta del numero di elementi; si può ottenere però, a parità di ingombro, una migliore utilizzazione di materiali attivi ricorrendo ad una particolare disposizione dei nuclei e ripartendo convenientemente l'avvolgimento ad alta tensione lungo di essi.

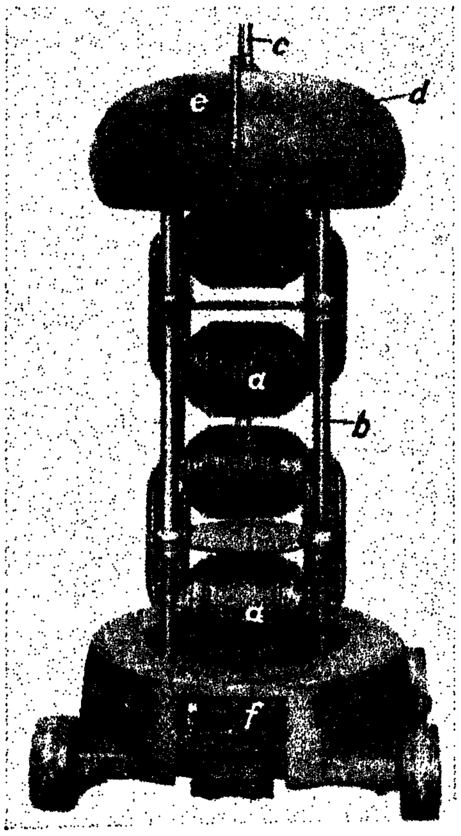



Fig. 1. - Trasformatore di tensione in cascata per 110 kV verso terra.

*a* elemento del riduttore
*b* isolatori
*c* morsetto per l'alta tensione
*d* cappa
*e* indicatore di livello d'olio
*f* morsettiera

*I divisori di tensione con resistenze ohmiche* sono impiegati per la misura di tensioni continue ed alternate; i divisori con capacità servono unicamente per la misura delle tensioni alternate.

I divisori di tensione con resistenze sono adatti, sopratutto, per la misura delle tensioni verso terra perchè consentono, in tal modo, la messa a terra di un polo dello strumento di misura a bassa tensione. Strumenti che richiedono un assorbimento notevole di corrente non sono adatti perchè impongono l'impiego di resistenze molto limitate e, quindi, comportano un consumo d'energia rilevante.

Per l'esattezza delle misure, le resistenze dei divisori non devono essere induttive; per questo, le resistenze costituite da fili metallici sono poco adatte.

Resistenze non induttive si possono ottenere facilmente con l'impiego di reostati a liquido convenientemente dimensionati. Queste resistenze presentano, però, gravi inconvenienti: fra questi è da rilevare la notevole variazione del loro valore ohmico in funzione della temperatura. Sono pure sconsigliabili le resistenze di silite il cui valore ohmico varia con la tensione applicata.

Come strumenti di misura a bassa tensione, si possono impiegare, in collegamento coi divisori ohmici, oltre ad apparecchi statici, tutti gli strumenti con piccolo assorbimento di corrente. Per la misura delle tensioni continue vengono impiegati sensibilissimi strumenti a bobina mobile; per le tensioni alternate trovano oggidì impiego strumenti a bobina mobile alimentati da raddrizzatori a secco. Si possono impiegare anche amperometri molto sensibili con un polo messo a terra e l'altro collegato ad un estremo della resistenza del divisore, la quale fa le veci di una resistenza di inserzione.

Coi *divisori capacitivi* la tensione applicata viene ripartita lungo una catena di condensatori in serie, in proporzione inversa della capacità dei condensatori stessi. Si può, quindi, risalire alla tensione totale misurando quella applicata alle armature di una delle capacità della catena. Questa misura può essere effettuata mediante normali voltmetri oppure anche con amperometri in serie con la catena di condensatori. L'impiego degli amperometri è compatibile soltanto con una frequenza costante ed una forma sinusoidale della curva di tensione.

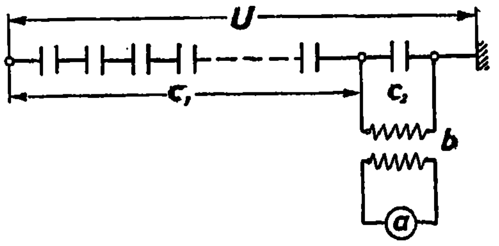



Fig. 2. - Schema di principio del collegamento a C.

*a* amperometro, tarato in kV
*b* riduttore
$c, c_1$ divisore capacitivo
*V* tensione totale

La fig. 2 rappresenta uno schema impiegato per la misura con divisore capacitivo. La misura della tensione totale è fatta indirettamente mediante un amperometro alimentato da un riduttore in parallelo con le armature di uno dei condensatori. L'esattezza di questo metodo è sufficiente per gli impieghi correnti della pratica; essa è però infirmata da cause di errore: influenza delle armoniche, delle variazioni di frequenza, della temperatura ambiente e dell'umidità.

L'esattezza delle misure è influenzata dalla disposizione dei

condensatori la cui capacità verso terra influenza notevolmente la distribuzione del potenziale lungo la serie di essi.

La tensione totale, poi, non si suddivide esattamente in proporzione inversa delle capacità parziali. Con una ripartizione opportuna delle capacità del divisore si possono migliorare sensibilmente le condizioni per una misura praticamente esatta.

Il complesso di misura rappresentato dalla fig. 3 è combinato con una colonna di condensatori *a* che costituisce il divisore e lungo il quale l'uniforme distribuzione del potenziale è ottenuta mercè l'impiego dello schermo *b* collegato al polo della rete ad alta tensione. Il dispositivo consente di misurare il valore efficace ed il valore massimo della tensione applicata.

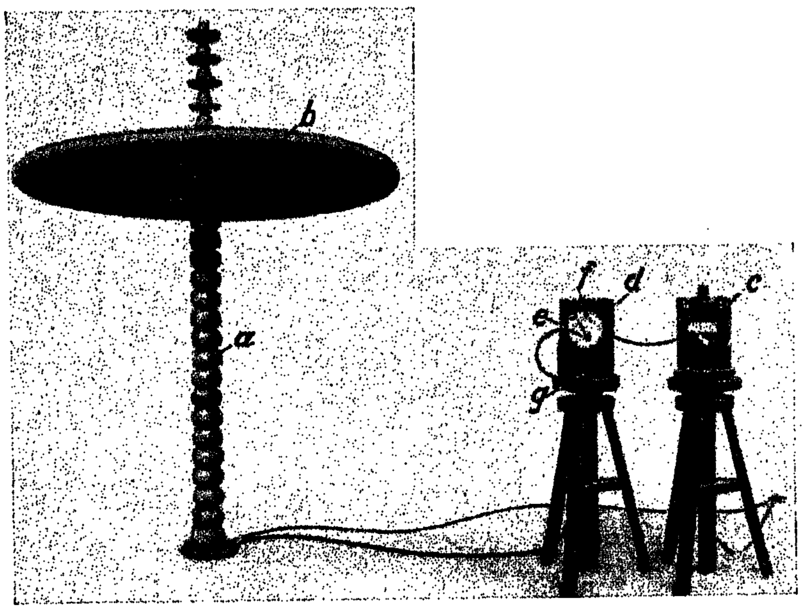



Fig. 3. - Dispositivo di misura per tensione efficace di 600 kV e tensione massima di 900 kV.

*a* colonna-divisore di capacità
*b* schermo per distribuzione uniforme del potenziale
*c* voltmetro elettrostatico per la misura della tensione efficace
*d* apparecchio per la misura della tensione massima

*Misura diretta delle alte tensioni.* — Servono allo scopo, in primo luogo, gli *spinterometri* dei vari tipi: a punte, a piastre, a sfere, i quali consentono la misura diretta del valore massimo della tensione. Quest'ultima viene dedotta ricorrendo a speciali tabelle di taratura le quali esprimono il valore della tensione di scarica in funzione della distanza fra gli elettrodi dello spinterometro, tenuto calcolo della forma di questi ultimi e dell'influenza della temperatura e dell'umidità ambiente.

L'impiego di spinterometri a piastre non è consigliabile perchè assai difficilmente è possibile realizzare il perfetto parallelismo fra gli elettrodi di rilevanti dimensioni. Con gli spinterometri a punta, l'esattezza delle misure è facilmente influenzata dalla presenza di campi elettrici circostanti. Le misure con spinterometri a sfere sono, al contrario, molto esatte.

Gli spinterometri a sfere normalmente impiegati hanno i due elettrodi in rame, non soggetti a fusioni superficiali al verificarsi della scarica. Il diametro delle sfere varia con la tensione ed è scelto tale da assicurare l'uniformità del campo elettrico. Per tensioni di 1 milione di V sono necessarie sfere del diametro di 1000÷1500 mm, per tensioni di 2 milioni di V è impiegato in Germania uno spinterometro con sfere aventi un diametro di 2400 mm. Con spinterometri a sfere di piccole dimensioni, i sostegni degli elettrodi vengono disposti in senso orizzontale; si preferisce la disposizione verticale, per ragioni meccaniche, con sfere di dimensioni maggiori. Gli spinterometri a sfere sono adatti per misurare tensioni continue, alternate, ad impulsi. Nella misura delle tensioni continue ed alternate si facilita l'interruzione della scintilla — meno facile con spinterometri a sostegni verticali — con l'inserzione di resistenze in serie con una od entrambe le sfere.

La scarica, negli spinterometri a sfere, che consente di risalire al valore della tensione da misurare, è ammissibile normalmente quando si tratta di verificare le proprietà degli isolanti. Vi sono, tuttavia, delle applicazioni nel campo della tecnica delle alte tensioni, nelle quali la scarica fra gli elettrodi può causare danni agli apparecchi di ricerca impiegati. Per questi motivi, in alcuni casi, si ricorre all'impiego di spinterometri i quali consentono la misura delle alte tensioni pur senza dar luogo alla scarica fra gli elettrodi. La misura della tensione viene effettuata tenendo presente che il sistema formato dai due elettrodi e dal dielettrico interposto costituisce un condensatore. Si può schermare opportunamente quest'ultimo e renderlo, perciò, insensibile alle influenze esterne, isolando una calotta di una delle sfere. Raddrizzando la corrente di carica del condensatore con raddrizzatori termoionici o meccanici e misurando la stessa con uno strumento sensibilissimo a bobina mobile, tarato direttamente in kV, si risale alla misura della tensione. Le figg. 4 e 5 rappresentano un dispositivo di misura basato su questi principi. È necessario notare che la corrente

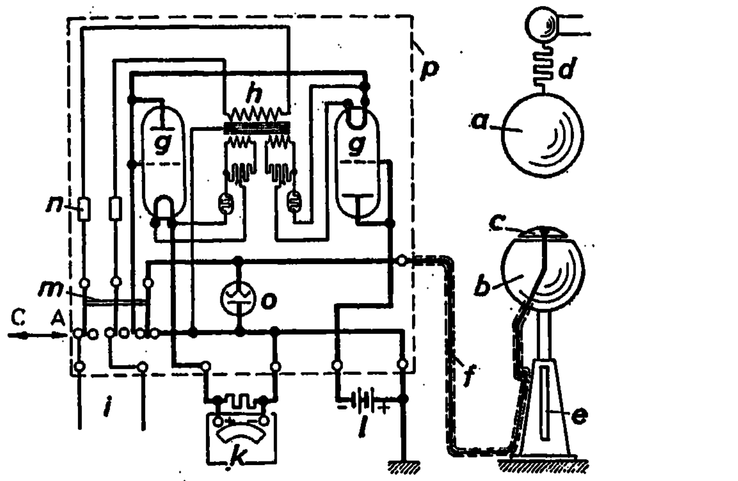



Fig. 4. - Schema per la misura del valore massimo della tensione.

*a* elettrodo ad alta tensione
*b* elettrodo di terra
*c* calotta isolata
*g* raddrizzatori termoionici
*h* amperometro tarato in kV

di carica del condensatore è influenzata dalla frequenza e dalla forma della curva; questo sistema di misura è, quindi, adatto soltanto per la misura di tensioni di frequenza ben determinata ed aventi una forma perfettamente sinusoidale. È possibile, naturalmente, misurare unicamente tensioni alternate e non tensioni continue o ad impulsi.

Per effettuare la misura del valore di tensioni continue oppure del valore efficace di tensioni alternate vengono impiegati anche *apparecchi elettrostatici*. Il principio fondamentale su cui si basa l'applicazione di questi apparecchi è il seguente: in un condensatore in aria avente un elettrodo fisso ed uno mobile, la forza di attrazione esercitata dal primo sul secondo è proporzionale al quadrato della tensione applicata fra le armature. Lo schema di uno di questi apparecchi di alta precisione, impiegato per una tensione di 360 kV, è rappresentato dalla fig. 6. La forza di attrazione esercitata dall'armatura fissa dei condensatori *b* sull'armatura mobile *c*, tende a provocare la rotazione della leva a cui le armature mobili sono fissate. Alla coppia che tende a far rotare la leva, avente un momento proporzionale al quadrato della tensione applicata fra le armature, contrasta quella originata dalla forza antagonista di due elettrodinamometri, ed avente un momento proporzionale al quadrato della corrente continua che attraversa i rocchetti dei due dinamometri. Regolando la corrente continua fornita dalla batteria di accumulatori *e*, mediante la resistenza d'inserzione *f*, in modo che la corrente continua ausiliaria sia tale da mantenere in equilibrio la leva dell'apparecchio, l'amperometro a bobina mobile *g* dà una indicazione proporzionale al valore della tensione applicata alle armature dei condensatori. L'amperometro può essere tarato direttamente in kV. Nell'apparecchio considerato, il dielettrico dei condensatori è costituito da azoto ad alta pressione. L'impiego di un gas inerte ad alta pressione,

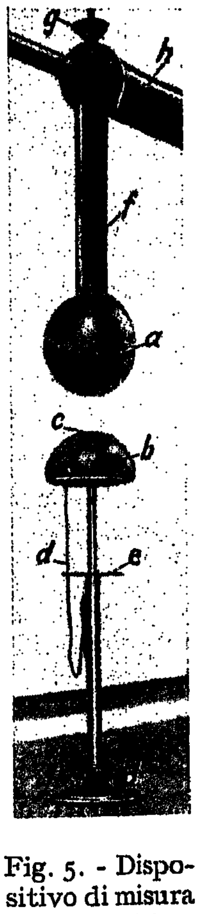



Fig. 5. - Dispositivo di misura per 600 kV.

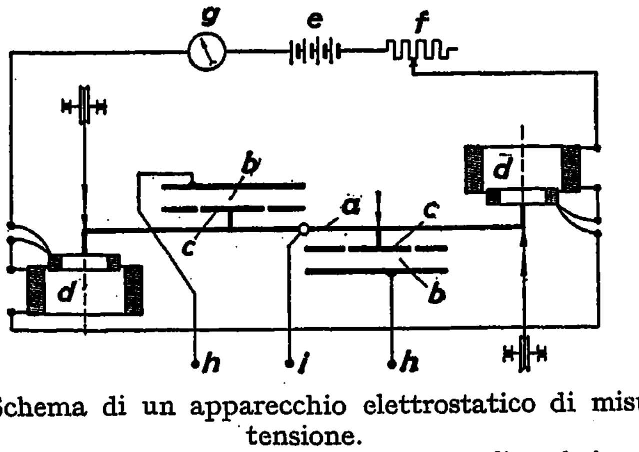



Fig. 6. - Schema di un apparecchio elettrostatico di misura della tensione.

*a* leva
*b* condensatori ad alta tensione
*c* armature mobili
*d* elettrodinamometro
*e* batteria
*f* resistenza di regolazione
*g* amperometro a bobina mobile
*h* morsetti per l'alta tensione
*i* morsetto per il neutro

in luogo dell'aria alla pressione atmosferica, consente di ridurre sensibilmente le dimensioni dell'apparecchio, compatibilmente con una grande esattezza delle misure.

Si possono semplificare sensibilmente gli apparecchi quando non è richiesta una grande precisione nelle misure. In questi casi si impiegano di solito condensatori con elettrodi aventi forma di piastre ad orli smussati oppure forma sferica, specialmente per le tensioni più alte. Uno di questi apparecchi semplificati è rappresentato schematicamente nella fig. 7. Uno degli

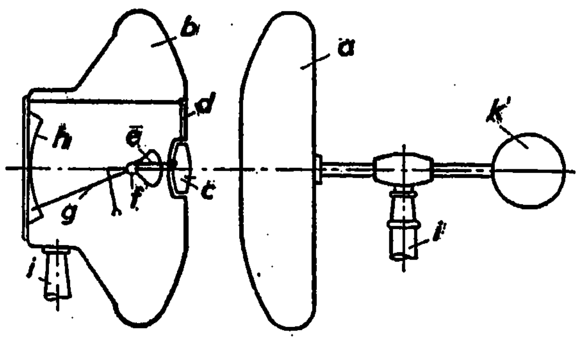



Fig. 7. - Disposizione schematica di un voltmetro elettrostatico per alta tensione.

*a* elettrodo ad alta tensione
*b* elettrodo di terra
*c* parte mobile dell'elettrodo
*e, f* dispositivo di trasmissione del moto
*g* indice
*h* scala

elettrodi comporta una parte mobile *c* la quale, sotto l'influenza dell'attrazione dell'altro elettrodo, si sposta trasmettendo il moto ad una lancetta che segna direttamente sopra una scala graduata in kV, il valore efficace della tensione applicata alle armature del condensatore. La fig. 8 rappresenta un apparecchio

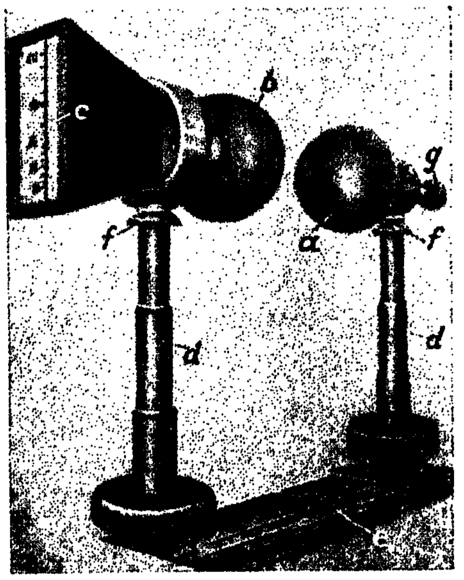



Fig. 8. - Voltmetro elettrostatico per tensioni continue ed alternate fino a 1 milione di V.

elettrostatico che consente l'esecuzione di misure fino ad 1 milione di V. Altri apparecchi analoghi si differenziano da questo soltanto per una diversa esecuzione dei dispositivi di trasmissione del moto dell'elettrodo mobile all'indice che scorre sulla scala graduata.

Altri apparecchi per la misura diretta delle altissime tensioni, impiegati specialmente per usi di laboratorio, si fondano su altri principi. Alcuni tengono calcolo dell'azione mutua fra il campo elettrostatico di un dielettrico ed il campo elettromagnetico della corrente di spostamento oppure il campo elettromagnetico della corrente di carica. È stato proposto anche l'impiego di elettrometri a foglie, costituiti con opportuni accorgimenti onde evitare errori grossolani di misura. Questi ultimi apparecchi non si possono adottare per misure di precisione.

L'apparecchio di misura rappresentato nella fig. 9 è basato sopra il noto fenomeno del *vento elettrico* che si manifesta in prossimità di punte sottoposte ad una tensione elevata. Il vento elettrico è dovuto all'azione di urto degli ioni liberati dagli elettrodi contro le molecole neutre dell'aria circostante. Esso si manifesta in un'unica direzione — da un elettrodo all'altro — se la tensione applicata è continua; per tensioni alternate, il vento ha una prima componente in una direzione determinata ed una seconda componente pulsante nei due sensi con la frequenza della tensione applicata. Se l'elettrodo messo a terra è costituito da un filamento alimentato con corrente continua, il vento elettrico, che si manifesta a partire da un determinato valore della tensione, agisce raffreddando il filamento stesso. Se quest'ultimo costituisce una delle sezioni di un ponte per la misura delle resistenze, l'azione refrigerante del vento elettrico viene messa in rilievo dallo spostamento dell'indice del galvanometro. Questo spostamento dà una indicazione della tensione applicata. L'apparecchio considerato (fig. 9) ha l'elettrodo ad alta tensione rivestito da una guaina isolante ed è sistemato nell'interno di un cilindro messo a terra. Il filamento, costituito da una lega di platino ed oro, è montato in una scatola chiusa *l* ripiena di azoto ed isolata dalla parte messa a terra. Un anello-schermo rappresenta una derivazione elettrostatica del filamento e regola l'intensità del campo.

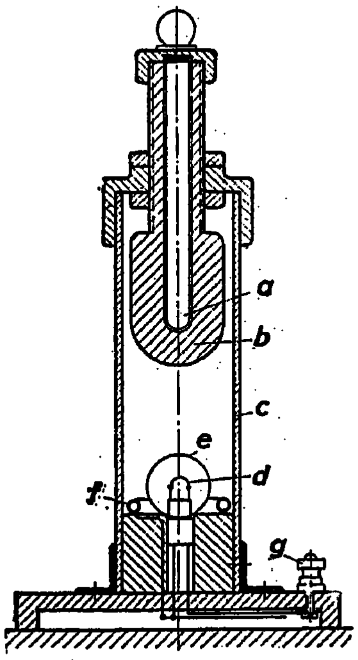



Fig. 9. - Voltmetro a «vento ionico» per 50 ÷ 100 kV.

*a* elettrodo ad alta tensione
*b* involuppo isolante
*c* cilindro metallico a terra
*d* filamento incandescente (elettrodo a terra).
*e* camera ad atmosfera di azoto
*f* anello
*g* morsetti per il ponte di misura

*Determinazione grafica delle alte tensioni.* — Uno degli apparecchi adatti è il *clydonografo* il quale si basa sulla possibilità d'impressionare mediante una figura di Lichtenberg una lastra disposta fra una piastra metallica piana ed una punta fra i quali è applicata una tensione elevata.

La figura di Lichtenberg viene resa visibile dallo sviluppo della lastra, e poichè il suo diametro è una funzione del valore della tensione applicata e della natura della tensione stessa, è possibile trarre importanti deduzioni dall'esame del clydonogramma. L'apparecchio, impiegato da alcuni anni per la misura delle sovratensioni nelle reti ad alta tensione, si può applicare direttamente a circuiti con tensioni fino a 30 kV, oppure, attraverso a divisori di tensione, a circuiti a tensioni assai elevate.

Risultati notevoli si possono ottenere con l'*oscillografo*. Quest'ultimo si applica soltanto attraverso a divisori di tensione se del tipo normale; se del tipo a raggi catodici, si può impiegare direttamente, senza divisori, fino a tensioni dell'ordine di 200 kV. È notevole anche l'oscillografo piezoelettrico a cristalli di quarzo, il quale offre il pregio di non assorbire energia e di potersi applicare in combinazione con divisori capacitivi.

d. m.

---

## IL TRASFORMATORE TRIFASE IN AMERICA ED IN EUROPA

*E. T. Z.*, 3 dicembre 1931. — M. VIDMAR.

Già da molto tempo la tecnica della trasformazione delle correnti trifasi ha seguito delle vie nettamente distinte in Europa ed in America. Nel mentre in Europa si costruiscono dei veri e propri trasformatori trifasi con un nucleo di ferro unico, in America si impiegano generalmente tre trasformatori monofasi indipendenti l'uno dall'altro.

Per uno studio di raffronto delle due differenti tendenze, si può ad esempio cominciare da una analisi sui prezzi di costo: Gli europei sostengono la esistenza di un vantaggio economico col loro sistema di costruzione, nel mentre gli americani affermano decisamente il contrario. Per indagare tale questione, consideriamo un trasformatore trifase e supponiamo di asportarne una intera colonna con nucleo, avvolgimento, nonchè colle due competenti parti del giogo. Sopravanzerà un trasformatore monofase della potenza di due terzi di quello originale e il cui costo dovrà essere un po' minore di 2/3 del valore del trasformatore da cui siamo partiti, poichè la parte di giogo asportata pesa effettivamente qualche cosa di più di un terzo del giogo intero. In compenso però il costo del cassone delle intelaiature e dell'olio arriva a qualche cosa di più di due terzi del corrispondente costo totale. Quindi in definitiva si potrà ammettere che il valore del trasformatore è proporzionale alla sua potenza.

Per far sì che il trasformatore monofase così ottenuto venga ad avere una potenza 1/3 di quella complessiva originale, dovremo ridurne tutte le dimensioni in ragione di $\sqrt[4]{2}$. E ciò perchè, a densità costante di flusso e di corrente, la potenza del trasformatore cresce in ragione della quarta potenza delle sue

dimensioni. Si può notare incidentalmente che i pesi diminuiscono di contro solo colla terza potenza delle sue dimensioni.

Riducendosi quindi alla unità di potenza, si vede come i tre trasformatori monofasi costino in ragione di $\sqrt[4]{2}$ ossia, di 1,19 di più di quello trifase unico.

Praticamente però non basta tale considerazione, poichè nella pratica dell'esercizio bisogna pure pensare alle riserve. Orbene, nel caso di trasformatori monofasi basterà prevederne un quarto elemento monofase, mentre impiegando un solo trasformatore trifase, la riserva non può essere costituita che da un altro trasformatore trifase identico.

In definitiva i quattro trasformatori monofasi di un terzo della potenza originale costerebbero pertanto

$$\frac{1}{3} \cdot 4 \sqrt[4]{2} = 1.59$$ volte il valore di un unico trasformatore trifase di ugual potenza.

Invece i due trasformatori trifasi, di cui ciascuno della intera potenza, costerebbero

$$\frac{2}{1.59} = 1{,}25$$ volte di più dell'assieme di quattro monofasi di ugual potenza. Pertanto, sotto questo punto di vista, il sistema americano risulta più conveniente di quello Europeo.

È però bene notare che nel mentre in America il quarto trasformatore monofase è già sufficiente alla riserva, non è affatto detto che in Europa si debba avere una riserva del 100%. Potrà bastare un trasformatore di potenza più modesta e determinabile volta per volta a seconda delle condizioni dell'esercizio.

Del resto non bisogna neppure arrestarsi a questo punto per le indagini di raffronto, poichè uno dei fattori importanti che stabilisce realmente le condizioni di economia dell'impianto, è dato dalle perdite di trasformazione. Considerando ad esempio un trasformatore di 100 kVA che può costare 2000 RM ed avere il 3% di perdite si può ammettere di dover spendere per interessi ed ammortamento 300 RM all'anno. Con un esercizio di 2000 ore si avrà una perdita di 6000 kWh e pertanto il costo totale annuo inclusivo delle perdite, potrebbe ammontare a 600 RM.

Orbene, a pari densità di linee di forza e di corrente, le perdite crescono in ragione del peso e quindi i trasformatori monofasi hanno anche queste ultime maggiorate in ragione di $\sqrt[4]{2}$. Si può pertanto ritenere che in Europa, anche con una riserva del 100%, si finisce col trasformare ancora con un miglior rendimento che non in America. Non bisogna però dimenticare che i trasformatori si calcolano sempre per condizioni ideali di carichi equilibrati, con tensioni e correnti simmetriche e sinuisoidali e che tutt'al più si tien conto dello squilibrio dei carichi. Praticamente però le cose sono assai differenti e le asimmetrie sono più da temersi in Europa che non in America dove ciascun trasformatore monofase possiede un circuito metallico a a sè per le linee di forza.

Prima di procedere, è quindi necessario analizzare gli effetti delle asimmetrie del carico. Per fare questo è poi indispensabile studiare il problema della messa a terra del neutro sotto i vari aspetti da cui esso viene considerato sia in America che in Europa.

Gli Americani mettono di solito il neutro direttamente a terra, mentre noi spesso lo facciamo attraverso una induttanza. I primi si pongono pertanto subito al sicuro contro gli effetti delle asimmetrie e questa è una conseguenza logica per chi adotta dei trasformatori monofasi. Del resto la utilità o meno di mettere a terra il neutro non può essere decisa dalle sole considerazioni inerenti al trasformatore.

Il trasformatore europeo ha insito in sè stesso una causa di asimmetria, poichè la riluttanza magnetica delle sue fasi è disuguale. La colonna centrale di un trasformatore trifase (fig. 1) partecipa infatti assai poco del giogo, contrariamente a quello che succede per le altre due. Notando poi che i due gioghi sono formati normalmente con altrettanto ferro come i tre nuclei delle colonne, ciò vorrà dire che la riluttanza magnetica delle colonne esterne è circa 2,5 volte quella interna. Questo inconveniente non si verifica certamente nei trasformatori americani.

Il trasformatore trifase è quindi percorso da una corrente magnetizzante secondo lo schema vettoriale della fig. 2; siccome tali grandezze dovrebbero annullarsi nel punto neutro, ciò vorrà dire che quest'ultimo evidentemente dovrà spostarsi secondo lo schema della fig. 3. Lo squilibrio potrebbe aumentare fino a rendere del tutto impossibile l'impiego del collegamento a stella, ed in tal caso converrebbe girare l'ostacolo facendo senz'altro l'avvolgimento primario a triangolo, con che il prezzo di costruzione per trasformatori di medie potenze, può salire fino al 10% in più ed il neutro rimane inaccessibile.

Insistendo nell'avvolgimento a stella si vede come le asimmetrie del carico richiamano necessariamente una corrente magnetizzante uguale ed in fase in ciascun avvolgimento. Quest'ultima genera delle linee di forza che in parte si fanno equilibrio nel nucleo (fig. 1) ed in parte si chiudono nell'aria.

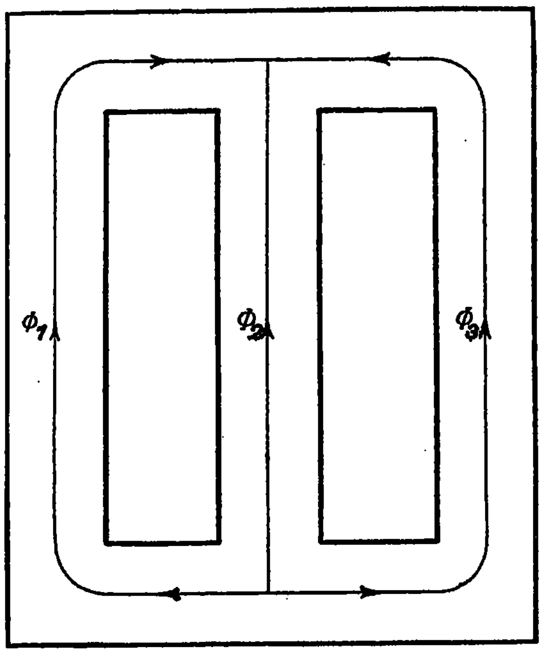



Fig. 1.

La riluttaznza magnetica del flusso secondario che percorre una colonna dell'avvolgimento e si chiude nell'aria, è stata calcolata dall'autore in modo empirico con

$$R_1 = \frac{1}{3\,d}$$

dove $d$ è il diametro in centimetri del nucleo e dove si ammette che la sezione del giogo sia uguale a quella del nucleo delle colonne. Questo valore è solo approssimato: ammettendo che le

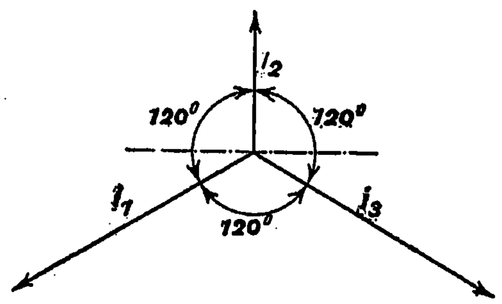



Fig. 2.

colonne abbiano una altezza $3d$ e una sezione circa $0{,}5\, d^2$, detto $\mu$ la permeabilità magnetica esso sarebbe effettivamente

$$R_2 = \frac{6}{d\,n}.$$

Con ciò si vede che il flusso disperso monofase che si chiude nell'aria incontra una riluttanza $\mu/18$ volte maggiore che non il flusso principale. Siccome d'altra parte il primo può facilmente

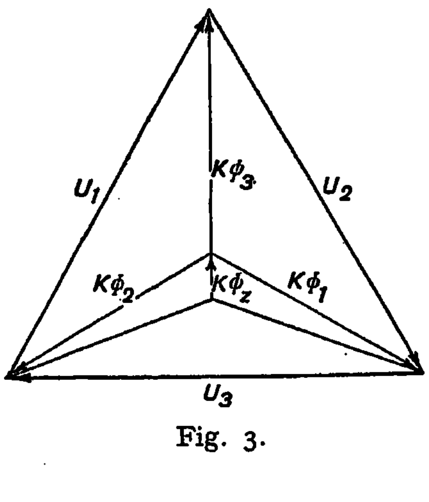



Fig. 3.

diventare circa 1/3 del secondo si può concludere che il flusso che si chiude nell'aria può essere valutato in ragione di $\mu/6$ rispetto a quello principale.

Ha poi molta influenza la densità delle linee di forza nel nucleo. Nei trasformatori moderni prossimi alla saturazione detto flusso monofase può spostare il neutro di 1/100 della tensione di fase. La presenza della cassa dell'olio naturalmente peggiora la situazione poichè favorisce la circolazione di questo flusso disperso.

Anche nei trasformatori monofasi con neutro isolato può subentrare uno spostamento del punto neutro ma in minor misura.

Va poi ricordato che nei trasformatori trifasi, la forma sinuisoidale delle tensioni è ottenuta dai flussi di linee di forza pure sinuisoidale. Invece le correnti di magnetizzazione che creano questi ultimi non sono a forma esattamente sinuisoidale ma bensì affette da terze armoniche, specie nei nuclei prossimi alla saturazione.

Queste terze armoniche nei tre avvolgimenti spostati di 120° si sommano e pertanto non si possono annullare nel neutro. Per poterle convogliare attraverso il neutro, bisogna che si richiamino delle correnti supplementari di magnetizzazione a frequenza tripla della normale e che sono in opposizione alle prime.

Le prime sono necessarie alla corrente di magnetizzazione per dare la forma sinuisoidale al flusso delle linee di forza. Le seconde invece, superflue, creano in ogni colonna un flusso monofase che penetra nei gioghi e si chiude attraverso l'aria (fig. 4). Ne risulta che il punto neutro del sistema non è più fisso ma bensì oscillante ed è un vantaggio, a tale proposito, che la permeabilità magnetica del circuito del flusso disturbatore sia piccola. Se tuttavia ci si trova prossimi alla saturazione del nucleo, si può incorrere in un maggior numero di armoniche e le oscillazioni possono farsi sentire in modo preoccupante.

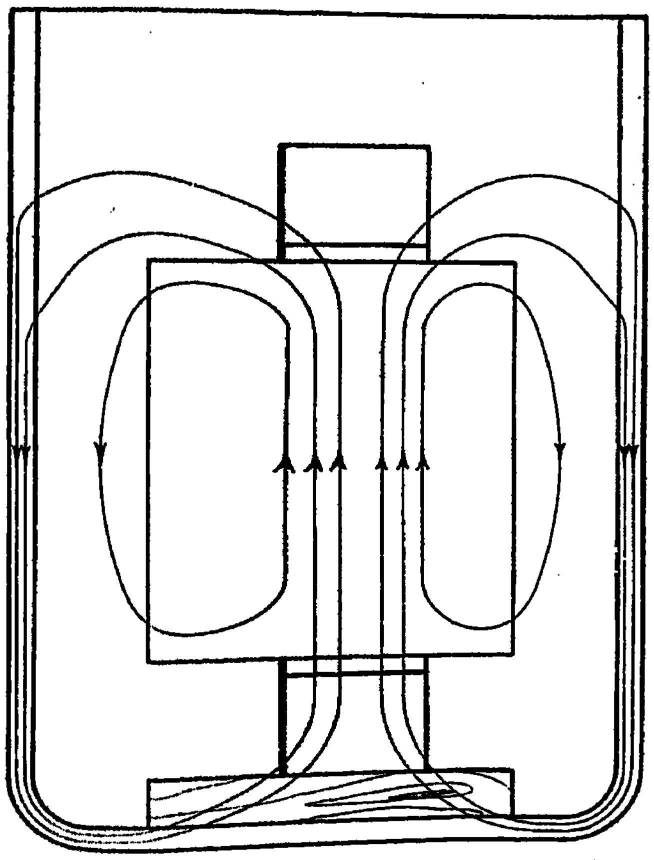


Fig. 4.

Ciò avviene specialmente nei trasformatori in cassa d'olio, ove i flussi dispersi si chiudono attraverso le pareti del recipiente (fig. 4) facendo crescere notevolmente le perdite. Ad ogni modo si cerca di combattere questo inconveniente nei trasformatori trifasi non avvolti a triangolo, tenendo prudenzialmente un valore basso alla densità di linee di forze nel ferro.

Nei trasformatori monofasi invece o si deve ricorrere all'avvolgimento a triangolo o si collegano i neutri dei trasformatori con quello del generatore. Altrimenti i flussi delle terze armoniche si chiudono senz'altro nel ferro generando delle perdite notevoli.

In conclusione nei trasformatori trifasi si può mettere il neutro a terra o meno. In quelli monofasi, a meno di fare l'avvolgimento primario a triangolo necessita senz'altro la messa a terra del neutro.

Una ulteriore importante questione è quella che si riferisce ai carichi squilibrati, specie se dovuti a corto circuito a terra. Nel caso di tre trasformatori monofasi con primario a stella e neutro a terra il corto circuito a terra di una fase non interessa che il corrispondente trasformatore che deve pertanto essere in grado di sopportare la intera corrente di corto circuito.

Invece nel caso di corto circuito a terra di una fase del secondario di un trasformatore a stella-stella che supponiamo per semplicità di rapporto 1:1 (fig. 5). per l'equilibrio delle correnti nei vari circuiti magnetici dovrà essere

$$I - i_1 + i_2 = 0$$
$$I - i_1 + i_3 = 0$$
$$i_2 - i_3 = 0$$

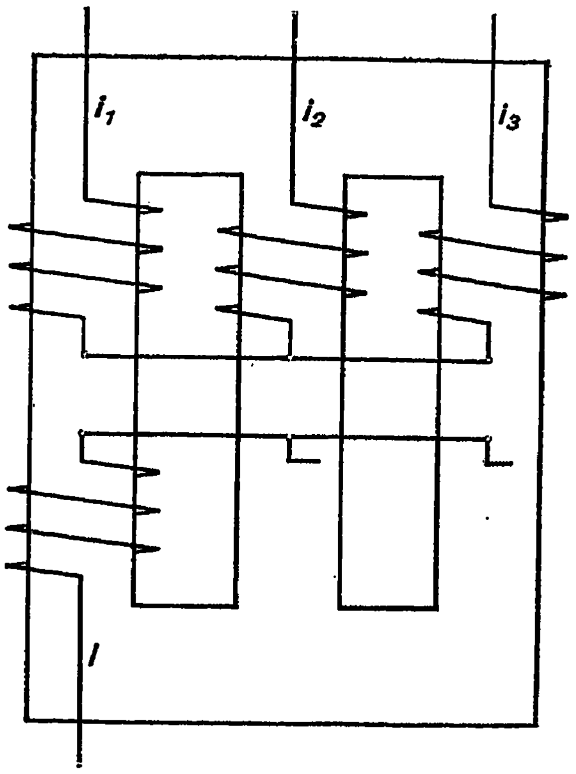



Fig. 5.

Inoltre nel punto neutro sarà $i + i_2 + i_3 = 0$ ossia

$$i_1 = \frac{2}{3} I$$

$$i_2 = i_3 = -\frac{I}{3}$$

Su ciascuna colonna risulta quindi un eccesso di $-\frac{I}{3}$ Ampère che generano un flusso supplementare che si chiuderà attraverso l'aria. La fase della tensione supplementare così generata dipenderà esclusivamente dall'angolo di fase del carico.

Come risultato si avrà uno spostamento del neutro che può anche raggiungere un quinto della tensione di fase. Si può evitare tale inconveniente con un avvolgimento a triangolo nel primario o con un avvolgimento a zig-zag nel secondario, ma naturalmente cresce il costo del trasformatore.

Consideriamo ora una terna di trasformatori monofasi di rapporto 1:1. Un corto circuito a terra di corrente $I$ in una fase del secondario richiamerà una corrente $-I$ nel primario. Se il neutro è isolato ed il primario è a stella, questa corrente ritornerà attraverso le altre due fasi in ragione di $\frac{I}{2}$ in ciascuna di esse. In tale modo però per avere un equilibrio sia elettrico che magnetico nei trasformatori bisogna che il punto neutro si sposti. Anzi, per l'equilibrio dobbiamo ammettere che il primario del primo trasformatore considerato sia percorso oltre che dalla corrente $-I$ anche da una supplementare $+\frac{I}{3}$. Con che in definitiva le correnti che circoleranno nei primari dei tre trasformatori monofasi saranno le seguenti

| | | | |
|---|---|---|---|
| | $-I$ | $+\frac{I}{2}$ | $+\frac{I}{2}$ |
| | $+\frac{I}{3}$ | $-\frac{I}{6}$ | $-\frac{I}{6}$ |
| Nel primario: | $-\frac{2}{3}I$ | $+\frac{I}{3}$ | $+\frac{I}{3}$ |
| Nel secondario: | $+I$ | $+0$ | $0$ |
| Risultante | $\frac{I}{3}$ | $\frac{I}{3}$ | $\frac{I}{3}$ |

Naturalmente in tutte le fasi si deve poi temere un incremento $\Delta U$ di tensione, che a permeabilità costante, sarà in ragione di

$$\frac{I}{3} / I_m$$

rispetto alla tensione normale e dove $I_m$ è la corrente di magnetizzazione normale.

Da qui si vede come il neutro sia troppo facilmente spostabile se esso non viene messo a terra.

Viceversa nel trasformatore trifase, tra il neutro del collegamento a stella del primario del trasformatore ed il neutro del generatore è meglio che non esista un collegamento rigido. Infatti nei generatori si ha normalmente la esistenza di terze armoniche superiori, che indotte nel trasformatore producono un flusso di linee di forza a frequenza tripla. Quest'ultimo innestato sulle onde fondamentali spostate di 120° nelle tre fasi, genera un flusso che anzichè annullarsi nel neutro, si somma. Nei trasformatori monofasi ciò non ha importanza poichè in ciascuna fase esiste un completo nucleo metallico ove può circolare qualsiasi flusso a frequenza tripla. Invece in quello trifase queste linee di forza devono chiudersi nell'aria. Sicchè se le terze armoniche hanno un valore sensibile, la corrente di magnetizzazione resta fortemente deformata. Ma inoltre le armoniche superiori si sommano nel neutro e pertanto possono creare una corrente di circolazione che però raggiunge una intensità pari a quella di fase.

In ultimo va notato che le tensioni concatenate di un sistema trifase danno sempre un valore risultante nullo, mentre le tensioni di fase lo danno solo nel caso che il neutro coincida col baricentro del triangolo delle tensioni. Quindi la trasformazione della tensione di fase non richiede flussi di linee di forza nelle tre fasi la cui somma si annulli mentre per l'appunto il concetto costruttivo europeo conta su tale condizione. Pertanto i trasformatori trifasi non risponderanno bene ai bisogni dell'esercizio se non quando il neutro è tenuto fisso. Nel caso di asimmetrie di carico abbiamo già visto che si formano dei flussi supplementari di linee di forza. Orbene, a seconda dello scopo cui è destinato il trasformatore può essere prefissato il valore di questo flusso oppure quello della corrente magnetizzante che lo ha generato. Nel primo caso il trasformatore trifase, in cui il flusso deve chiudersi attraverso l'aria, si trova in cattive condizioni, poichè detto flusso richiamerà una forte forza magnetizzante. Invece nel sistema americano il flusso si chiude nel nucleo e quindi la corrente magntizzante richiesta è assai piccola.

Quando invece è determinato il valore della forza magnetizzante, allora si trova in più favorevoli condizioni il trasformatore trifase che oppone una forte riluttanza nel circuito del flusso indotto e che pertanto risente meno dei disturbi prodotti da quest'ultimo.

Come conclusione va notato che, tenendo conto delle perdite di trasformazione e del fatto che il trasformatore trifase può essere impiegato anche col neutro a terra mentre i tre monofasi non ne possono fare assolutamente a meno, si verrebbe ad ammettere che il primo ha realmente delle superiorità sul secondo sistema. Inoltre nel primo si ha il grande vantaggio che si può escludere il collegamento dei neutri tra il generatore ed il primo trasformatore, evitando in tal modo di portare nel sistema di trasmissione e le terze armoniche e le asimmetrie proprie del generatore stesso.

G.R.M.

---

## CONTRIBUTO ALLO STUDIO DELLE CAUSE DI INESATTEZZA DEI CONTATORI A CORRENTE ALTERNATA

*Revue Générale de l'Electricité*, 3 e 10 ottobre 1931. – P. Maurer.

L'A. si occupa specialmente degli errori che derivano dalla costruzione meccanica dei contatori e dei mezzi per perfezionarne gli organi. I principali difetti che si incontrano nell'esercizio corrente dei contatori si possono classificare in due categorie secondo che le loro cause risiedono in difetti di materiali o di costruzione oppure dipendono dall'usura degli organi mobili.

*Difetti di costruzione o di materiali.* — In qualche caso l'A. ha potuto riscontrare difetti dipendenti da deformazioni delle lamiere usate per la struttura portante del contatore. Così pure in molti casi si verifica la deformazione o la rottura dei supporti in causa di difetti inerenti alla lega metallica con cui sono costruiti; ciò specialmente se si tratta di leghe contenenti elevato tenore di zinco.

Più frequenti sono gli errori dipendenti da formazione di depositi di polvere, limature o corpi estranei nell'interno del contatore. Secondo l'A. la lunga pratica d'esercizio ha dimostrato che oltre il 40 % dei casi di arresto dei contatori dipendono da tale ragione. L'introduzione della polvere è assai difficile da evitare. Spesso i mastici che fissano i vetri dei contatori, o le vernici si disgregano col tempo, dando luogo ad una polvere molto fina, che finisce coll'arrestare completamente il contatore.

Più rari, cioè circa da 4-7 % del numero degli arresti riscontrati, sono quelli dovuti a montaggio difettoso delle calamite, o a rotture dei fili, cattivo isolamento, ecc. In un certo tipo di contatori si è osservato che l'eccezionale frequenza dei casi di arresto era dovuta a un serraggio difettoso delle viti di fissaggio delle calamite, ciò che provocava il loro spostamento durante il trasporto.

Un'altra causa che provoca qualche volta l'arresto dei contatori è quella dovuta ad oscillazioni del disco o allo strisciamento di esso sui poli della calamita. Secondo le statistiche, questi casi rappresentano il 7 o l'8 % del totale. È difficile porre rimedio a tale difetto, perchè se si aumentano le distanze fra i poli delle calamite, queste non agiscono più nello stesso modo.

Le calamite impiegate nella costruzione dei contatori vengono dopo la magnetizzazione sottoposte ad un invecchiamento artificiale e successivamente ad un invecchiamento naturale. Il primo si ottiene facendo subire alle calamite una demagnetizzazione in un campo debole e ad una temperatura ben determinata durante un certo tempo; qualche volta vengono anche sottomesse a vibrazioni od a trattamenti chimici speciali. L'uso degli acciai al cobalto darebbe calamite molto stabili, ma è assai costoso. La maggior parte dei costruttori francesi usano acciai al tungsteno, i quali perdono col tempo parte della loro magnetizzazione, provocando un leggero aumento di velocità nel contatore. Il 5 o il 6 % dei contatori verificati presenta un aumento di velocità annuo di circa 1,7 % in media.

*Usura degli organi ruotanti.* — Essi sono: il disco, l'albero che lo porta e il gioco di ingranaggi. La costruzione di questi ultimi talvolta presenta difetti che si possono mettere in evidenza prima di mettere in servizio il contatore. Non si può però dire che si sia ancora raggiunta a questo riguardo una costruzione pienamente soddisfacente. Circa il 10 % dei casi di arresto dipendono, secondo le statistiche recenti, da difetti delle ruote dentate.

Particolare interesse presenta lo studio dei perni; difatti questi organi producono un ritardo notevole del contatore ai bassi carichi, ma hanno poca influenza sull'andamento con carichi forti. Se il difetto è importante può anche darsi che ai bassi carichi il contatore non si avvii. Circa l'1,5 % dei casi di arresto dei contatori della Compagnia Parigina di Distribuzione d'Elettricità sono dovuti a difetti di perni, mentre il 19 % dei contatori visitati presentava dei ritardi di circa il 15 % quando il carico scendeva a 1/50 di quello normale.

Attualmente il tipo costruttivo dei perni si è andato unificando presso tutti i costruttori. Il supporto inferiore è in generale costituito da un perno a sfera o a punta in acciaio o in pietra dura fissato alla base dell'alberetto che sostiene il disco; il perno appoggia sopra una pietra dura. L'organo di guida superiore è costituito da un ago d'acciaio del diametro di circa mm 0,45 che si impegna in un foro di mm 0,50 di diametro praticato entro una piccola doccia di lamiera foggiata in modo da costituire una camera d'olio.

L'organo di guida superiore viene, in generale, dai costruttori considerato come se avesse soltanto la funzione di mantenere l'albero in posizione verticale; ciò che è ammissibile soltanto per alcuni tipi di contatori.

Tutto il peso della parte mobile poggia sul supporto inferiore, dove si produce un'usura importante. Considerando un perno semisferico poggiante su una pietra dura che presenti una certa concavità, si può calcolare la coppia di attrito del perno colla formula di Léauté:

$$C = K f L P$$

dove $K$ è un coefficiente eguale circa a 0,093; $f$ è il coefficiente di attrito, che si è riscontrato essere circa 0,21; $P$ è il peso dell'equipaggio mobile e $L$ è la lunghezza dell'ellisse che limita l'area di contatto.

Per diminuire l'usura sono stati proposti diversi metodi. Uno consiste nel diminuire la coppia di attrito. Si può a tale scopo diminuire $P$, cioè il peso dell'equipaggio mobile, riducendo lo spessore e il diametro del disco; ma bisogna allora adottare una debole coppia motrice, ciò che può nuocere al buon funzionamento del contatore. Un altro mezzo consisterebbe nell'aumentare il raggio di curvatura del perno, diminuendo quindi la pressione specifica: ma si verrebbe così ad aumentare la coppia di attrito, nuocendo all'avviamento del contatore.

È chiaro che per diminuire l'attrito bisogna studiare opportunamente la forma dell'estremità del perno e quella delle superficie portante della pietra dura: i costruttori in base alla pratica fatta hanno adottato per la punta del perno un raggio di curvatura dell'ordine di mm 0,5 e per la pietra dura un raggio fra 1 e 2 mm: in queste condizioni l'avviamento del contatore si verifica a 1/200 del carico normale. Per quanto le opinioni siano ancora discordi la tendenza moderna sembra essere quella di aumentare leggermente la coppia motrice e ridurre la velocità di rotazione.

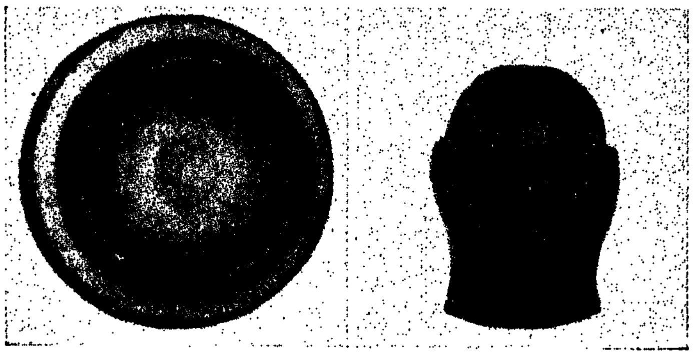


Fig. 1. - Vista di un perno a sfera d'acciaio logorato (ingrandimento 20 diametri) e della pietra corrispondente (ingrandimento 15 diametri).

L'osservazione ha dimostrato che le pietre dure si consumano in modo molto irregolare e che la posizione del perno si sistema di solito fuori dal centro dell'incavo. Questo fatto è spiegato dall'A. coll'analisi delle forze che agiscono sul perno in movimento. Per ovviare a tale inconveniente i costruttori inglesi usano pietre scavate con cavità molto ampie. In Inghilterra e in America è diffusa l'opinione che i perni dei contatori si trovino soggetti a vibrazioni che produrrebbero usura irregolare dei supporti. In Francia questa opinione non è da tutti condivisa.

L'A. ha eseguito a tale scopo speciali esperienze, adattando al perno di un contatore uno specchietto ed osservando un raggio luminoso da esso riflesso. Le prove eseguite hanno dimostrato che le reazioni sul supporto superiore sono molto più importanti di quanto generalmente si crede e che possono determinare una usura sensibile del perno superiore stesso. Se il contatore è messo bruscamente sotto carico la reazione può produrre uno spostamento dal punto di imperniamento inferiore. L'A. crede perciò che sarebbe conveniente usare anche nella parte superiore del perno dei supporti in pietra dura lavorata.

Il cattivo funzionamento dovuto alle reazioni del supporto superiore può essere migliorato in 3 modi: costruendo in modo speciale il perno superiore, costruendo degli equipaggi mobili col centro di gravità molto basso e finalmente facendo uso di calamite disposte in modo da sopprimere le reazioni sul perno superiore.

*Influenza della natura dei materiali in contatto.* — Il perno, in generale sostituibile, è costituito da piccoli pezzi in acciaio di forma speciale o da piccole sfere d'acciaio o da verghette o sfere in agata, rubini o zaffiri ecc.

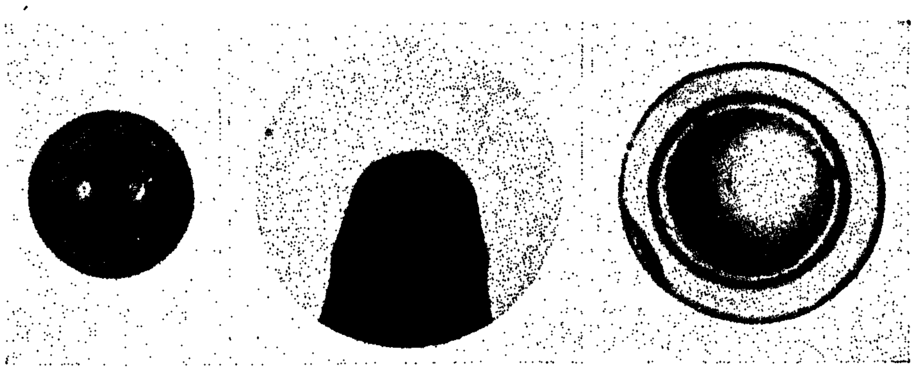


Fig. 2. - Vista di un perno d'acciaio, di fronte (ingrandimento 15 diametri) e di profilo (ingrandimento 20 diametri) e dell'appoggio corrispondente (ingrandimento 15 diametri).

Le sfere in acciaio sembrerebbero preferibili agli altri pezzi dello stesso materiale; è però necessario verificare con molta accuratezza il grado di durezza di ogni sfera che si adopera, essendo questa una caratteristica assai facilmente variabile da una sfera all'altra. Bisogna evitare di fissare la sfera con saldatura per non alterare la tempera dell'acciaio.

Pel sostegno inferiore s'impiegano in generale pietre artificiali che sono più omogenee, più dure e più lisce di quelle naturali. La pulitura deve essere eseguita e sorvegliata con grande attenzione. La Compagnia Parigina di Distribuzione d'Elettricità eseguisce, su una certa percentuale delle pietre da adoperare nei contatori, una prova di usura, montandole in contatori sovracaricati e giranti a grande velocità. La qualità delle pietre viene determinata per confronto con pietre campioni, esaminandole al microscopio dopo due milioni di giri. In qualche caso di grossi contatori si usano anche i diamanti.

Il lavoro totale assorbito dall'attrito in un contatore funzionante pel tempo $t$ alla velocità normale $\omega$ è dato da

$$T = K f L P \omega t$$

Per ottenere risultati interessanti di confronto con contatori in esercizio normale bisogna lasciarli girare per parecchi anni, essendo l'utilizzazione media annua di un contatore per luce di circa 400 ore, ciò che corrisponde a circa un milione di giri per anno. Si possono accelerare le prove aumentando la velocità di rotazione, ma non si possono superare certi limiti senza alterare le condizioni di funzionamento.

Dopo avere richiamato i risultati di prove e di statistiche eseguite in altri Paesi, l'A. rende conto di esperienze effettuate da Grunberg nel laboratorio della Compagnia d'Electricité dell'Owest Parigino per mezzo di una macchina speciale e con indirizzo sistematico. L'A. fa qualche riserva circa i risultati di queste prove, perchè l'usura dei perni e delle pietre dipende da troppi coefficienti di cui non è possibile tenere conto nelle prove. Ad ogni modo il Grunberg avrebbe trovato che l'esattezza di un contatore può ritenersi buona, finchè il diametro dell'usura del perno e della pietra è inferiore a mm 0,1; da mm 0,1 a 0,2 gli errori del contatore aumentano rapidamente; oltre mm 0,2 il contatore ritarda del 2 % a 1/10 del carico, del 4,5 % a 1/20 e del 13 % a 1/50 del carico. Queste prove dimostrano sostanzialmente che gli organi di rotazione costituiti con perno d'acciaio e appoggio in pietra diventano difettosi dopo circa 2 milioni di giri.

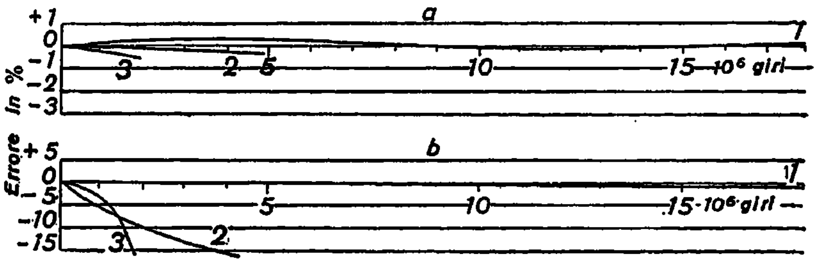



Fig. 3. - Curve degli errori rilevati in funzione dei numeri dei giri su un gruppo di contatori muniti di perni a sfere d'acciaio poggianti su rubino, senza lubrificazione e funzionanti al carico normale (*a*) e a 1/50 del carico normale (*b*):

1) curve medie risultanti dalle misure su 5 contatori;
2) curve relative a un contatore in cui l'organo d'imperniamento superiore presentava usura;
3) curve relative a un contatore in cui la sfera d'acciaio presentava usura.

Al laboratorio della Compagnia Parigina di Distribuzione di Elettricità sono state eseguite delle prove in condizioni simili a quelle d'esercizio. Un gruppo di contatori, la cui velocità venne portata a 166 giri al minuto, venne mantenuto in funzione a un carico variabile fra 3/4 e 4/4 del carico nominale e verificati a 1/50 del carico nominale e al carico nominale dopo 5 milioni di giri e arrestati a un limite eguale a 17 milioni di giri. La figura 1 mostra le curve di errore ottenute rispettivamente al carico nominale e a 1/50 di esso coi contatori con perno in sfera d'acciaio di mm 0,5 di diametro e sostegno in rubini.

Da molto tempo è stato preconizzato la sostituzione dei perni in acciaio con altri in pietra dura e tentativi interessanti sono stati eseguiti in diversi Paesi. Esperienze a questo riguardo eseguite nel laboratorio suddetto hanno confermato il principio già noto che l'area di contatto nel caso di appoggio in pietra su pietra è funzione del peso del rotore. Si è così constatato che in contatori a rotore sovracaricato giranti a 360 giri al minuto con perni emisferici in zaffiro naturale duro su appoggio d'agata, dopo qualche milione di giri si erano staccate dai perni delle particelle di materiale, mentre i sostegni in agata erano intatti. Nel complesso però i risultati ottenuti con perni in pietra dura sono abbastanza interessanti, perchè valga la pena di effettuare dei tentativi pratici più importanti.

Per quanto riguarda i sostegni in diamanti è da osservare che essi migliorano notevolmente il funzionamento del contatore ed hanno una durata pratica molto lunga. L'usura si mantiene estremamente piccola anche dopo molti milioni di giri.

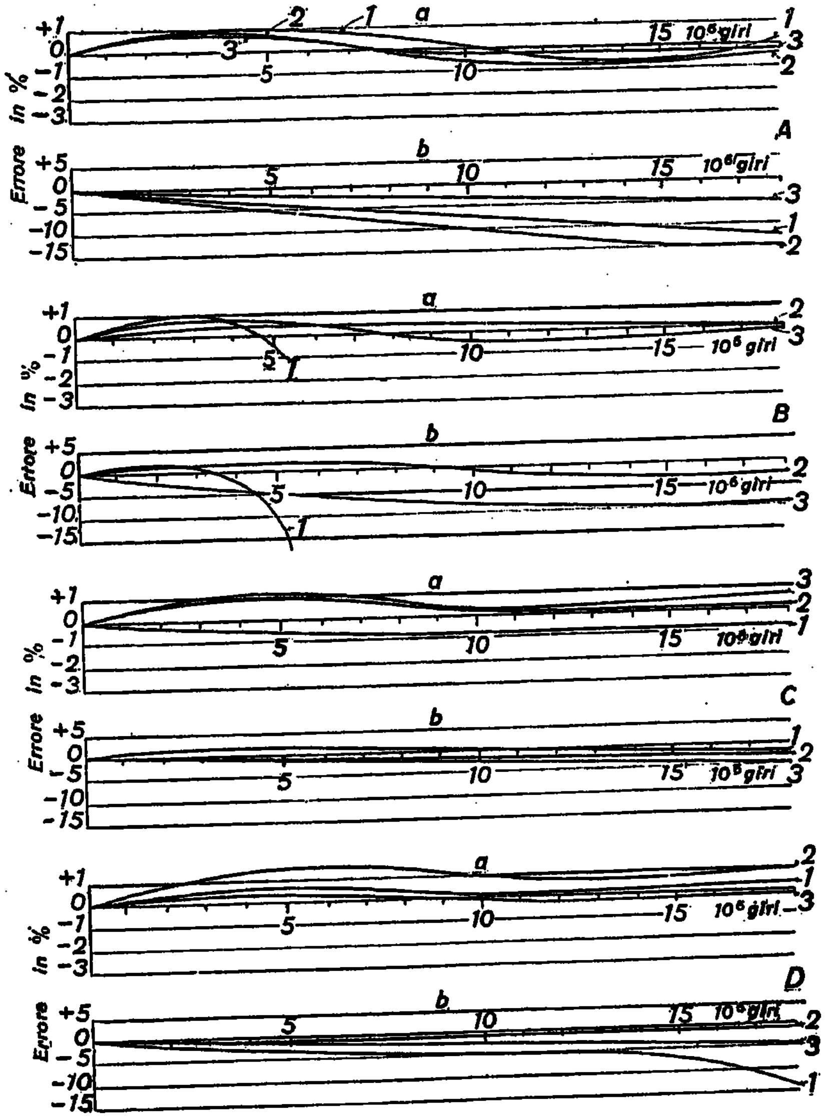



Fig. 4. - Le curve medie degli errori in funzione del numero dei giri, rilevate su 3 gruppi di contatori (curve 1, 2, 3) funzionanti al carico normale (*a*) o ad 1/50 del carico normale (*b*):

A, perno d'acciaio su appoggio di rubino lubrificato;
B, perno d'agata su appoggio di rubino lubrificato;
C, perno d'acciaio su appoggio di diamante lubrificato;
*D*, perno di agata su appoggio di diamante lubrificato.

*Influenza della lubrificazione.* — È attualmente una delle questioni più dibattute. Mentre Fichter sosteneva che quando la pressione fra gli organi di contatto arriva all'ordine di circa 100 kg per $mm^2$, come avviene per i perni dei contatori, l'olio non penetra più fra le superfici, lo Schachenmeir ha potuto dimostrare che anche con la pressione di 10 tonnellate per $cm^2$ il velo d'olio si mantiene continuo.

L'opinione degli esercenti nei riguardi degli effetti della lubrificazione è assai disparata. Si obbietta specialmente che gli oli irrancidiscono con facilità talchè conviene usare soltanto oli sopraffini provenienti da distillazione del petrolio. Coi perni in acciaio si forma alle volte un ammasso di sesquiossido di ferro. Osservazioni della N.E.L.A. tenderebbero a dimostrare che la lubrificazione è utile quando si faccia uso di oli di buona qualità. Anche con perni in pietra su pietra si è riscontrato in Inghilterra un funzionamento soddisfacente con la lubrificazione.

Sulla base dell'esperienza fatta dalla Compagnia Parigina di distribuzione d'Elettricità l'A. crede di poter affermare che la lubrificazione è utile specialmente coi perni in acciaio. Sono state a questo scopo eseguite prove, i cui risultati sono raccolti nei diagrammi della fig. 3.

*Conclusioni.* — Non è possibile trarre conclusioni precise per regolare la costruzione e l'esercizio dei contatori. Tuttavia l'A. espone i seguenti concetti direttivi per diminuire le ragioni di inesattezza.

Aumento della coppia motrice fino a un limite che non produca un peso eccessivo del rotore.

Velocità di rotazione minore che negli attuali contatori.

Studio delle calamite in modo da raggiungere la massima stabilità di magnetizzazione.

Costruzione di un equipaggio mobile che non dia vibrazioni e che abbia il centro di gravità molto basso.

Appoggio superiore dell'albero costruito in pietra dura.

Miglioramento dell'organo d'appoggio inferiore studiando una camera d'olio che realizzi la minima superficie di contatto dell'olio con l'aria e impedisca l'entrata della polvere.

Naturalmente queste migliorie importano una maggiore spesa pei contatori, ma l'A. ritiene che tale spesa sia compensata dalla diminuzione delle spese di manutenzione, verifica e sostituzione dei contatori in esercizio presso gli utenti.

Ri.

# RASSEGNA TECNICA

## a) NUOVO APPARECCHIO A PICCOLA PERDITA DI CARICO PER LA MISURA DI FLUIDI IN MOTO

*V.D.I.*, 19 dicembre 1931. – E. SCHMIDT.

Nelle misure di portata dei fluidi in moto (liquidi o gaz) ha una somma importanza la riduzione al minimo valore possibile delle perdite di carico. Queste ultime, che ad un esame superficiale non sembrano di una entità tale da richiedere una speciale considerazione, assorbono nell'esercizio delle potenze che possono essere tutt'altro che trascurabili. Quindi per le misure di portata al posto di diaframmi normali e di ugelli tarati, atti a dare indicazioni con una precisione del 0,5 % per casi in cui il numero di Reynold (1) è superiore a $2.10^6$ e del 1,5% per valori minori dei numeri di Reynold, si usano spesso metodi più complessi ma tali da causare minori perdite di carico.

Il più noto sistema di misura di portate aventi relativamente piccole perdite di carico è il venturimetro, le cui perdite possono oscillare dall'8 al 20 % della pressione attiva misurata. Il venturimetro ha però l'inconveniente di avere uno sviluppo notevole ($5 \div 10$ volte il diametro del tubo).

L'apparecchio di misura di cui si occupa il presente studio, ha una perdita di carico ancora minore del venturimetro, ma in confronto ha uno sviluppo assai più piccolo. Esso consta di una serie di sbarre orizzontali (fig. 1 *a* e *b*) foggiate a sezione opportuna per ricuperare la perdita di carico che è data dalla strozzatura da loro creata. Tali sbarre sono rigidamente fissate entro un anello che è portato da un tronco di tubo munito di flange. Queste ultime servono a collegare l'apparecchio in questione al resto della tubazione. Tra l'anello interno e il tubo munito di flange esistono due cavità semicircolari *e* che comunicano l'una con le cavità ricavate entro alcune sbarre e l'altra con quelle ricavate entro le rimanenti. Queste cavità sono in

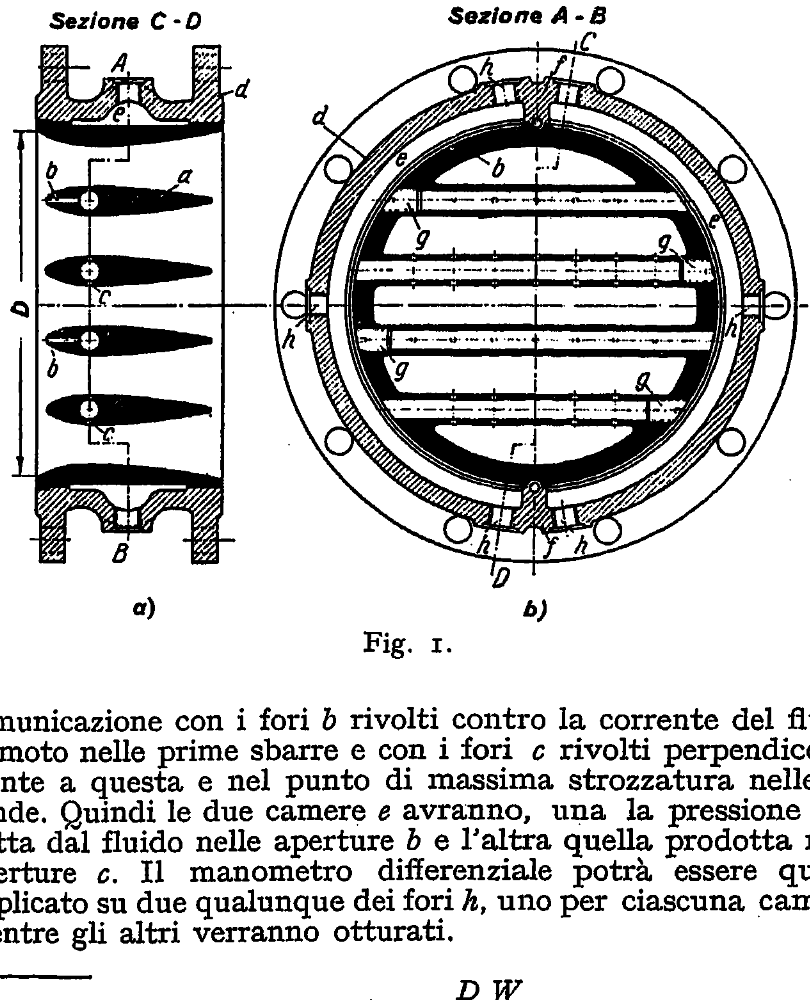



Fig. 1.

comunicazione con i fori *b* rivolti contro la corrente del fluido in moto nelle prime sbarre e con i fori *c* rivolti perpendicolarmente a questa e nel punto di massima strozzatura nelle seconde. Quindi le due camere *e* avranno, una la pressione prodotta dal fluido nelle aperture *b* e l'altra quella prodotta nelle aperture *c*. Il manometro differenziale potrà essere quindi applicato su due qualunque dei fori *h*, uno per ciascuna camera, mentre gli altri verranno otturati.

(1) Il numero di Reynold è $N = \rho \frac{D\,W}{\mu}$ dove

$\rho$ = densità del fluido
$\mu$ = viscosità » »
$V$ = velocità » »
$D$ = diametro del tubo.

Se il diametro del tubo fosse notevole, allora le sbarre orizzontali potrebbero essere rinforzate con un sistema verticale identico alle prime. Questo apparecchio si presta naturalmente assai bene anche per condotti a sezione rettangolare.

Per le prove di laboratorio delle misure di portata dell'apparecchio si utilizzarono due pompe di 2600 $m^3/h$ agenti su una tubazione di 650 mm di diametro su cui era montato il misuratore a sbarre. Esse aspiravano l'acqua in circuito chiuso da un bacino munito di stramazzo per le misure di verifica. In vicinanza dell'apparecchio il tubo, sia a monte che a valle, era provvisto di piccole prese per poter misurare l'andamento della pressione nella tubazione stessa.

Detto in generale:

$F_0$ la superficie della luce netta di contrazione;
$P_1$ e $P_2$ rispettivamente la pressione del fluido prima della luce contratta e nella medesima (fig. 1 *a* e *b*);
$\gamma$ il peso specifico del fluido in esame;
$g$ l'accelerazione di gravità;
$\alpha$ il coefficiente di portata;
$Q$ la portata del fluido, sarà

$$Q = \alpha F_0 \sqrt{\frac{2g}{\gamma}(P_1 - P_2)}$$

Nel caso dei diaframmi a semplice sezione contratta, negli uggelli tarati o nei venturimetri si ha

$$\alpha = \frac{\zeta \mu}{\sqrt{1 - \mu^2 m^2}}$$

dove

$\zeta$ è il rapporto tra la velocità media effettiva nella sezione contratta e quella teorica;

$\mu$ è il coefficiente di contrazione della vena;

$m$ è il rapporto tra la sezione contratta e quella piena del tubo.

Il valore $\frac{\mu}{\sqrt{1 - \mu^2 m^2}}$ tien conto del fatto che la pressione $P_1$ misurata nel caso suddetto è semplicemente quella piezometrica. Nel caso del misuratore a sbarre $P_1$ invece è comprensiva anche dell'altezza cinetica e perciò il coefficiente $\alpha = \zeta\,\mu$ ossia $\alpha$ è indipendente dalle dimensioni della tubazione (ed è solitamente assai prossimo all'unità).

La velocità assunta nella sezione contratta non viene completamente ritrasformata in pressione al termine dell'apparecchio misuratore, ma bensì più a valle e precisamente circa ad un diametro $D$ di distanza della mezzaria dell'apparecchio stesso.

La perdita di carico dovuta al solo apparecchio misuratore si può valutare deducendo dalla perdita effettiva misurata, il valore dovuto all'attrito nel tubo per la parte a valle dell'apparecchio stesso fino al punto ove si misura la pressione e precisamente deducendo

$$p = \lambda \frac{w_1^2}{2g} \gamma \frac{l}{D}$$

dove:

$l$ = lunghezza del tubo a valle del misuratore da questo fino al punto ove si misura la pressione del fluido;
$D$ = diametro del tubo;
$w_1$ = la velocità del fluido;
$\lambda$ = $10^{-2} \left(\frac{k}{D}\right)^{0,314}$; (1)
$k$ = m 2,5 per tubi nuovi di ghisa.

(1) HÜTTE. Vol. 1° - Ediz. 26ª, pag. 369.

Le prove eseguite su tre tipi di misuratori a sbarre di cui 2 di mm 350 e uno di mm 400 di diametro hanno dato un valore di $\alpha$ abbastanza costante. Per uno dei misuratori di mm 350 di diametro, molto ben costruito, $\alpha$ era pressochè uguale alla unità ($\alpha = 0{,}999$). Le prove furono fatte per portate tra 1000

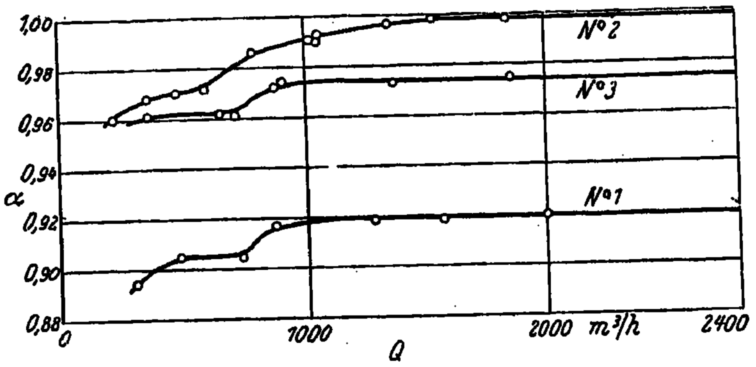



Fig. 2.

e 2400 m³/h. Per portate minori (fino a 300 m³/h) $\alpha$ diminuisce circa del $2 \div 4$ % (fig. 2) con un punto di flesso corrispondente ad un numero Reynold di circa 175 000. Del resto un fatto analogo si era già notato anche nel caso di diaframmi e ugelli per un numero di Reynold compreso tra 150 000 e 300 000.

G. R. M.

## b) DIGHE MOBILI E PARATOIE A FUNZIONAMENTO AUTOMATICO DIRETTO

*L'Elettrotecnica*, N.ri 32 e 33, 1931. – ING. V. RUBBO.

L'autore espone alcune considerazioni in merito alle caratteristiche fondamentali delle dighe automatiche con particolare riferimento al fenomeno di risonanza. Illustra poi dal punto di vista costruttivo e funzionale, alcune fra le maggiori installazioni eseguite in Italia e fa riferimento anche ad analoghe costruzioni degli altri Paesi (1).

In linea generale il fenomeno delle oscillazioni pendolari nelle dighe mobili automatiche può essere provocato da due cause fondamentali: *a*) dallo stabilirsi di una risonanza fra le oscillazioni della paratoia e quelle del livello d'acqua a monte, nel serbatoio; *b*) dallo generarsi di frizioni eccessive in qualche parte del sistema.

La causa di cui al punto *b*) è facilmente superata ricorrendo a costruzioni appropriate dei vari organi, specialmente i perni, e adottando razionali disposizioni per le guarnizioni. Allo scopo di mantenere agile il sistema conviene provocare, saltuariamente e per brevi istanti, il funzionamento delle paratoie ed ispezionare le varie parti eliminando eventuali corpi estranei che aumenterebbero gli attriti.

La causa di cui al punto *a*) da qualche anno viene corretta con successo mercè l'adozione di speciali dispositivi di stabilizzazione asserviti al funzionamento della paratoia. Un dispositivo di asservimento che ha notevole applicazione comprende una valvola d'intercettazione dell'alimentazione o dello scarico della camera contenente gli organi su cui si esercita l'azione dell'acqua che provoca il funzionamento del sistema; opportune articolazioni collegano questa valvola alla paratoia e sul circuito viene generalmente inserita una molla ed un dash-pot per realizzare un'azione lenta e graduale.

Il funzionamento è così ottenuto: aumentando il livello dell'acqua a monte dello sbarramento, entro i limiti di tolleranza prestabilita, la paratoia incomincia a scoprire la luce ma tosto interviene l'azione dell'asservimento che arresta il moto del sistema, e si ha ripresa solo se la portata aumenta, l'azione si ripete tante volte quanto è necessario per proporzionare l'apertura di una luce strettamente corrispondente alla portata da erogare, evitando così qualsiasi azione perturbatrice.

Altre cause, imputabili alla non perfetta esecuzione delle opere connesse con le paratoie, possono provocare oscillazioni pendolari. A tale uopo occorre osservare: 1) l'organo mobile di chiusura deve essere disposto nella sezione minima del tronco di canale che lo contiene; 2) le pile adiacenti le luci munite di paratoie automatiche devono presentare struttura razionale in modo da non provocare sopraelevazioni di livello che condurrebbero a battenti diversi da quelli assunti a base nel calcolo, con conseguenza di instabile ed irregolare funzionamento del sistema: nel caso di applicazioni a dighe in terra eventuali tracimazioni irregolari potrebbero produrre danni gravissimi.

(1) Consultare pure *L'Energia Elettrica*, 1928, fascicolo X e XI.

Le variazioni del livello a monte per aversi il funzionamento automatico, indipendentemente dal tipo di paratoia, dalla misura degli attriti da vincere ecc. sono funzioni della capacità di bacino ed in particolare della superficie libera del medesimo. Queste variazioni cioè sono minime per bacini di grande estensione appunto perchè si hanno grandi volumi a disposizione che influenzano rapidamente gli organi di comando. Per quanto concerne la regolazione e stabilizzazione di quest'organi può farsi un parallelo coi gruppi idroelettrici destinati a fornire l'energia, così: *a*) lo specchio liquido del serbatoio può riportarsi al momento dinamico del gruppo idroelettrico, cioè la tolleranza del livello a monte per realizzare il funzionamento automatico è minima per bacini di grande estensione, come minimo è lo scarto di velocità dei gruppi idroelettrici dotati di elevate masse d'inerzia; *b*) i dispositivi di asservimento applicati alle paratoie automatiche sono correlativi al compensatore del regolatore, essi hanno lo scopo di eliminare eventuali fenomeni di surregolazione per oscillazioni pendolari; *c*) la quantità d'acqua erogata attraverso le luci libere può rapportarsi alla potenza sviluppata dai gruppi nelle varie condizioni di carico.

Vengono appresso illustrate alcune installazioni di paratoie automatiche partendo dai tipi a ventola e derivati, mettendo in evidenza le diverse varie esigenze e caratteristiche, in dipendenza delle quali devono essere proporzionati gli organi fondamentali di comando e di asservimento.

Lo sbarramento mobile automatico della Wissota Dam consente lo smaltimento di 3000 m³/sec nei periodi di piena attraverso le luci lasciate libere da 13 ventole da m 20 × 3,20 di ritenuta. Per la presenza di ghiacci e di corpi galleggianti fu prescelto il tipo a contrappeso inferiore in modo da evitare ogni ostacolo allo scarico di tali corpi. Il contrappeso di ogni ventola è in cemento armato, di forma rettangolare, con un peso di 110 tonn. I supporti di base sono a m 2,40 fra di loro; il lamierino laterale di tenuta ha lo spessore di 1 mm, la tenuta di fondo invece è assicurata da bande di cuoio con lamierino di protezione.

Lo sbarramento mobile automatico sull'Aniene a Fiumerotto consente lo smaltimento delle piene sulla diga fissa del bacino di accumulazione giornaliero per la centrale di Arci. Esso è stato adottato in vista del forte regime torrentizio dell'Aniene che, da una portata di magra di 10 m³, ha superato nei periodi di piena una portata di 600 mc. Il diagramma in fig. 1 riporta gli

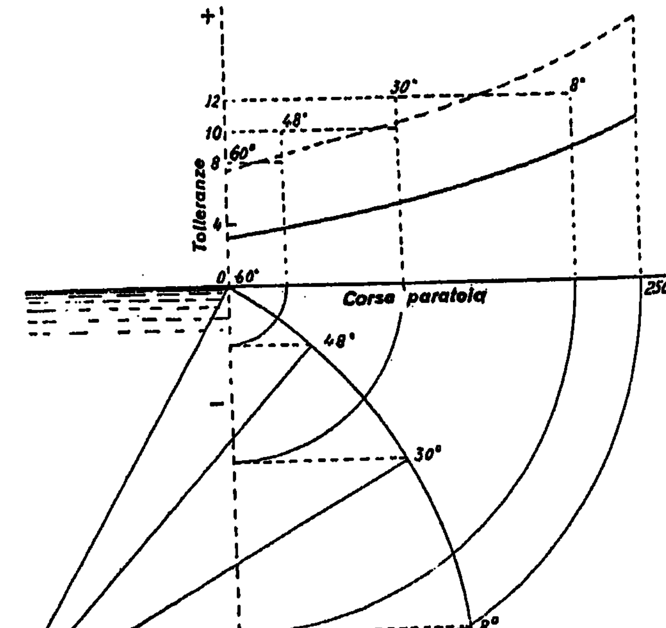



Fig. 1. - Diagramma di regolazione delle paratoie a ventola automatiche allo sbarramento di Fiumerotto, sull'Aniene.

elementi relativi alla regolazione, ricavati per interpolazione ed estrapolazione dei valori rilevati all'atto del collaudo. La linea a tratti risponde ai valori contrattuali, come si osserva la tolleranza per il funzionamento automatico è minima: questi organi in generale essendo molto sensibili.

I punti fondamentali su cui si basa il progresso ultimo delle paratoie automatiche a ventola a contrappeso, con bilanciere sono i seguenti: *a*) adozione di supporti a coltello per l'oscillazione delle ventole, di materiale durissimo, generalmente in acciaio da utensili; *b*) disposizione dei contrappesi in cemento armato con incastro diretto all'estremità dei bilancieri; *c*) adozione di supporti a rotolamento per l'oscillazione dei bilancieri.

I punti *b*) e *c*) influiscono direttamente sulla regolazione. Infatti le due prerogative si sommano nel contribuire all'aumento del momento del contrappeso durante il funzionamento, ciò che messo in relazione coll'aumento del momento della spinta

e della componente del peso della ventola rende la regolazione stabile.

Determinato il proporzionamento generale delle varie parti del sistema in base alle caratteristiche della installazione e garanzie di regolazione si effettua la verifica di stabilità per le condizioni di massime sollecitazioni che nelle varie membrature sono così distribuite: Trave principale e tiranti di collegamento della ventola ai bilancieri, nelle condizioni di paratoia prossima ad essere completamente abbattuta con la pressione dell'acqua defluente fino al valore della ritenuta normale tolleranza compresa; travi secondarie e mantello nelle condizioni di paratoia completamente abbattuta; bilancieri nelle sezioni adiacenti al fulcro di appoggio.

Molteplici sono le installazioni eseguite in Italia per paratoie del genere oltre l'impianto di Fiumerotto. Interessante si presenta pure il diagramma in fig. 2 relativo alla regolazione dello sbarramento di Saint Gertraund in Carinzia; esso è stato rilevato in periodo di piena ed offre un interesse particolare.

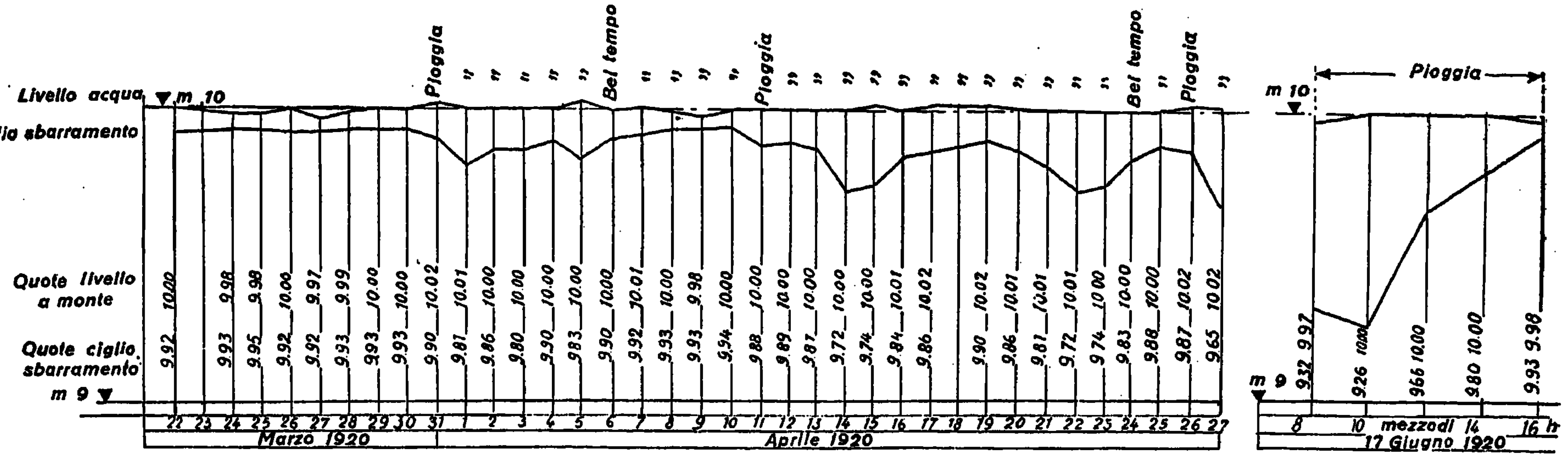



Fig. 2. - Diagramma di regolazione delle paratoie a ventola dell'impianto di Saint Gertraud, in Carinzia.

Per le paratoie a ventola occorre inoltre osservare che in caso di insufficiente aereazione nella camera compresa fra la paratoia e la lama stramazzante l'acqua tenderebbe a risalire verso monte rigurgitando, cioè si formerebbe una camera di depressione determinando movimenti irregolari della ventola.

L'inconveniente va eliminato introducendo l'aria mediante una razionale disposizione delle bocche di aereazione ed inoltre

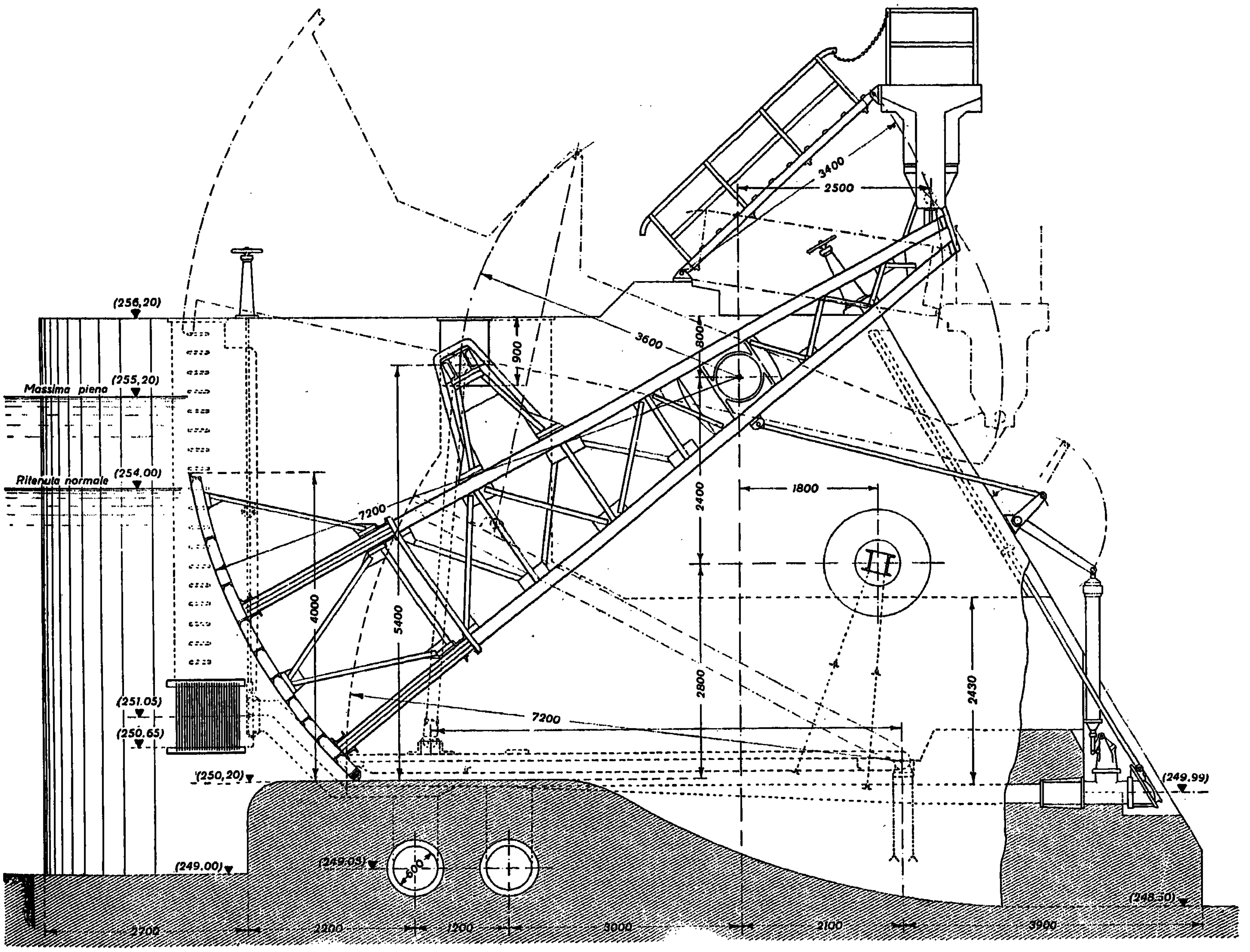



Fig. 3 *a*. - Sezione trasversale di una delle due paratoie automatiche a settore da m 21 di larghezza. Sbarramento sul fiume Neto per l'impianto del Basso Neto.

lasciando la platea molto inclinata allo scopo di non agevolare la formazione di onde di rigurgito.

La diga mobile a tetto presenta com'è noto una disposizione molto semplice, la quale però comporta una perdita d'acqua costante che si scarica dallo sfioratore interno, che risulta a quota inferiore del livello del bacino. Questo inconveniente si può ora evitare con uno speciale dispositivo. A tale scopo sul cunicolo di comunicazione fra l'invaso ed il vano sotto la diga è inserita una valvola a farfalla regolabile da un galleggiante, questa valvola si apre o si chiude a seconda che il pelo dell'acqua nella camera delle ventole si abbassa o s'innalza rispetto alla quota fissata.

Fra le paratoie a settore citiamo quelle relative allo sbarramento sul Piave al ponte di Fenèr. Il canale della Brentella deriva dal Piave a scopo di irrigazione una portata di mc 46 in estate e mc 30 d'inverno; a tale scopo sono state eseguite considerevoli opere di presa come la diga fissa, lo sghiaiatore, il manufatto di presa col relativo bacino di calma e scarico di fondo. Dato il regime torrentizio del Piave occorreva creare opere che dessero sicuro affidamento di avere sulla soglia delle bocche di derivazione, un carico d'acqua corrispondente sempre alla portata da derivare. Questo problema nei vecchi progetti di derivazione d'acqua dal Piave destava preoccupazioni, e lo sghiaiatore, per la mancanza di un sistema di regolazione, veniva previsto di dimensioni limitate con la soglia non molto profonda. Con l'adozione di paratoie automatiche invece è stato possibile di abbassare la soglia del Calone alla quota del massimo fondo del filone del fiume e precisamente a m 3,15, ciò che ha anche consentito di aumentare notevolmente la luce del calone stesso, permettendo un più rapido, facile e sicuro smaltimento delle ghiaie. La luce netta complessiva dello sghiaiatore è di m 45 in modo che prima che l'acqua stramazzi sulla diga fissa, avente la cresta a quota (171,95), il fiume deve raggiungere una portata di 600 mc/sec.

La manovra delle paratoie viene effettuata mediante contrappesi che scorrono entro 4 pozzi in cemento armato ricavati nelle spalle e nella pila intermedia. L'acqua agente è derivata da un serbatoio passerella della capacità di 170 mc corrente superiormente ai pozzi stessi, dove è immessa a mezzo di elettropompe, sfruttando il salto così creato, non essendovi convenienti differenze di livello fra monte e valle, trattandosi di una zona quasi pianeggiante. Per ottenere automaticamente la regolazione del pelo d'acqua di invaso davanti al manufatto di presa, con che si mantiene costante la derivazione dell'acqua di competenza della Brentella nella pila centrale sono installate due valvole equilibrate per il vuotamento dei pozzi, valvole che sono comandate da galleggianti posti entro vaschette ricavate nella pila stessa. A tali vaschette l'acqua del fiume, derivata a monte della presa in luogo in cui si presume che la sua superficie si mantenga calma, arriva per mezzo di tubazioni sottopassanti il manufatto di presa. Il livello dell'acqua nelle vasche dei galleggianti risulta così uguale a quello che si ha nel Piave di fronte alle bocche di derivazione. Il funzionamento avviene così: appena il livello a monte tende a rialzarsi i galleggianti portati in alto cominciano ad aprire le valvole di vuotamento dei pozzi; ciò provoca un aumento del peso dei contrappesi, quindi la loro discesa e per conseguenza il sollevamento della paratoia. Un dispositivo di asservimento rispondente al principio enunciato limita però tale movimento al valore indispensabile a smaltire la maggior copia d'acqua nel fiume, impedendo qualsiasi azione perturbatrice. Le paratoie, non presentano caratteristiche speciali: esso sono del tipo a settore costituite da un diaframma circolare fissato lateralmente a due bracci girevoli su perni solidamente ancorati nelle pile e lubrificabili. Il dispositivo di asservimento è formato da un freno ad olio e da una molla collegata mediante tiranti da una parte al corpo della paratoia e dall'altra ad una leva a cui fanno capo l'asta della valvola di scarico dei pozzi, quella della valvola di comunicazione fra pozzi e serbatoio ed il tirante del galleggiante.

Le paratoie automatiche dell'impianto di Fontana Liri, al Bacino di San Giovanni, allo sbarramento sulla Bormida, sulla diga di Cadarese, allo sbarramento del Ceno, all'impianto di Coindre, ecc. sono tutte più o meno note.

Accenniamo allo scarico superficiale della diga di Suviana: esso comprende due paratoie da m 7 × 3 per la regolazione del pelo a monte su due distinti livelli a cui corrispondono i battenti di 5 m e di 3 m sulla soglia delle paratoie. Per ottenere la regolazione automatica sul livello a quota (468), col battente di m 3, sono previste delle bocche ausiliarie di presa con la soglia in corrispondenza di detta quota. Quando il livello d'acqua da mantenere costante è quello a quota (470), battente di m 5, la presa ausiliaria è ostruita mediante valvole che vengono agevolmente comandate dall'alto delle pile, in tal caso vengono alimentate le bocche principali di presa attraverso le quali l'acqua penetra nelle camere delle ventole agendo per pressione contro la superficie inferiore delle medesime e trasmettendo il moto alle paratoie mediante tiranti.

Fra le paratoie metalliche a settore sommergibili sono note quelle relative allo sbarramento sulla Weser a Brema, quella dell'impianti di Raanaosfos in Norvegia, entrambe con luci superiori ai 50 m, e quelle azionate da regolatori di livello a galleggianti dell'impianto di Black Canyon, di Guernsey, di Kittitas Diversion ec. Il tipo in cemento armato non presenta una grande

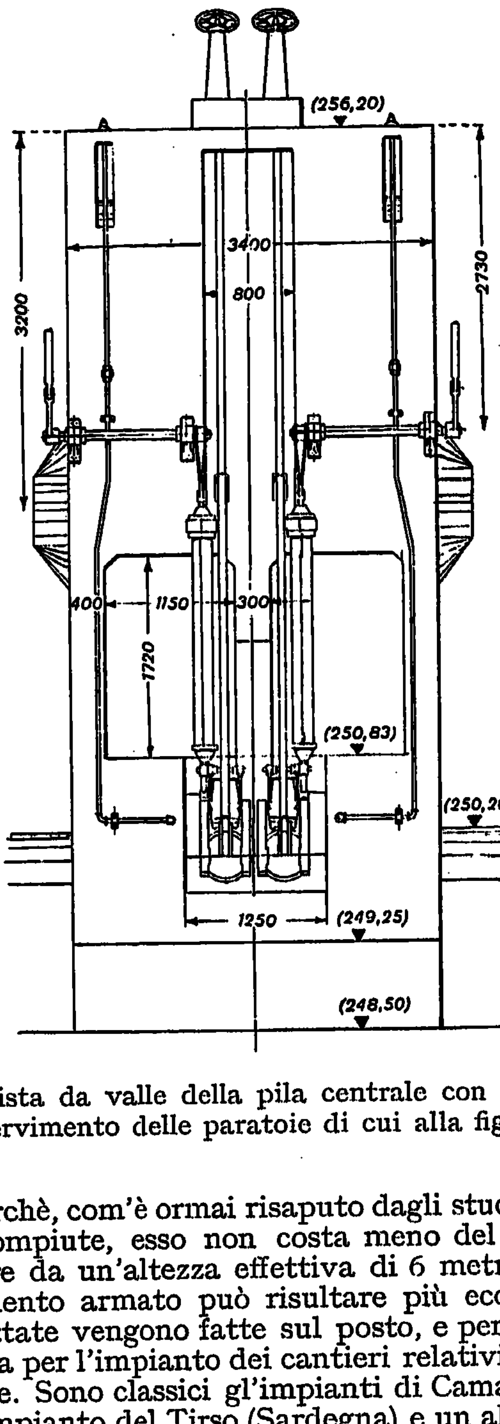



Fig. 3 *b*. - Vista da valle della pila centrale con i dispositivi di asservimento delle paratoie di cui alla fig. 3 *a*.

diffusione perchè, com'è ormai risaputo dagli studi ed esperienze in materia compiute, esso non costa meno del tipo metallico. Solo a partire da un'altezza effettiva di 6 metri circa l'esecuzione in cemento armato può risultare più economica, anche perchè le gettate vengono fatte sul posto, e per grandi sbarramenti la spesa per l'impianto dei cantieri relativi a questa parte è trascurabile. Sono classici gl'impianti di Camarasa in Spagna (Pirenei), l'impianto del Tirso (Sardegna) e un altro nel Brasile.

Fra i grandiosi sbarramenti automatici a settore di attualità in Italia citiamo quello del Sele già illustrato dallo stesso autore su questa Rivista (1) e quello dell'impianto del Neto della Società Meridionale di Elettricità. Quest'ultimo comprende N. 2 paratoie automatiche del tipo a settore ciascuna proporzionata per una luce di metri 21 × 3,80 di ritenuta normale e costituita da un diaframma curvo secondo un cerchio collegato a due bracci laterali girevoli attorno a due perni fissati alle sponde in muratura; i bracci prolungati portano all'estremità un contrappeso in cemento armato convenientemente articolato. Le figure n. 3 e 4 illustrano queste paratoie nei loro particolari. Esse sono munite di dispositivo di asservimento così costituito: un freno ad olio è collegato, con leve e tiranti, per un'estremità al corpo della paratoia e per l'altro estremo alla lente della valvola situata sul cunicolo di scarico delle camere delle due ventole fra loro comunicanti. La paratoia sollevandosi, per l'azione dell'acqua contro la superficie inferiore delle ventole, agisce mediante l'asservimento sulla valvola, apre cioè lo scarico, provocando così una diminuzione di pressione sotto le ventole fino ad assumere una posizione di equilibrio, mentre l'azione del freno, defluendo l'olio da una parte all'altra del cilindro, richiude la valvola.

Se la portata da smaltire attraverso le luci lasciate libere dalle paratoie, è uguale a quella del corso d'acqua il sistema rimane immoto; se la portata aumenta si ripete invece l'azione dell'asservimento. Viene così evitata ogni e qualsiasi oscillazione. Le saracinesche vengono tarate nella posizione corrispondente al miglior funzionamento e consentano di aumentare ancora l'elasticità del sistema.

Ru.

(1) *L'Energia Elettrica*, 1931, fascicolo X.

## c) UTILIZZAZIONE DEL FIUME S. LORENZO PER HP 2 000 000

*Electrical World*, 14 novembre 1931, pag. 860.

Fra il lago Ontario e l'Oceano Atlantico il fiume S. Lorenzo ha una caduta totale di circa 80 metri, che corrisponde ad una energia totale disponibile di 5 000 000 di HP. Nelle cosidette International Rapids fra l'Ontario e lo Stato di New York si una spesa di circa 130 dollari per HP. Successivamente la portata potrà essere elevata per avere HP 2 000 000.

A lavori ultimati l'intera portata del fiume scorrerà in un nuovo canale largo circa 1 km e lungo 24 km, e sarà utilizzato con 40 turbine da 50 000 HP in una centrale lunga 1 km. Attualmente è scavata una larghezza di circa m 200 per formare un canale navigabile profondo m 9. Gli scavi necessari e le opere in terra in generale da eseguirsi per rendere possibile una prima

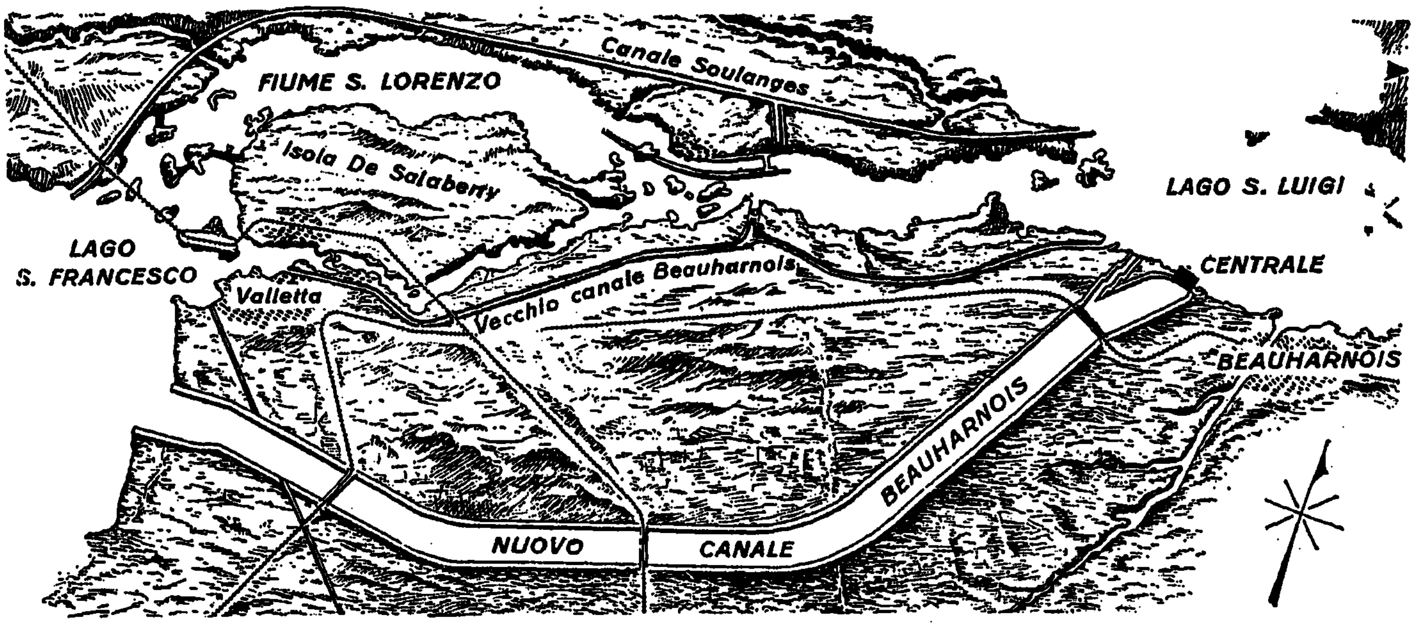



Fig. 1. - Un tratto di 24 km del nuovo canale del St. Lawrence.

verifica su un tratto di 86 km una caduta di 30 metri circa con un'energia corrispondente di HP 2 000 000. A 55 km circa da Monreale, sulla tratta Soulanges-Beauharnois, si verifica un altro salto di circa 28 metri nelle rapide fra il lago S. Francesco e il lago S. Luigi.

Attualmente si sta preparando lo sfruttamento del tratto Beauharnois e il piano contempla la creazione di una grande centrale, nella quale sarà concentrata l'intera potenza di 2 milioni di HP.

Le condizioni naturali sono singolarmente favorevoli. Il fiume scorre attualmente in due canali, che abbracciano un isolotto centrale prima di riunirsi nelle rapide che conducono al lago S. Luigi. Parallelamente alla direzione dei canali si estende un terreno piatto che era una volta il fondo di un fiume o una estensione del lago S. Francesco; sotto il terreno superficiale utilizzazione per HP 200 000 richiedono un movimento di terra complessivo di circa m³ 30 000 000. Per tali lavori servono 3 sistemi diversi, escavatori a torre, draghe a trazione e scavatori idraulici. Tutto il macchinario è mosso elettricamente. Vi sono 5 scavatori a torre della capacità di benna di 10 m³ che possono correre lungo rotaie disposte parallelamente al canale; essi sono comandati elettricamente con regolazione Ward Leonard; il gruppo di conversione comprende un motore sincrono da 600 HP, un generatore da 325 kW per la manovra della benna, un generatore da 150 kW per il movimento dello scavatore e una eccitatrice da 20 kW; l'energia è fornita come corrente trifase a 4000 V.

Gli scavatori idraulici hanno un motore ad induzione da 300 HP che aziona un coltello spirale e un motore da 2200 HP che aziona le pompe che assorbono il materiale smosso dal col-

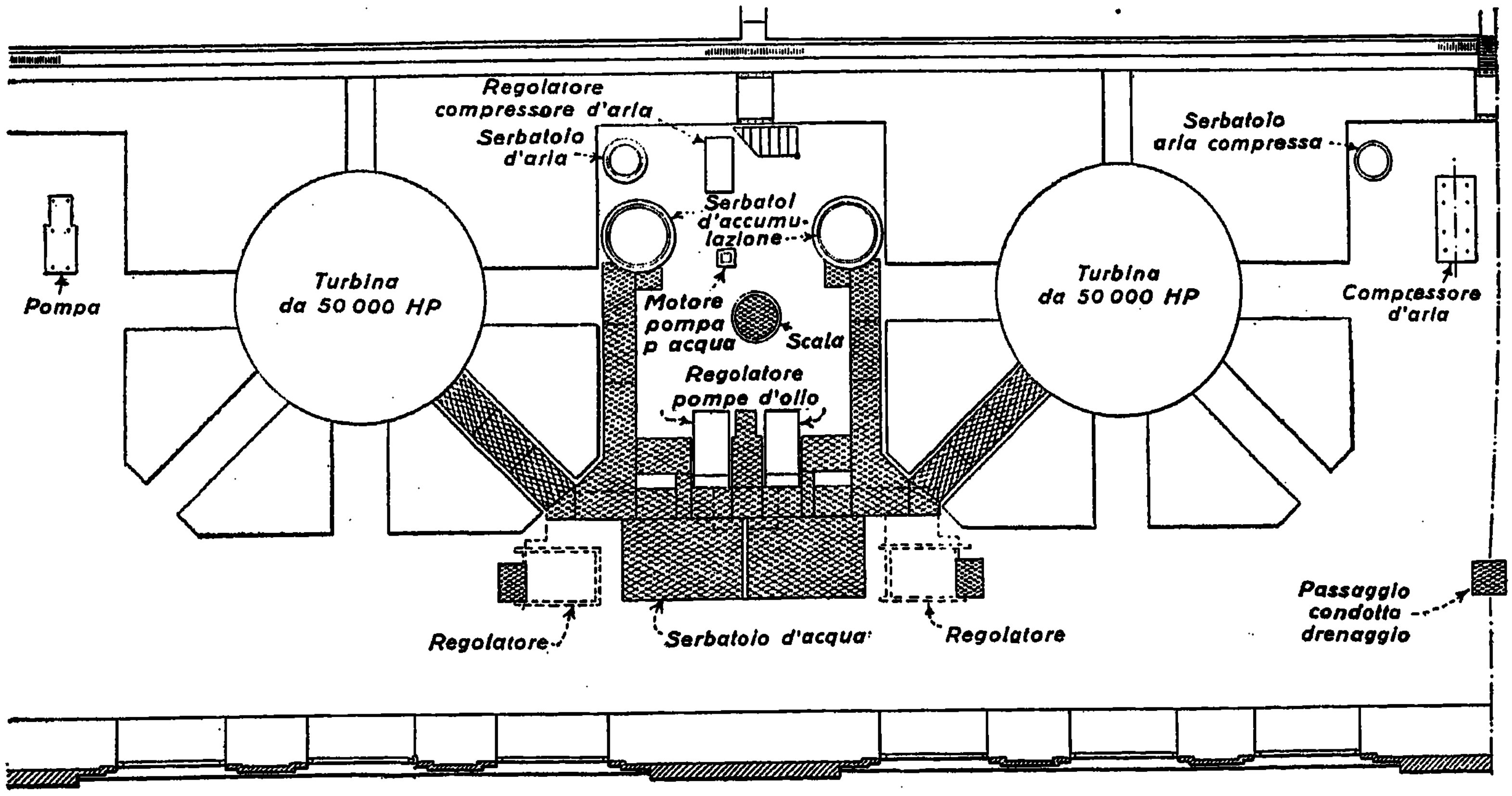



Fig. 2. - Galleria di manovra fra il piano della girante e quello dell'alternatore.

si estendono delle argille marine. La portata media del fiume S. Lorenzo in questo punto è di circa 6 200 metri cubi; in oltre 70 anni la portata non ha superato i 9000 metri cubi e non è mai scesa sotto i 4 850. Sono attualmente in vigore concessioni per circa 1/4 della portata, per la quale sono predisposte le attuali opere idrauliche e la centrale, per HP 500 000, con tello e lo immettono in tubazioni per mezzo delle quali il materiale stesso viene utilizzato per il rialzo di terreni destinati a sfruttamento industriale.

Per lo scavo di circa 1 300 000 m³ di roccia si è impiegato uno scavatore da 8 m³ equipaggiato complessivamente con 13 motori per una potenza complessiva di 680 HP.

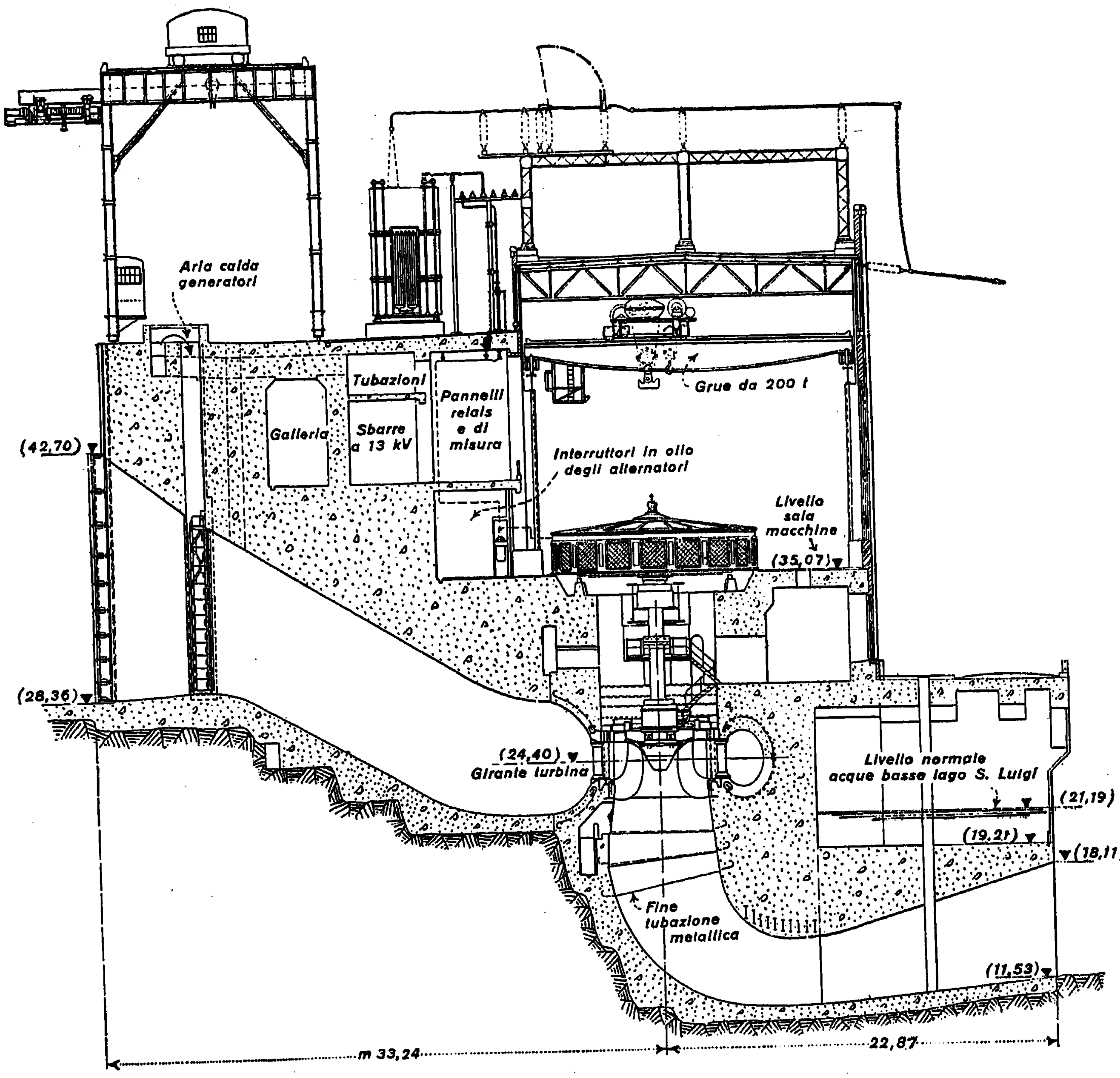



Fig. 3. - Sezione trasversale della Centrale.

L'energia occorrente per tutti i servizi dei cantieri ammonta a circa 10 000 HP ed è acquistata da una società distributrice; l'energia è fornita a 44 000 V e successivamente abbassata a 4 000 o 2 300 V in apposite cabine.

Sono stati già stipulati contratti di lunga durata per collocare una potenza di 410 000 HP al prezzo di 15 dollari per HP-anno. La prima fornitura, che si inizierà il 1° ottobre 1932, richiede l'installazione immediata di 2 unità a 25 periodi e di 2 altre a 60 periodi, ciascuna della potenza di 50 000 HP. La centrale tuttavia si sta costruendo per contenere complessivamente 14 gruppi di tale potenza, dei quali 8 a 25 periodi e 6 a 60 periodi; è predisposto lo spazio per altri due gruppi. Per il servizio in centrale sono previsti due gruppi da 8000 HP.

Una caratteristica dell'impianto è il fatto che il piano dei comandi è al di sotto di quello dei generatori e ciò perchè il progettista ha ritenuto che la maggior parte delle operazioni che si devono compiere nelle immediate vicinanze delle macchine sono di genere meccanico e non riguardano l'alternatore. I comandi di 2 macchine vicine sono installati nello spazio intermedio fra di esse. I servizi di olio e di aria compressa sono centralizzati. È predisposta la possibilità di utilizzare l'aria calda degli alternatori per tenere libere le bocche e le griglie dal ghiaccio.

Per quanto riguarda le unità a 25 periodi, 2 di esse saranno collegate ad un gruppo di 3 trasformatori monofasi da 29 250 kVA. Il lato a bassa tensione (13 kV) avrà due avvolgimenti, uno per ciascun generatore, col 55 % di reattanza fra loro. Saranno inseriti interruttori in olio fra gli alternatori e i trasformatori nel gruppo di macchine a 25 periodi. Invece gli alternatori a 60 periodi saranno direttamente collegati ciascuno con un trasformatore da 46 500 kVA.

Prima di arrivare al completo sfruttamento del corso d'acqua bisognerà però superare parecchie difficoltà inerenti alle concessioni già in vigore.

Ri.

---

## GLI IMPIANTI DI UTILIZZAZIONE DELLA CÈRE IN FRANCIA

(d

*Science et Industrie*, n. 211-212, anno 1931. M. HERBERT.

Lo sfruttamento del bacino del fiume Cère è in stato molto avanzato e due centrali, quella di Lamativie e quella di Laval-de-Cère sono già in servizio con una potenza di 75000 kVA; inoltre è in costruzione una diga per un serbatoio di 106 milioni di mc. In questa nota si fa cenno alle opere in progetto ed in costruzione con particolare riguardo a quelle relative al primo salto (v. fig. 1). Il fiume Cère, a carattere eminentemente torrentizio, con una portata variabile da 2 mc, nei periodi di magra, fino a raggiungere i mc 500 nei periodi di piena, nasce dalla catena del Lioran e sbocca nel Dordogna, dopo un percorso di 110 km, lungo il quale incontra notevoli dislivelli, fra cui uno di m 260 su di una lunghezza di una ventina di km, che si presta in modo particolare per le installazioni idroelettriche.

Il programma di sfruttamento comprende tre fasi: 1ª) Costruzione dell'impianto di Lamativie relativo al salto lordo di m 148 con una potenza installata di 42 000 HP. Questa prima fase è già

espletata essendo la centrale omonima in esercizio dal 1928. 2ª) Costruzione dell'impianto di Laval-de-Cère utilizzante un salto di 105 m con una potenza installata pure di 42 000 HP; esso è in esercizio dall'aprile 1931. 3ª) Costruzione di una diga detta di Saint-Etienne-Cantales, alta m 60, per un serbatoio di 106 milioni di mc, destinato ad alimentare una centrale di 26 000 kW che verrà costruita ai piedi dello sbarramento. Verrà inoltre costruita una linea a 60 000 V, lunga 11 km, per il collegamento delle prime due centrali con l'officina metallurgica di Laval-de-Cère per un trasporto di 20 000 kW; una linea pure a 60 000 V, lunga 54 km e collegante la centrale di Lamativie con le installazioni della Société hydroelectrique de la Cère; altre linee a 45 000, 60 000 e 90 000 V, con relative stazioni di smistamento, per allacciamenti vari nella zona e con le reti delle società confinanti.

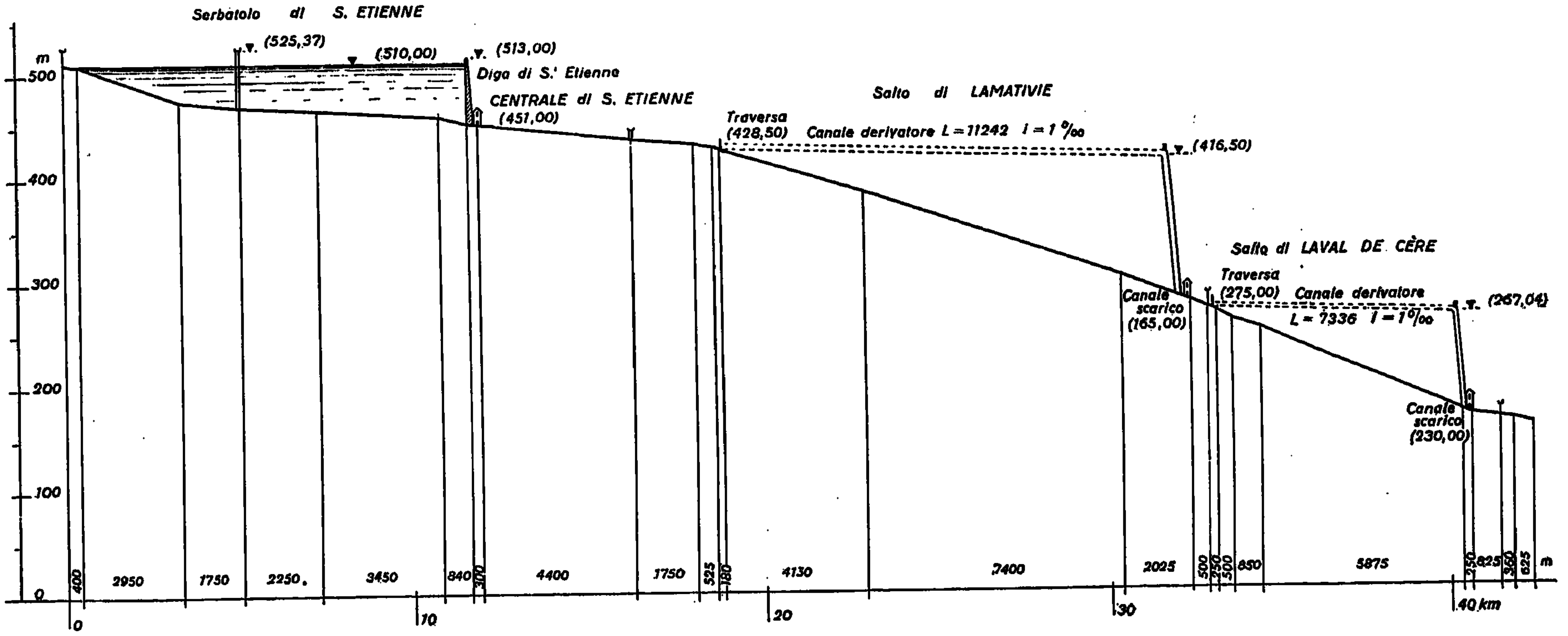



Fig. 1.

L'impianto di Lamativie utilizza un salto netto di m 131,55 con una portata di 27 mc, capace quindi di sviluppare una potenza massima complessiva di 35 000 HP. La centrale comprende 7 gruppi ad asse orizzontale di cui 4 da 8750 HP, 2 da 2850 HP ed 1 da 1400 HP, suddivisione questa che consente di utilizzare la portata di cui si dispone nelle migliori condizioni di rendimento specialmente nel periodo di magra. Le opere di presa comprendono uno sbarramento fisso, la camera di decantazione e quella di presa ricavate sulla riva destra; lo sbarramento è formato da una traversa tracimabile alta m 4,30 e lunga m 26,70, col paramento a monte verticale e quello a valle inclinato a 45° ed avente le fondazioni su granito. Una paratoia laterale, per luce da m 3 × 3, del tipo a strisciamento ed una paratoia di scarico di fondo, completano le opere di sbarramento. Il bacino di decantazione, della superficie di 260 mq comunica col fiume mediante uno sfioratore avente la cresta a quota inferiore a quella dell'acqua, in modo che esso funziona come stramazzo rigurgitato. Segue a valle il bacino di presa separato dal primo mediante una griglia a maglie sottili e coperto da una piattaforma interrotta da una griglia allo scopo di evitare il formarsi del vuoto nel caso che la griglia a monte s'otturasse. Dal bacino di presa parte il canale in galleria che può essere isolato mediante paratoie a multipla tenuta. Tanto il comando delle paratoie che la pulizia delle griglie sono eseguiti a mano.

Il canale di carico in galleria ha una lunghezza di m 11.242 e corre sulla sponda destra del fiume, la sua pendenza è di 1 m per km, pertanto esso dalla quota 424,75 sbocca nella camera di carico a quota 413,60. Per un tratto di 11.013 m la sua sezione è di 10,80 m² con un'altezza di m 3 e velocità dell'acqua quindi di m 2,50/sec, il tratto rimanente ha una sezione di 18 m². Il coefficiente della formula del Bazin nel calcolo è stato previsto del valore 0,15, mentre dalle misure a costruzione eseguita, esso è risultato del valore di 0,07 a 0,08. La galleria ha quattro profili diversi. Opportuni drenaggi consentono di scaricare all'esterno eventuali infiltrazioni nel corpo del rivestimento. La costruzione di quest'opera ha richiesto notevole energia elettrica tanto da risultare necessario di creare una centrale provvisoria composta di 3 gruppi da 750 kVA cadauno. A monte della camera di carico, alla distanza da essa di 721 metri, la galleria è interrotta da uno sfioratore della lunghezza di 28 metri, capace di lasciare defluire la portata del canale di 27 mc, quando vengono chiuse le valvole di testa delle condotte forzate; detta portata si scarica nel letto d'un ruscello che è stato deviato opportunamente in prossimità dell'opera.

Dalla camera di carico ha origine la condotta forzata, costituita da quattro tubazioni del ∅ 1,55 m. Queste sono precedute da coni d'imbocco davanti ai quali si hanno le griglie fini e le valvole di testa, del tipo a saracinesca, con i relativi by-pass. Un prolungamento della camera di carico è destinato alle valvole a farfalla automatiche funzionanti in chiusura, ogni qualvolta la velocità dell'acqua nelle condotte dovesse oltrepassare un certo limite di taratura, ed alle valvole d'aria.

Le quattro condotte forzate della lunghezza media di 350 m convogliano 8000 litri/sec ed alimentano i quattro gruppi da 8750 HP; inoltre tre di esse possono alimentare anche tanto un gruppo da 2850 HP quanto quello da 1400 HP a mezzo di un tubo di 800 mm di diametro, innestato sulla condotta all'entrata in centrale. Queste condotte hanno 3 ancoraggi intermedi e per tutto il tratto riposano su selle di appoggio ricavate su massicci in cemento, alla distanza di 8 m fra di loro. Lo spessore delle tubazioni varia da 6 a 17 mm, calcolato per sostenere anche sovrapressioni dovute a colpi d'ariete del 25% della pressione statica; la sollecitazione massima della lamiera non supera quindi il valore di 8 kg/mmq. Fino allo spessore di mm 13 esse sono chiodate, diventano invece saldate per gli spessori superiori.

La centrale comprende la sala macchine, da m 17,25 × 60 di lunghezza, contenente i 7 gruppi le cui fondazioni sono costituite di grossi blocchi in cemento alti m 8 circa e sufficientemente armati per resistere alle eventuali sottopressioni che potrebbero essere eventualmente provocate da infiltrazioni e ciò anche per la posizione del canale di fuga e per la immediata vicinanza del fiume. Le fosse degli alternatori sono separate dalle camere d'acqua delle turbine da un muro, con opportuni drenaggi di scolo. Tanto le fosse che il sottosuolo degli edifici apparecchiature e le gallerie dei cavi sono protetti da una cappa in *mammouth*. Sotto il pavimento passa inoltre una galleria d'aria fredda da m 2 × 3 che in corrispondenza di ogni gruppo ha diramazioni comunicanti con le fosse degli alternatori e serve di passaggio ai cavi. L'aria calda degli alternatori da 8750 kVA viene scaricata mediante apposita galleria, quella degli altri alternatori di potenza minore viene immessa direttamente nella sala.

L'edificio apparecchiature ha in pianta la superficie di 6,90 × 52,50, esso è addossato alla sala macchine e comprende appositi locali per l'apparecchiatura a 5.500 V e la sala delle apparecchiature a 60.000 V. Il locale trasformatori è formato da celle da mq. 4,60 × 3,75, sotto il pavimento esso contiene un drenaggio ed una canalizzazione di scolo per gli oli bruciati o inutilizzati.

Il canale di fuga, corre lungo la sala macchine per circa m 80, ha la pendenza di 1/1000 ed è separato dal fiume da un muro a scarpa; il tirante d'acqua, per la portata di 27 mc/sec è di m 1,90.

Macchinario in centrale. Le turbine sono precedute da valvole del tipo a saracinesca con servomotore a comando idraulico e by-pass di equilibrazione della pressione; il tempo occorrente per la manovra delle valvole sia in chiusura che in apertura è di 1' e 20 secondi.

(d

I gruppi da 8750 kVA marcianti alla velocità di 750 giri sono equipaggiati con turbine Francis ad una sola cassa spirale in ghisa a doppio scarico con giranti in acciaio. Una pompa ad ingranaggi, comandata dall'albero, assicura la lubrificazione del supporto di estremità combinato col gomito di aspirazione. Il regolatore, a pendolo centrifugo, trasmette le influenze delle variazioni di carico del gruppo al distributore a mezzo di un servomotore intermedio alimentato da olio alla pressione di 12 kg/cmq. La regolazione comprende inoltre i dispositivi di asservimento e di compensazione. Le garanzie di regolazione della velocità portano ad uno scarto del 12 % per distacco totale di carico e del 3,9 % per distacco di metà carico, quelle di rendimento danno il valore di 88,5 % a pieno carico e 80 % a metà carico. Gli alternatori corrispondenti alle turbine da 8750 HP sono avvolti per la tensione di 5500 V con fattore di potenza 0,8, pesano tonn. 42 ciascuno e risultano di normale costruzione; essi sono a ventilazione forzata con 2 ventilatori montati sul rotore che aspirano e spingono l'aria attraverso le gallerie già citate.

I gruppi da 2500 e 1400 HP sono equipaggiati con turbine Francis semplici e sono muniti di volanti addizionali che danno i momenti d'inerzia occorrenti per contenere gli scarti di velocità entro i limiti normali. Il rendimento di queste turbine è stato, a pieno carico, dell'84,5 %.

L'energia prodotta a 5500 V viene sopraelevata a 60 000 V mediante 6 trasformatori, di cui 5 da 7500 kVA e 1 da 2500 kVA con collegamento triangolo-stella e neutro a terra. Essi sono a circolazione forzata d'olio mantenuta da un gruppo motocircolazione pompa e sono muniti di apparecchi di controllo che danno al quadro tutte le indicazioni relative al loro stato in esercizio.

Ogni alternatore è collegato ad un doppio sistema di sbarre a 5500 V sezionabili in tronchi per l'alimentazione di settori prestabiliti; esso è protetto da relais a doppio contatto del tipo differenziale, i quali possono agire sugli interruttori di sbarra e sull'eccitazione. Fra le sbarre ed i trasformatori sono inseriti: 1 sezionatore tripolare, 1 interruttore, 2 trasformatori d'intensità alimentanti un relais amperometrico che controlla lo scatto degli interruttori a 5500 V ed a 60.000 V. La ripartizione della corrente a 60.000 V è fatta con un unico sistema di sbarre e sulle linee in partenza sono derivati i parafulmini di protezione a perossido di piombo. La corrente adoperata per il comando degli interruttori è continua, i sezionatori sono invece a comando meccanico.

Nella sala inferiore del locale apparecchiature trovano posto i reostati degli alternatori e del gruppo di riserva, i due trasformatori da 150 kVA con rapporto 5500/220 V per i servizi ausiliari, un trasformatore da 750 kVA con rapporto 5500/8200 per l'alimentazione di una parte dei cantieri sorti per lo sfruttamento della zona e per i servizi pubblici.

Il quadro di manovra è situato in mezzo a un lato lungo della sala macchine e comprende: *a*) un comparto con 9 pannelli per gli apparecchi di manovra delle macchine; *b*) un comparto con 11 pannelli con gli apparecchi di misura e di comando a distanza degli interruttori dei trasformatori e delle linee in partenza; *c*) un quadro verticale ad 11 pannelli con i relais di protezione, gli apparecchi registratori etc. prolungato a valle per gli apparecchi degli autotrasformatori da 60/90 kV ed a monte per gli apparecchi dei trasformatori da 5,5/60 kV e 5,5/45 kV, e il registratore del livello della camera di carico. La stazione di trasformazione 60/90 kV è all'esterno e comprende le apparecchiature e 4 autotrasformatori monofasi, di cui uno di riserva con avvolgimento terziario, per collegamento trifase a stella, con neutro a terra; essi sono inoltre muniti di commutatori a 13 gradini con un salto di 1400 V, sono alti m 4,80 e pesano 25 tonn, olio compreso. La centrale di Lamativie equipaggiata come sopra descritto può annualmente produrre 120 000 000 di kWh.

Il salto di Laval-de-Cère utilizza il dislivello di 105 m esistente fra un punto del letto del fiume a 600 m dal canale di fuga della Centrale Lamalivie e il punto del letto a valle a quota 164,50 presso il villaggio omonimo. Il salto netto a pieno carico è di 96 m, la portata massima di 31 mc/sec viene convogliata attraverso una galleria di 7,250 km. Per le caratteristiche della località si è considerato opportuno di adottare uno sbarramento mobile costituito da tre paratoie Stoney da 8 m di larghezza e 5,50 di altezza con pile di 3 m di spessore che hanno il massiccio di fondazione ancorato sul granito che costituisce il sottosuolo della zona. Gli argani di manovra da 36 tonnellate sono piazzati sulla passerella di servizio, essi sono azionabili da motori elettrici da 11 HP che consentono il sollevamento del diaframma in 40 minuti, e sono muniti di manovra a mano di riserva. Il bacino di decantazione a forma di parallelogramma, è separato dal fiume da una griglia a maglie larghe ed a valle è limitato da sfioratore con ciglio a quota 275; lateralmente sono ricavate due luci di scarico di fondo. Il bacino di presa, della superficie di 250 mq, è separato dal primo da una griglia fine con barre distanziate di 27 mm prevista per essere eventualmente pulita con pulitore Jonneret, e comunica col canale in galleria da cui può essere isolata mediante una paratoia per luce da m 4×4,10 munita di argano manovrabile elettricamente od a mano. In relazione alla portata di 31 mc/sec la velocità dell'acqua partendo da un valore di m 0,20 nel bacino di decantazione assume quello di m 2,50 all'imbocco del canale in galleria.

Nella centrale di Laval-de-Cère sono installati 4 gruppi da 10850 HP ciascuno, di cui uno di riserva, alimentati da quattro tubazioni indipendenti del diametro esterno costante di m 1,75 e d'una lunghezza media di 250 metri. Le tubazioni hanno un primo tratto quasi rettilineo e superando a valle il fiume con un sifone di 50 metri di portata e 80 metri di raggio, con una saetta di 4 metri, imboccano la centrale con un piccolo arco. La parte quasi rettilinea ha uno spessore variabile da 7 a 14 mm ed è formata da tronchi di m 7,50 mentre il sifone è formato da lamiera da 14 mm nella parte mediana, e 16 mm sugli incastri. Le tubazioni sono del tipo saldato elettricamente con coprigiunto. Lo sforzo massimo non oltrepassa i 9 kg/mmq, ivi compreso il margine dovuto alle sovrapressioni del 20 % per eventuali colpi d'ariete e tenuto presente una variazione di temperatura del — 25°, mentre apposite valvole di rientrata d'aria eviteranno la formazione del vuoto. Il peso totale delle condotte compresi i pezzi speciali è di 635 tonn.

Il macchinario comprende i 4 gruppi, la stazione di trasformazione all'aperto con i servizi ausiliari e le apparecchiature.

La sala macchine, di m 50×18,50 è prolungata a valle con l'edificio apparecchiature; essa ha il pavimento a quota 170, mentre le fondazioni delle turbine arrivano a quota 162,50 e sono costituite da grossi blocchi in cemento con opportuni vani per ricevere i tubi aspiranti e raccogliere l'acqua di scarico. Un muro di m 1,50 separa le camere delle turbine dalle fosse degli alternatori, in corrispondenza delle quali si ha la galleria d'aria fredda che serve anche a convogliare i cavi ed il cunicolo d'aria calda. Nell'intento di evitare la trasmissione di eventuali vibrazioni, le fondazioni delle macchine sono separate dal resto del fabbricato mediante opportuni giunti. Il canale di fuga è lungo 100 m, ha una larghezza di 10 m al fondo con una pendenza di 2 mm/metro ed un'altezza d'acqua, corrispondente alla portata di mc 31, di m 1,25, con una velocità di 2,50 m/sec. L'esecuzione dei grandiosi lavori dell'impianto di Laval-de-Cère ha richiesto il completo apprestamento di cantieri, la costruzione di strade e di numerosi baraccamenti con adeguati mezzi logistici ed un periodo di 6 mesi per poter iniziare i lavori di attacco della galleria. Le opere di sbarramento furono iniziatenell'estate del 1928, particolarmente secca, durante la quale il fiume convogliava solo 2 mc d'acqua. Nell'ottobre la portata del fiume essendo aumentata furono interrotti i lavori e le pile furono completate durante la magra del 1929, epoca in cui furono pure completati il bacino di decantazione, quello di presa e furono montate le paratoie. La galleria venne eseguita con l'ausilio di 11 finestre, di lunghezza variabile da 30 a 50 metri ciascuna e munite all'imbocco di compressori Ingersoll da 55 HP, ventilatori e adeguate riserve di esplosivo. Le roccie incontrate erano costituite da scisti, granito, e gneiss; l'avanzata della galleria era fatta nell'intera sezione, salvo nei tratti a grande sezione per i quali fu costruito un cunicolo d'avanzamento. Per la notevole difficoltà dei trasporti furono preferite piccole installazioni ad un'unica grande installazione di mezzi d'opera di trasporto, betoniere etc.; la sabbia venne ottenuta dalla polverizzazione del granito, mediante quattro sabbiatrici disposte lungo il tracciato.

Per l'esecuzione della centrale furono richiesti movimenti di terra per 16 000 metri cubi e furono impiegati 10 500 metri cubi di cemento, a cui bisogna aggiungere i 7000 mc di sterramento ed i 4500 mc di cemento per la camera di carico ed i blocchi di amarraggio della condotta. Come accennato la centrale è equipaggiata con 4 gruppi da 9250 kVA, di cui uno di riserva, ruotanti alla velocità di 600 giri per generare con alternatori a 8 poli corrente della frequenza di 50 periodi, alla tensione di 8200 V. Le turbine di tipo Francis ad una cassa spirale e due scarichi laterali sono costruite per funzionare sotto la caduta netta di m 95 e per sviluppare la potenza di 10500 HP con la portata di 10 mc, e 10850 HP con la portata massima di 10 300 litri ciascuna.

Il materiale delle turbine è così composto: La spirale è in ghisa in due parti, il distributore ha le direttrici in acciaio fuso d'un pezzo col proprio asse; i coperchi sono in ghisa con fodere in acciaio e sono muniti di premistoppa per il passaggio degli steli delle direttrici, la girante doppia è in bronzo fosforoso ed è montata sull'albero in acciaio forgiato con flangia d'estremità ricavato di forgia, per l'accoppiamento all'albero dell'alternatore. La lubrificazione dei supporti è fatta automaticamente a mezzo di una pompa ad ingranaggi comandata dall'albero motore, ed un segnale indica l'eventuale interruzione della cir-

colazione dell'olio. I gomiti di aspirazione sono in ghisa ed i tubi aspiranti sono in lamiera da 8 mm di spessore. I regolatori sono del tipo adottato per la centrale di Lamativie, in questi però la pressione dell'olio agente sul servomotore raggiunge il valore di 18 kg, che viene ottenuto a mezzo di un piccolo compressore da 3 HP collegato alla camera d'aria. Le valvole di alimentazione delle turbine del ∅ di 1,25 m/m sono a servomotore idraulico, con by-pass per l'equilibratura delle pressioni. Uno scarico sincrono disposto fra la saracinesca e la turbina provvede ad eliminare il prodursi di eventuali colpi d'ariete nelle fasi di regime perturbato.

Gli alternatori da 7400 kW — cos φ = 0,8 — sono del tipo a ventilazione forzata e la quantità d'aria impiegata per ognuno di essi è di 16 mc/sec; i due supporti sono a bagno d'olio con raffreddamento a circolazione d'acqua. Lo statore con carcassa in lamiera è in un sol pezzo ed ha il diametro esterno di m 4,10 mentre il rotore ha il diametro di m 2,09 e pesa tonn. 27. Notare che gli alternatori sono muniti di un'eccitatrice principale da 31 kW, montata in testa all'asse, e da una eccitatrice pilota che consente la graduale messa in tensione della macchina.

La corrente generata è ripartita su un doppio sistema di sbarre, con quattro sezionatori che permettono di effettuare le possibili combinazioni di un alternatore con un qualsiasi trasformatore; i diversi apparecchi di misura consentono tutti i controlli richiesti. Si hanno poi un primo interruttore da 15 000 V e 750 ampères con una capacità di rottura di 300.000 kVA e sul collegamento ad ogni sistema di sbarre un sezionatore tripolare da 15 000 V e 1000 ampères a comando meccanico. La stazione all'aperto consta di 4 trasformatori trifasi da 10 000 kVA, rapporto 8200/60 000 V, collegamento triangolo/stella alti m 4,90 e pesanti, senza olio, circa 25 000 kg; ciascuno di essi contiene circa 9500 kg di olio. Il cassone è liscio e il raffreddamento è a circolazione forzata dell'olio. Il neutro dell'alta tensione è per i 4 trasformatori, collegato e messo a terra. La ripartizione dell'energia dei trasformatori è fatta pure su un doppio sistema di sbarre, sezionato opportunamente, e fra ogni trasformatore e il sistema di sbarre sono inseriti gli apparecchi di protezione differenziale, un interruttore da 70 000 V, 500 A ed i sezionatori tripolari a comando meccanico. Da ogni sistema di sbarre si diramano due linee di trasporto con gli apparecchi di misura e controllo, gli organi di messa a terra con i limitatori delle sovratensioni e i fusibili. A queste apparecchiature si aggiunge quella dei servizi ausiliari, con due trasformatori da 150 kVA 8200/220 V che alimentano 12 circuiti: gruppo di carica della batteria, formata da 66 elementi della capacità di 290 ampères-ora, gruppo d'eccitazione di soccorso da 60 kW, 5 circuiti d'illuminazione, 5 circuiti di forza motrice per la grue, le pompe ecc.

Al quadro di comando sono riportate le letture degli apparecchi degli alternatori, delle sbarre e dei trasformatori. Questa centrale di Laval-de-Cère permette un'utilizzazione media annua di 100 milioni di kWh; essa, come l'altra di Lamativie, consentendo una produzione massima d'inverno e minima d'estate, si adatta bene alla fornitura di energia per le industrie elettrometallurgiche ed elettrochimiche che sono nella zona come quelle della Société des Acieries et Forges de Firminy e della Société de la Vieille-Montaigne. La parte di energia residua viene inviata sulle reti di distribuzione e, data la connessione con le centrali che la Società possiede nei Pirenei, e che hanno un regime sfasato rispetto alle prime, risulta possibile di ottenere sulle reti un carico non molto disuniforme nell'anno. La soluzione integrale del problema si avrà comunque col serbatoio di 106 milioni di mc d'invaso che verrà creato dalla diga di Saint-Etienne-Cantalès e che consentirà di fornire prevalentemente l'energia richiesta per i servizi di punta. Ad opere ultimate si prevede che la capacità di produzione delle centrali per lo sfruttamento del bacino della Cère potrà superare la cifra di 400 milioni di kWh annui.

Ru

## IMPIANTO DA 20 000 kW DI ACCUMULATORI DI VAPORE RUTH NELLA CENTRALE DI HATTINGEN

*A. E. G. Mitteil.*, dicembre 1931. – H. ROENTSCH.

La Centrale di Hattingen, esercita in comune dalla Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen A. G. e dalla città di Wuppertal, alimenta, oltre che la città di Barmen, un certo numero di città del bacino della Ruhr. Essa è la centrale termica a carbone più importante della zona della Ruhr: ha una potenza di circa 120 000 kW e comprende tre gruppi turbogeneratori da 8000 kW, 1500 giri, nonchè due gruppi da 13 000 kW e due gruppi da 25 000 kW a 3000 giri: recentemente poi fu aggiunta una turbina da 20 000 kW per alimentazione con vapore tanto fresco che accumulato.

La figura 1 riproduce lo schema dell'impianto di vapore: da esso si vede che le macchine, che fanno il servizio base, sono alimentate da due batterie di caldaie e da due reti di vapore

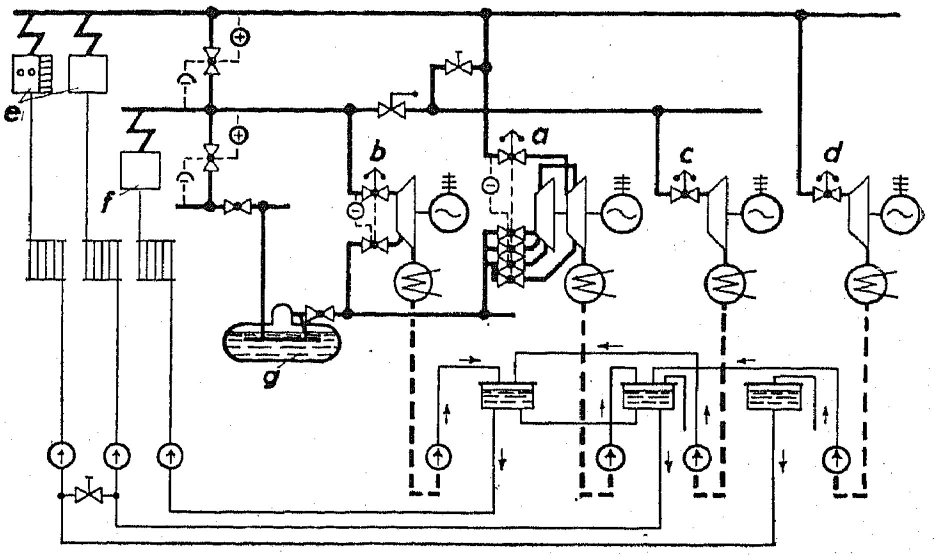



Fig. 1. - Schema dell'impianto delle turbine e degli accumulatori

*a*) turbina per funzionamento con vapore fresco o da accumulatore
*b*) turbina per funzionamento con vapore fresco o da accumulatore
*c*) turbine per vapore fresco
*d*) turbine per vapore fresco
*e*) caldaie a 21 atmosfere
*f*) caldaie a 15 atmosfere
*g*) accumulatore.

da 21 e 15 atmosfere. Il vapore generato in più nelle ore di minor carico viene addotto, per mezzo di valvole automatiche, agli accumulatori Ruth. La nuova turbina da 20 000 kW, con pressione iniziale del vapore di 21 atmosfere, è in funzione tutto il giorno con carico base di 4000 kW, alimentata con vapore fresco. Se il carico cresce, gli accumulatori Ruth si scaricano automaticamente e alimentano la turbina fino a fornire gli altri 16 000 kW di potenza che essa può fornire. Come unità di riserva questa turbina può funzionare anche alimentata dai soli accumulatori, fornendo 20 000 kW per 27 minuti o 15 000 kW per 60 minuti. Inoltre è stata trasformata una turbina da 8400 kW, già esistente, per alimentazione anche dagli accumulatori, e viene normalmente tenuta in riserva.

La regolazione avviene per mezzo di due valvole, di cui l'una (1) viene comandata dalla conduttura a 21 atm e l'altra (2) da quella a 15 atm. La valvola 1 di mm 250 si apre quando la pressione nelle condutture ad alta pressione supera la pressione normale di esercizio, di modo che il vapore di supero passa nella conduttura a 15 atm o nell'accumulatore. La valvola 2 ha una luce di mm 350 e serve a far passare il vapore di supero dalla rete a bassa pressione nell'accumulatore. Tanto questa valvola

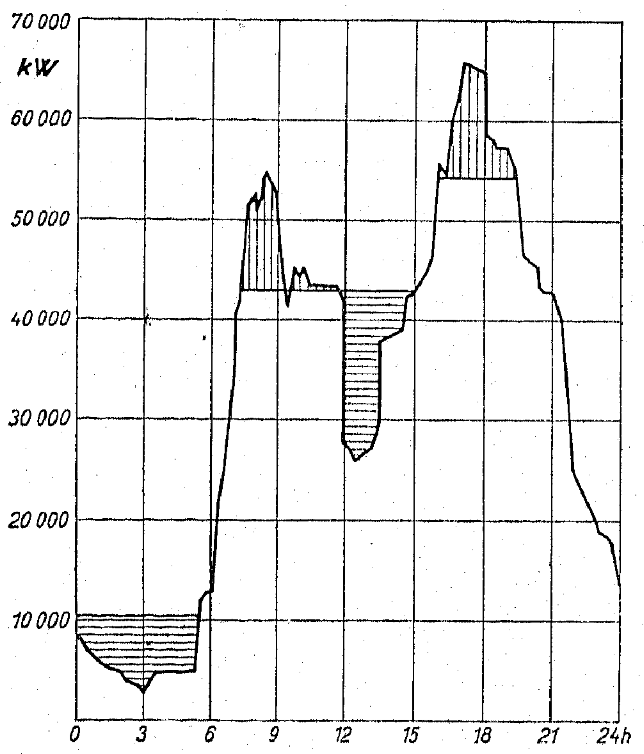



Fig. 2. - Diagramma di carico.

che la precedente hanno regolazione limite, che ne determina la chiusura o l'apertura a seconda che la pressione cresce o discende nella rete oltre certi limiti.

La fig. 2 dà il diagramma di carico: da esso si vede che la

punta, che deve essere coperta dall'accumulatore, è notevole e che la turbina deve poter essere alimentata nelle ore di maggior carico con oltre 200 t di vapore all'ora. D'altra parte la turbina lavora tutto il giorno con carico ridotto a vapore fresco: si è ritenuto perciò opportuno di suddividere gli ultimi stadî in due parti, delle quali una sola è alimentata a vapore fresco e l'altra solitamente è vuota. Si è perciò adottato il tipo

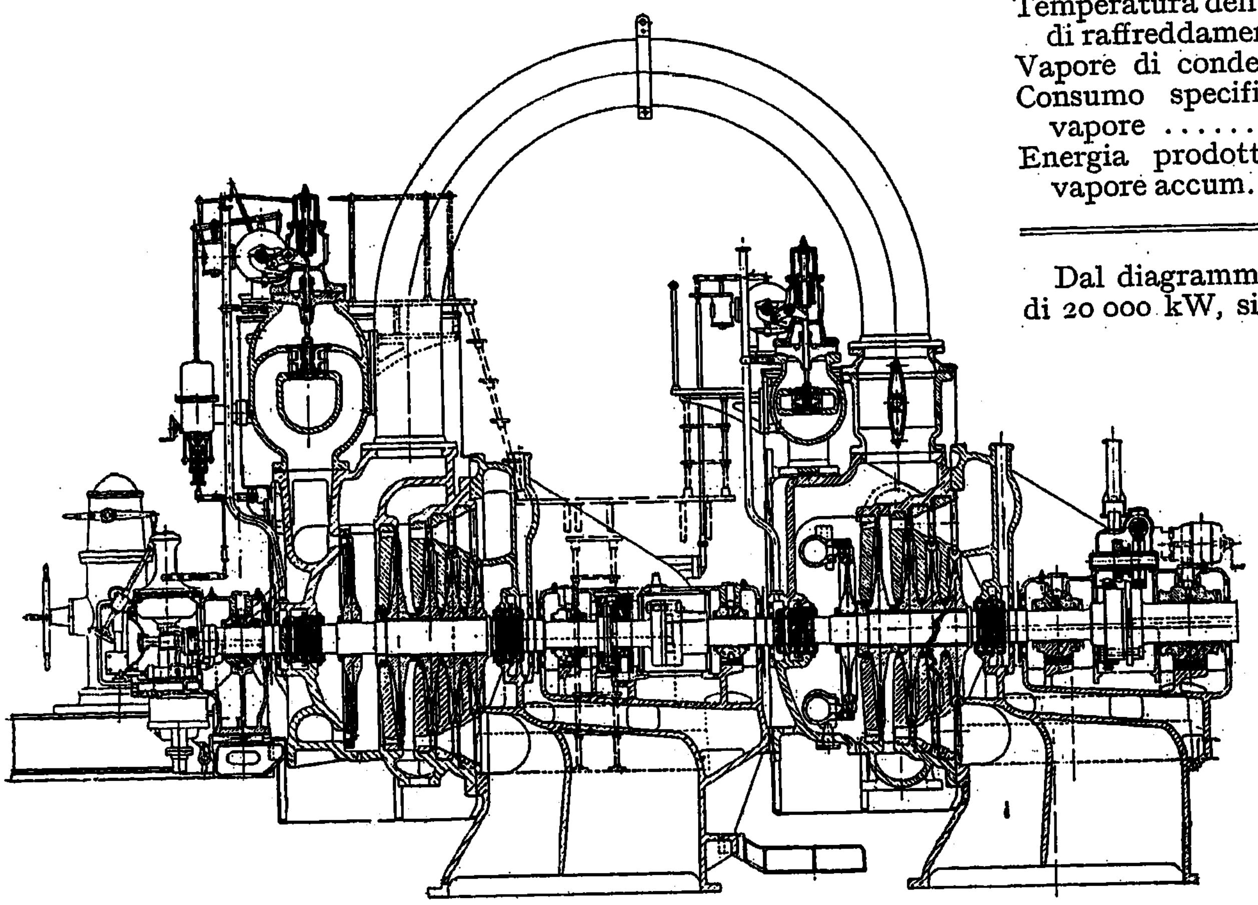


Fig. 3. - Sezione della turbina per alimentazione con vapore fresco e da accumulatore.

di turbina riprodotto nella fig. 3, che presenta la caratteristica che il vapore fresco viene addotto ad un distributore e il vapore dell'accumulatore ad un altro.

Nella regolazione automatica del vapore fresco e accumulato, oltre al solito regolatore centrifugo, che regola la potenza, vi sono altri regolatori, tra i quali quelli della pressione in caldaia, di differenza di pressione e di pressione limite. Il primo, col diminuire della pressione del vapore fresco, apre l'alimentazione del vapore accumulato, mentre gli altri due regolatori limitano la corrispondente pressione di salto, se la differenza di pressione tra il primo stadio e la pressione dell'accumulatore supera un certo limite.

Il regolatore dell'accumulatore completa il regolatore di velocità.

Furono poi fatte prove per stabilire se i dati garantiti dalla Casa costruttrice erano mantenuti. La potenza dell'alternatore doveva essere di 20 000 kW con un fattore di potenza di 0,7. I risultati delle prove, a consumo di vapore fresco, si possono così riassumere:

| Prova \ Potenza in kW | 20 000 | 15 000 | 10 000 | 5 000 |
|---|---|---|---|---|
| Pressione di vapore ....... atm | 18.75 | 19.22 | 20.08 | 19.50 |
| Temperatura del vapore ... °C | 375,5 | 383,5 | 387,3 | 381,8 |
| Temperatura dell'acqua di raffreddamento .......... °C | 7,51 | 7,42 | 8,20 | 7,25 |
| Vapore di condensa ..... tonn/h | 95,58 | 70,98 | 46,68 | 25,58 |
| Fattore di potenza ...... cos φ | 0,7 | 0,75 | 0,75 | 0,7 |
| Consumo di vapore specif. kg/kWh | 4,795 | 4,585 | 4,550 | 4,77 |
| Contenuto di calore del vapore surriscaldato .......... cal/kg | 763 | 767 | 769 | 767 |
| Rendimento dell'alternatore ..... | 0,949 | 0,947 | 0,928 | 0,88 |
| Rendimento termico del complesso | 0,239 | 0,245 | 0,241 | 0,22 |

In complesso si può dire che i valori effettivi del consumo di vapore sono stati dell'8,4 % inferiori a quelli garantiti.

Circa il servizio con solo vapore accumulato, la prova fu condotta in modo da coprire un carico di punta prima di 20 000 kW con vapore a 13 atm, poi di 15 000 ecc. finchè, col diminuire della pressione nell'accumulatore, la regolazione del carico non era più possibile. Alla pressione di 0,5 atm si ottennero ancora 8000 kW, mentre ne erano garantiti solo 3500.

I risultati sono qui riassunti:

| Prova \ Potenza in kW | 20 000 | 15 000 | 10 000 | 7 000 | 4 000 |
|---|---|---|---|---|---|
| Durata della prova.... min. | 82 | 86 | 123 | 171 | 145 |
| Temperatura dell'acqua di raffreddamento .. °C | ,71 | 7,4 | 8 | 8,6 | 8,8 |
| Vapore di condensa tonn/h | 172 | 160 | 162 | 163 | 83 |
| Consumo specifico di vapore ........ kg/kWh | 8,06 | 7,71 | 7,74 | 7,77 | 8,32 |
| Energia prodotta dal vapore accum. .... kWh | 21 480 | 20 880 | 21 000 | 21 370 | 20 200 |

Dal diagramma della fig. 4, riguardante la prova con carico di 20 000 kW, si può vedere di quanto la potenza effettiva ha

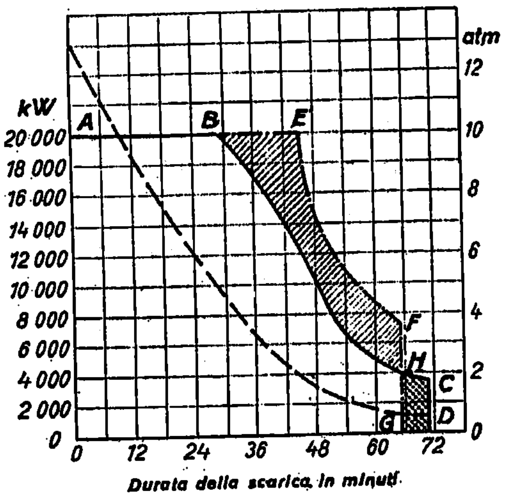



Fig. 4. - Pressione nell'accumulatore e potenza ottenuta in dipendenza della durata di scarica, nella prova da 20 000 kW.

superato quella garantita: essa è data dalla differenza delle superfici:

$$BEFH = HCDG = 4294 \text{ kWh} = 25 \%.$$

Nelle prove con funzionamento misto con vapore fresco e accumulato, si è caricata la turbina con 4000 kW costanti, coperti con prelevamento di vapore fresco, e il resto del carico veniva coperto con vapore accumulato: i dati delle prove

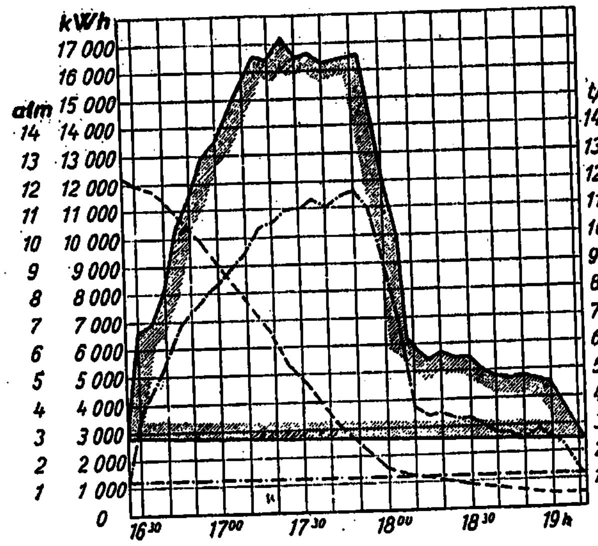



Fig. 5. - Relazioni tra il vapore accumulato e il consumo di vapore in esercizio misto.

sono riassunti nella seguente tabella, mentre la fig. 5 dà le relazioni fra la pressione di vapore nell'accumulatore e il consumo di vapore.

| Prova | Vapore accumulato | Vapore fresco | Totale |
|---|---|---|---|
| Energia prodotta...... kWh | 19 937 | 10 620 | 30 557 |
| Vapore di condens. complessivamente ...... kg | | | 207 925 |
| Vapore fresco ........ » | | 61 750 | 61 750 |
| Vapore accumulato ... » | 146 175 | | 146 175 |
| Consumo specifico di vapore ............ kg/kWh | 7 33 | | |

Fu provato anche l'avviamento delle macchine da freddo. Era stato garantito che in dieci minuti la turbina doveva passare al numero di giri normale e in altri dieci minuti doveva assumersi il pieno carico. Alle prove i tempi risultarono minori.

Circa gli accumulatori di vapore, fu studiato se si dovevano adottare accumulatori verticali od orizzontali: questi ultimi furono preferiti perchè risultarono meno costosi. Gli accumulatori hanno ciascuno un volume di m³ 308 e possono sopportare 15 atm. Complessivamente possono contenere kg 160 000 di vapore; ogni accumulatore è lungo m 19,4 e il diametro massimo interno è di mm 4700; le lamiere del corpo hanno uno spessore di mm 31, quelle dei fondi di mm 26. Sono rivestiti di isolante dello spessore di mm 100 contro le perdite di calore: il materiale isolante è costituito da una miscela speciale nota col nome di massa Depegee. Ogni accumulatore viene assicurato alle fondazioni con fasce isolate in magnesia.

L'impianto è costato L. 13 300 000, quindi, con una potenza complessiva di 20 000 kW, il prezzo per kW è stato di L. 665.—.

T. S.

---

## f) PROGRESSI NELL'IMPIEGO DELLE TURBINE FUNZIONANTI AD ELEVATA TEMPERATURA

*Electrical World*, 24 ottobre 1931. - P. W. THOMPSON.

Nell'ottobre del 1930 venne messa in azione nella terza centrale di Delray una turbina a vapore destinata a funzionare con temperature di vapore di circa 450°. Difficoltà costruttive in relazione ai materiali da usare costrinsero però a ritardare l'installazione del surriscaldatore fino al luglio 1931. Ci si propone attualmente di andare aumentando in successivi periodi di esercizio la temperatura del vapore di 15° o 25° in modo da verificare la sicurezza di funzionamento a ciascuna temperatura prima di passare ad una successiva; non si è posto limite *a priori* alla temperatura massima da raggiungere che potrà anche superare i 500°.

Anche la Detroit Edison Co. ha deciso di installare una turbina in via di esperimento per vapore a 500° allo scopo di acquistare sicuri dati di esperienza circa il comportamento dei materiali metallici speciali per così alte temperature. L'aumento di rendimento delle turbine funzionanti col ciclo a rigenerazione è stato finora limitato da 2 ordini di considerazione: il grado di umidità del vapore allo scarico non deve superare il 13 o 14 % se si vogliono evitare rapide usure delle palette sulle ultime ruote della turbina; inoltre si riteneva fino al 1930 che non fosse possibile superare la temperatura di 400° circa, conservando un sufficiente grado di sicurezza meccanica.

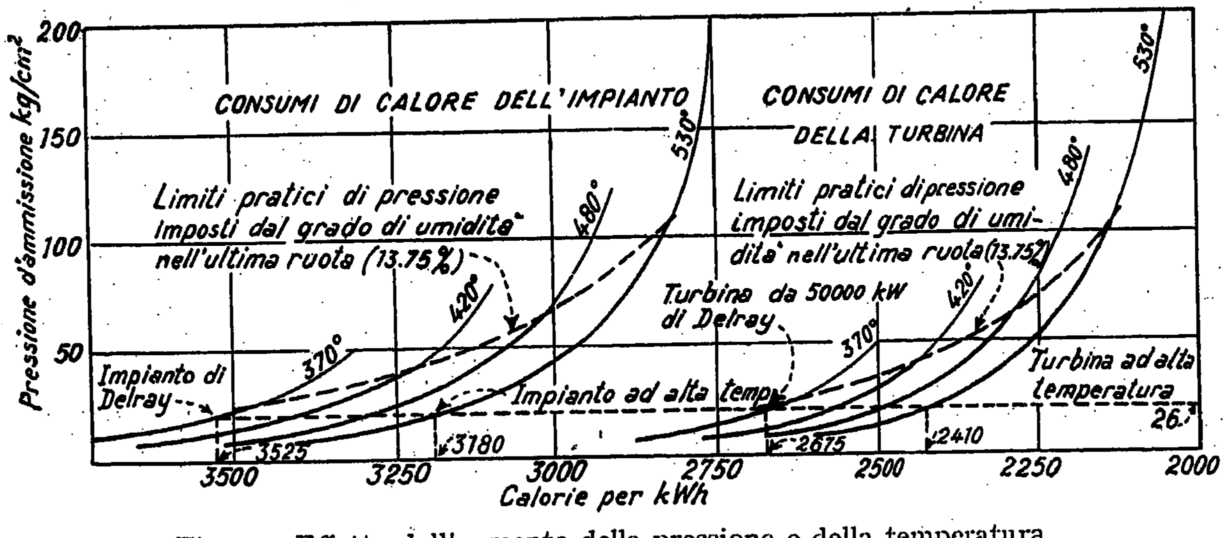



Fig. 1. - Effetto dell'aumento della pressione e della temperatura.

Queste curve rappresentano l'aumento dell'utilizzazione del calore che si ottiene elevando la pressione e la temperatura del vapore in un impianto a rigenerazione con 3 prese intermedie e con pressione assoluta al condensatore di 25 mm di mercurio. Le curve relative alla turbina dimostrano che per le unità da 50 000 kW della centrale di Delray N. 3, con vapore a 26 atmosfere a 370° all'ammissione in turbina si ha un consumo di vapore di 2675 calorie per kWh. Un aumento di 150° nella temperatura del vapore e una diminuzione di 0,7 atmosfere nella pressione portano per la nuova turbina a un consumo di 2410 calorie per kWh; tale aumento nella temperatura corrisponde ad un aumento di 3,36 nel rendimento termico. Il consumo di calore per l'impianto di Delray è, come si vede, di 3525 calorie per kWh, mentre, usando vapore a 550°, si scende a 3180 calorie per kWh, con un guadagno di 2,56 nel rendimento.

Sono state le considerazioni del limite massimo di temperatura che hanno indotto in generale i tecnici americani a limitarsi intorno alle 35 atmosfere come pressione massima iniziale negli impianti a rigenerazione; mentre in Europa sono in funzione da anni impianti a 45 atmosfere e a 450°.

Nella installazione di Delray si fa uso di un piccolo surriscaldatore a combustibile liquido per elevare fra 370° e 570° la temperatura di 3000 kg di vapore all'ora; questo surriscaldatore venne installato nella sala macchine della Centrale di Trenton Channel. Esso è ormai in funzione da oltre 12 000 ore, senza incidenti, fornendo vapore a temperatura fra 500° e 600°. I tubi sono fatti

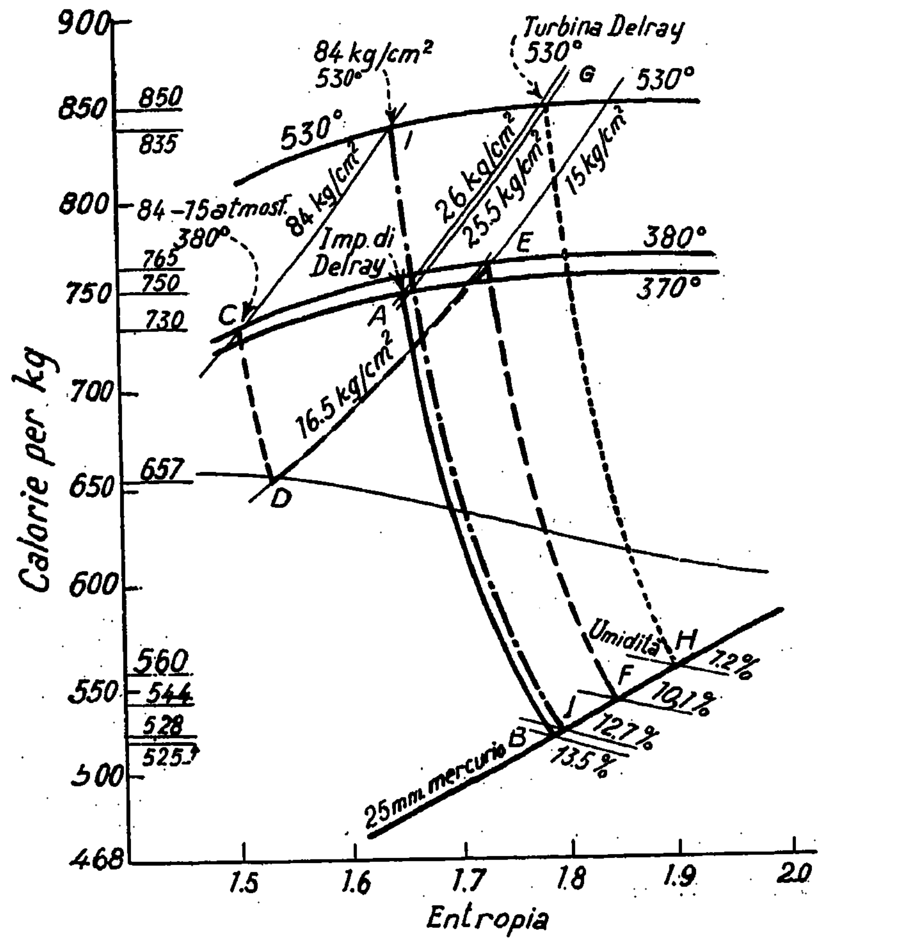



Fig. 2. - Quattro cicli, esistenti e possibili.

Le linee di espansione su questo diagramma di Mollier rappresentano 4 diversi cicli termici di turbine a vapore, due dei quali sono già in esercizio, il terzo si riferisce alla turbina descritta in questo articolo e il quarto è una previsione teorica. La linea *A-B* dimostra le condizioni relative alle turbine della Centrale Delray N. 3. La linea *A-G-H* dimostra l'impiego fatto del vapore nella turbina ad alta temperatura. La linea *C-D-E-F* rappresenta le varie condizioni del vapore per un ciclo di vapore da 84 a 15 atmosfere e 380°, con surriscaldamento intermedio. La linea *I-J* è la linea di espansione in una turbina che dovrebbe funzionare a 84 atmosfere e 550°. Il rendimento termico dei 4 cicli suddetti è rispettivamente del 31,9 %, del 35,3 %, del 37,7 %, e del 39,6 %.

di acciaio con 18% di cromo e 8% di nichel. Alcuni tubi smontati e passati all'esame micrografico hanno rilevato soltanto piccolissime alterazioni; accurati studi metallografici si vanno facendo sui materiali di questi tubi. Per le rimanenti parti dell'impianto vennero usati parecchi altri tipi di materiali, come acciai al cromo-nichel-molibdeno, acciai al cromo-tungsteno, acciai al cromo-nichel, acciai al molibdeno, ecc.

La turbina da 10 000 kW è costruita per funzionare con vapore a 27 atmosfere e 530° alla velocità di 3600 giri, con pressione al condensatore di 25 mm di mercurio. Essa è del tipo a 2 cilindri tandem compund. Vengono effettuate 3 prese di vapore intermedio, rispettivamente al nono, quattordicesimo, diciassettesimo stadio, per il preriscaldamento dell'acqua di alimentazione.

La turbina presenta alcune particolarità costruttive riguardo alle tenute di vapore sull'asse, alla cassa e alla prima ruota.

Il vapore ad alta temperatura viene fornito alla turbina insieme ad una piccola quantità di vapore saturo proveniente dalle fughe dei labirinti. Il condensato viene ripreso da una pompa dal pozzo caldo e fatto circolare nei 2 primi rigeneratori, quindi ripreso da una pompa che lo fa circolare nell'ultimo rigeneratore a monte e lo immette poi sul sistema di tubazione di alimentazione delle caldaie. I condensati dei rigeneratori fanno tutti capo al primo rigeneratore a valle, dal quale sono ripresi da una pompa che li rimette in ciclo. Le fughe dai labirinti del cilindro ad alta sono utilizzate per la tenuta dei labirinti del cilindro a bassa, e la parte eccedente viene utilizzata nei rigeneratori.

L'impianto che ha uno scopo eminentemente sperimentale è munito di tutti i dispositivi di misura e di controllo necessari per le prove.

L'alternatore da 12 500 kVA, a fattore di potenza 0,80 e frequenza di 60 periodi, genera energia a 4800 V. Il raffred-

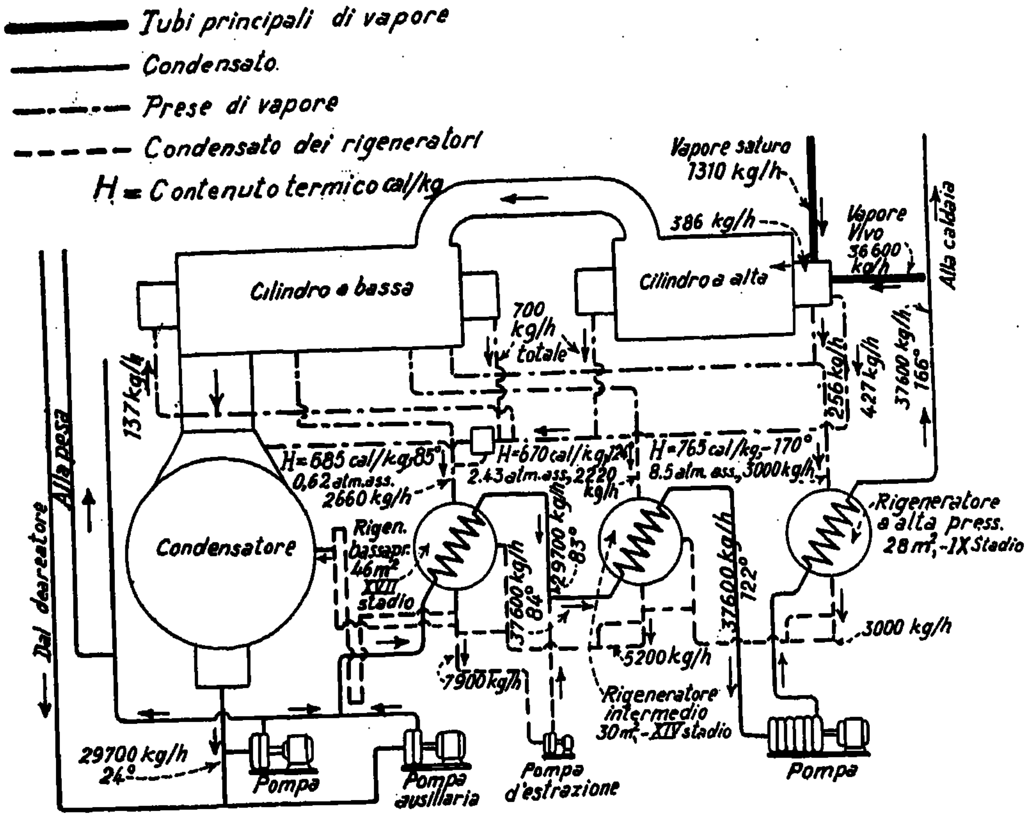



Fig. 3. - Ciclo da 550° a 24°.

damento avviene in circuito chiuso con refrigeranti ad acqua. Il surriscaldatore Babcock Wilcox ha una superficie di circa 400 m² ed è proporzionato per elevare la temperatura di 45 000 kg di vapore all'ora da 375° a 570°; esso è servito da 3 bruciatori d'olio a polverizzazione meccanica. È costituito da 3 sezioni; quella superiore del tipo a convezione è costruita in acciaio al carbonio e riceve vapore a 375° e ne eleva la temperatura fino a 455°; la sezione mediana, in acciaio speciale, è del tipo misto a radiazione e convezione e porta la temperatura del vapore a 550°; la sezione inferiore, di tipo a radiazione, in acciaio speciale, eleva il vapore alla temperatura finale di 570°.

Una valvola di sicurezza a solenoide, installata nell'uscita del surriscaldatore, si apre automaticamente qualora venga chiusa la valvola di ammissione in turbina: il vapore si scarica così nell'atmosfera mantenendo la circolazione nei tubi del surriscaldatore e prevenendo il pericolo di bruciature. Allo scatto di questa valvola fa seguito la messa fuori servizio automatica dei motori delle pompe di alimentazione del combustibile liquido.

Ri.

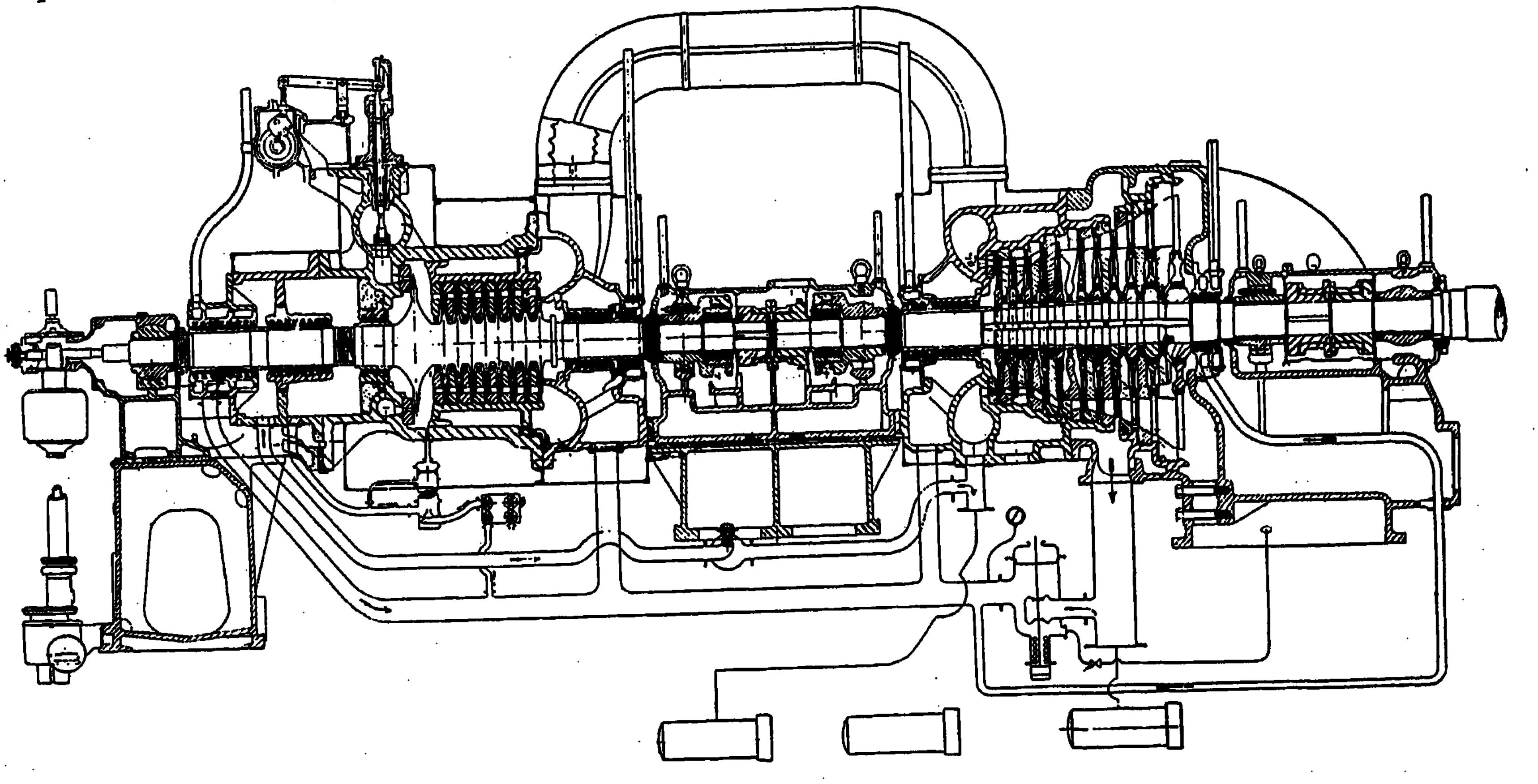


Fig. 4. - Turbina speciale per alta temperatura.

## UN NUOVO SISTEMA ELETTRICO DI MISURA (g

*Elektrotechnik und Maschinenbau*, N. 49, 6 dicembre 1931. - E. RODEWALD.

Le dimensioni delle grandezze meccaniche nel sistema *c. g. s.* sono funzioni a coefficienti interi delle unità fondamentali: centimetro = *c*, grammo = *g*, secondo = *s*. Al contrario, le dimensioni delle grandezze elettriche, tanto nel sistema elettrostatico quanto in quello elettromagnetico, comportano tutte, ad eccezione della potenza, esponenti frazionari delle unità fondamentali stesse.

La presenza di esponenti frazionari nelle dimensioni dei sistemi elettrostatico ed elettromagnetico è dovuta alla assimilazione delle unità di capacità nel primo e di induttanza nel secondo ad una lunghezza ed alla imposta uniformità di dimensioni della potenza meccanica ed elettrica. Nei due casi, le definizioni su cui si basano i due sistemi di misura elettrici sopracitati sono indipendenti da qualsiasi ipotesi sulla natura della elettricità e portano ad espressioni complesse e poco intuitive.

L'A. dimostra che, sulla scorta delle moderne teorie sulla natura della elettricità, è possibile esprimere le grandezze elettriche in base ad un nuovo sistema di misura. Quest'ultimo consente di esprimere tutte le dimensioni con funzioni a coefficienti interi delle unità fondamentali *c. g. s.* e presenta il vantaggio di una accentuata aderenza coi fenomeni fisici. Il nuovo sistema si basa sulle considerazioni seguenti:

Un corpo è, notoriamente, composto di atomi, ciascuno dei quali costituisce un vero e proprio sistema planetario avente per centro il protone caricato positivamente e per pianeti gli elettroni caricati negativamente. Normalmente, la somma delle cariche negative degli elettroni eguaglia la carica positiva del protone: l'atomo è, quindi, neutro. Si manifesta, invece, una carica positiva se una mancanza di elettroni non consente più la neutralizzazione della carica del nucleo. Il movimento medio degli elettroni liberi lungo un conduttore dà luogo ad una corrente elettrica.

In base a questa teoria, la carica *Q* di un corpo si può considerare espressa dal numero degli elettroni non neutralizzati. La carica elettrica o quantità di elettricità così considerata non è, quindi, affetta da dimensioni ed è un numero assoluto. Non è neppure necessario che la carica elettrica sia espressa dal numero effettivo di elettroni; si può, ad esempio, scegliere, per costituire l'unità della carica elettrica, un numero di elettroni tale da costituire un Coulomb.

La corrente elettrica *J* in un conduttore è espressa dal numero di elettroni che ne attraversa la sezione nell'unità di tempo *s*; la dimensione della corrente è, quindi, l'inversa di un tempo ossia è espressa da $s^{-1}$.

La potenza elettrica *N* deve avere, naturalmente, le stesse dimensioni della potenza meccanica.

$$N = c^2 . g . s^{-3}$$

Ne consegue che le dimensioni della tensione sono:

$$U = N : J = c^2 . g . s^{-3} : s^{-1} = c^2 . g . s^{-2}$$

e non differiscono da quelle di un lavoro. La tensione si può, in realtà, considerare come l'energia di un elettrone: essa prende il nome di f. e. m. se si tratta di energia impressa; di potenziale se si fa riferimento ad energia posseduta; di caduta di tensione se si tratta di energia prelevata.

La caduta di tensione in un conduttore, ossia l'energia perduta dagli elettroni nel loro spostamento, è proporzionale al numero degli urti che gli elettroni stessi subiscono contro gli atomi neutri. Tale numero è, evidentemente, tanto maggiore quanto più lungo è il loro percorso, quanto più piccola è la sezione del conduttore e quanto più piccola è la struttura cristallina del materiale. Per un determinato conduttore avente una lunghezza ed una sezione ben definite, sussiste, pertanto, un rapporto costante fra il lavoro per elettrone $U$ e la corrente $J$. Le dimensioni di tale rapporto denominato resistenza elettrica $R$, risultano da:

$$R = U : J = c^2 . g . s^{-2} : s^{-1} = c^2 . g . s^{-1}$$

Lo spazio circostante ad un conduttore percorso da una corrente elettrica è sede di una energia elettromagnetica: la massa di etere che circonda il conduttore si può considerare come dotata di un moto vorticoso intorno al medesimo e capace, quindi, di assorbire o di erogare energia come se si trattasse di un volano. Per una data corrente, l'energia concentrata nello spazio che circonda il conduttore cresce con l'aumentare della sezione disponibile per il flusso, col diminuire del cammino lungo il quale esso si chiude attorno al conduttore e con l'aumentare della permeabilità del mezzo nel quale il flusso stesso circola. Per una determinata disposizione di un conduttore, contraddistinta da valori fissati per la sezione del flusso, il percorso di esso e la permeabilità del mezzo, sussiste un rapporto costante fra l'energia assorbita od erogata per elettrone $U$ e la variazione, col tempo, della corrente di elettroni $I : t$ che corrisponde ad una variazione del flusso. Questo rapporto, che prende il nome di induttanza $L$, è affetto dalle seguenti dimensioni:

$$L = V : I/t = c^2 . g . s^{-2} : s^{-1} . s^{-1} = c^2 . g$$

Le dimensioni del flusso $\Phi$ si ottengono eguagliando la variazione di esso nell'unità di tempo alla tensione $U$ provocata:

$$\Phi = U . t = c^2 . g . s^{-2} . s = c^2 . g . s^{-1}$$

Il flusso per unità di sezione, ossia l'induzione $B$, ha le dimensioni:

$$B = c^2 . g . s^{-1} : c^2 = g . s^{-1}$$

L'intensità del campo elettromagnetico si può esprimere come un flusso per unità di lunghezza, ossia con le dimensioni:

$$H = s^{-1} : c = c^{-1} . s^{-1}$$

Le dimensioni della permeabilità $\mu$, eguale al rapporto fra induzione ed intensità del campo, sono:

$$\mu = B : H = g . s^{-1} : c^{-1} . s^{-1} = c . g$$

Un corpo carico di elettricità crea nelle sue adiacenze un campo elettrostatico, sede di una energia. La forza complessiva di attrazione che il corpo considerato esercita sopra un altro carico di elettricità di segno contrario, a parità di differenza di potenziale, dipende dalla densità degli elettroni sulle superfici affacciate, dalle dimensioni di queste e dalla natura del dielettrico interposto fra le due superfici. Per una determinata disposizione di due corpi, il rapporto fra il numero di elettroni che si possono addensare sulle superfici affacciate e la differenza di potenziale, ossia l'energia contenuta in ciascun elettrone, è fisso e prende il nome di capacità $C$; le sue dimensioni sono:

$$C = Q : U = 1 : c^2 . g . s^{-2} = c^{-2} . g^{-1} . s^2$$

Lo spostamento dielettrico $D$, corrispondente nel campo elettrostatico, all'induzione nel campo elettromagnetico, si può esprimere come la quantità di elettricità per unità di superficie. Le sue dimensioni sono:

$$D = Q/F = 1 : c^2 = c^{-2}$$

L'intensità del campo elettrostatico, espressa da una tensione per unità di lunghezza, ha le dimensioni:

$$E = c^2 . g . s^{-2} : C = c . g . s^{-2}$$

ossia le dimensioni di una forza. Si tratta, in realtà, della forza esercitata nel campo elettrostatico sopra un elettrone libero.

La costante dielettrica $\varepsilon$, rapporto fra lo spostamento e l'intensità del campo elettrostatico, ha le dimensioni:

$$\varepsilon = D : E = c^{-2} : c . g . s^{-2} = c^{-3} . g^{-1} . s^2$$

Riassumendo, secondo il nuovo sistema di misura, tutte le grandezze elettriche sono caratterizzate da dimensioni derivate dal sistema *c. g. s.* ed aventi tutte esponenti interi delle grandezze fondamentali di quest'ultimo sistema. La tabella sottoindicata riassume i risultati trovati dianzi:

| Denominazione | | Dimensioni | Spiegazione |
|---|---|---|---|
| Quantità di elettricità | $Q$ | | Numero degli elettroni liberi |
| Corrente | $J$ | $s^{-1}$ | Numero degli elettroni per unità di tempo |
| Potenza | $N$ | $c^2 g s^{-3}$ | Come la potenza meccanica |
| Tensione | $U$ | $c^2 g s^{-2}$ | Lavoro per elettrone |
| Resistenza | $R$ | $c^2 g s^{-1}$ | Rapporto $U : J$ |
| Induttanza | $L$ | $c^2 g$ | Rapporto $U : dI/dt$ |
| Flusso | $\Phi$ | $c^2 g s^{-1}$ | Integrale $Udt$ |
| Induzione | $B$ | $g s^{-1}$ | Flusso per unità di superficie |
| Intensità del campo elettromagnetico | $H$ | $c^{-1} s^{-1}$ | Corrente per unità di lunghezza |
| Permeabilità | $\mu$ | $c g$ | Rapporto $B : H$ |
| Capacità | $C$ | $c^{-2} g^{-1} s^2$ | Numero di elettroni per unità di tensione |
| Spostamento dielettrico | $D$ | $c^{-2}$ | Numero di elettroni per unità di superficie |
| Intensità del campo elettrostatico | $E$ | $c g s^{-2}$ | Lavoro per elettrone e per unità di lunghezza |
| Costante dielettrica | $\varepsilon$ | $c^{-3} g^{-1} s^{-2}$ | Rapporto $D : E$ |

I rapporti numerici fra le unità pratiche e quelle del sistema *c. g. s.* anzidetto possono essere dedotti fissando ad arbitrio il rapporto fra il Coulomb e la corrispondente unità nel nuovo sistema. Fissando ad esempio 1 Coulomb = $10^{-1}$ unità *c.g.s.* oppure 1 Coulomb = $3.10^9$ unità *c.g.s.* si ottengono, rispettivamente, i rapporti del sistema elettrostatico e di quello elettromagnetico.

Mentre il Coulomb rappresenta una grandezza ben definita ed eguale al numero di elettroni liberi necessario per separare 0,001118 grammi di argento da una soluzione di nitrato dello stesso metallo, le unità dei vari sistemi *c.g.s.* non sono determinate: è necessario che sia indicato volta per volta il sistema a cui le dimensioni delle varie grandezze sono riferite. Non è neppure possibile rimediare a questo inconveniente fissando come unità naturale l'elettrone stesso, benchè le unità pratiche verrebbero espresse da numeri poco accessibili. Secondo la teoria atomica sarebbe:

$$1 \text{ Coulomb} = 6{,}28 . 10^{18} \text{ elettroni.}$$

d. m.

## h) LIMITI D'IMPIEGO DELL'OSCILLOGRAFO A RAGGI CATODICI

*Elektrotechnische Zeitschrift*, 1° ottobre 1931, W. ROGOWSKI.

Nell'Istituto Elettrotecnico di Aquisgrana sono stati introdotti due perfezionamenti agli oscillografi a raggi catodici, e precisamente le bobine di concentrazione preventiva e lo schermo per i raggi.

Se i raggi catodici emanano sotto un angolo non troppo grande da un punto *A* (fig. 1) è possibile mediante il campo magnetico generato da una bobina *B*, detta bobina di concentrazione, farli concorrere di nuovo in un'altro punto *C*. Si è

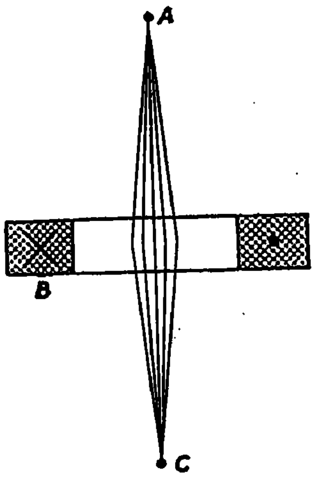



Fig. 1. - Effetto della bobina di concentrazione.

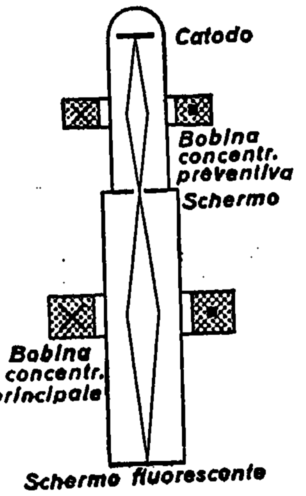



Fig. 2. - Concentrazione preventiva e definitiva.

già fatto uso, come è noto, di tale dispositivo nei tubi di Braun per produrre una indicazione netta ed intensa sullo schermo fluorescente. Già nel 1927 Rogowski, Fleger e Tamm hanno utilizzato la bobina di concentrazione per concentrare gli elettroni emessi da un catodo sferico nella fessura dello schermo (fig. 2). Colla bobina di concentrazione preventiva è possibile concentrare tutti gli elettroni uscenti dal catodo attraverso la apertura dello schermo e successivamente, colla bobina principale di concentrazione portarli tutti sulla lastra fluorescente o sulla pellicola sensibile; senza la bobina preventiva una gran parte degli elettroni viene arrestata dallo schermo e va perduta allo scopo della registrazione.

Il tempo durante il quale l'oscillografo deve registrare varia secondo la rapidità del fenomeno e può scendere a un milionesimo di secondo od anche a meno.

Con tempi di registrazione così brevi bisogna provvedere in modo che prima e dopo la registrazione non possono arrivare sullo schermo registrante nè i raggi degli elettroni diretti, nè quelli dispersi; senza di che l'annerimento che verrebbe prodotto sulla lastra fotografica occulterebbe la traccia della registrazione, necessariamente debole data la rapidità della registrazione stessa. Per ottenere nel miglior modo tale scopo è necessario impedire che i raggi elettronici possano entrare, per tutto il tempo in cui non si vuol registrare, nella camera di registrazione. Ciò si può ottenere per mezzo di un sistema di schermatura, che

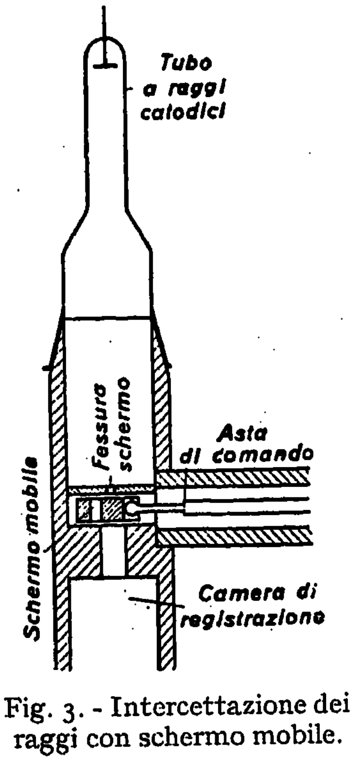



Fig. 3. - Intercettazione dei raggi con schermo mobile.

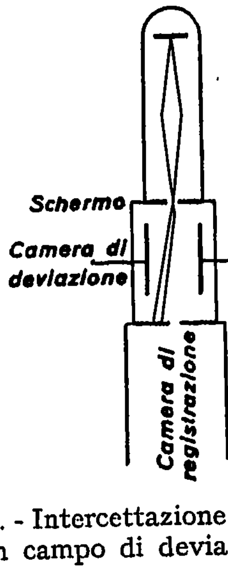



Fig. 4. - Intercettazione dei raggi con campo di deviazione.

può essere di tipo meccanico, una lastra metallica che chiude a volontà la fessura del primo schermo (fig. 3), oppure può essere di tipo elettrico o magnetico, utilizzando un campo deviante (fig. 4).

L'A. si è proposto di determinare quale e la massima rapidità di registrazione che si può raggiungere con un oscillografo a raggi catodici provvisto dei 2 dispositivi di schermatura e di bobina di concentrazione preventiva.

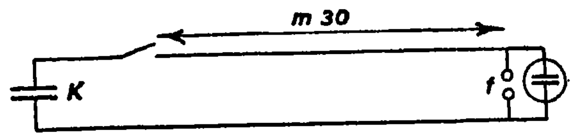



Fig. 5. - Circuito per la produzione di oscillazioni di circa 10⁸ Hertz.

Le esperienze furono condotte col dispositivo della fig. 5, dove lo spinterometro *f* era situato a 10 centimetri prima della fine della linea, che si chiudeva sulle piastre devianti dell'oscillografo. Su questa linea si immetteva un'onda d'impulso la quale carica a l'estremità del conduttore e, quando la tensione era sufficiente, generava una scintilla; il breve tratto di conduttore costituito dalle piastre devianti e dallo spinterometro oscillava con una frequenza altissima. La lunghezza d'onda minima dovrebbe essere di 60 centimetri, ma dai rilievi oscillografici essa è risultata di m 2,80.

La fig. 6 rappresenta una delle registrazioni ottenute con tensioni diverse. Dagli oscillogrammi si può riconoscere che la massima velocità nella quale il raggio elettronico percorse le lastre fotografiche ha raggiunto i 31 000 km per secondo nel caso della fig. 6 e almeno 63 000 km per secondo in altri casi; anzi probabilmente si è arrivati a 100 000 km per secondo, cioè all'incirca 1/3 della velocità della luce. Sono queste le massime velocità finora raggiunte nella registrazione e l'oscillogramma appare sulle lastre originali così ben marcato che si può ritenere non si sia ancora raggiunto il limite massimo possibile della velocità di scrittura.

Tuttavia la teoria permette di prevedere indipendentemente dalla questione della sensibilità delle lastre fotografiche, un limite massimo di velocità di scrittura per una registrazione non affetta da errori cogli oscillografi a raggi catodici.

Come è noto, la teoria della relatività pone che gli elettroni non possono muoversi con velocità superiore a quella della luce. Una velocità pari a 1/3 di quella della luce appare già molto elevata, tenuto conto delle tensioni che abbiamo a disposizione. Con tale velocità per percorrere il tratto di un centimetro

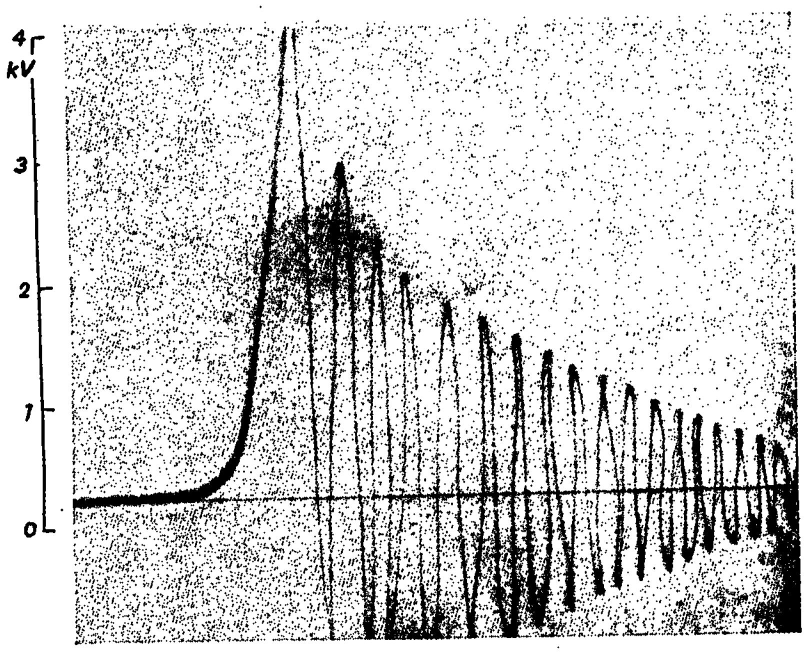



Fig. 6. - Oscillogramma alla frequenza di circa $10^8$ Hertz; massima velocità di scrittura circa 31 000 km/s.

compreso fra le piastre devianti si richiede un tempo di 1[...] secondi. Fenomeni che si avvicinano alla durata di $10^{-10}$ [...]condi verrebbero perciò registrati in modo completamente [...]rato. L'oscillografo a raggi catodici che si è finora consider[...] come un apparecchio privo d'inerzia, non si comporta più [...] tal modo per fenomeni così rapidi. Registrazioni esatte si p[...] sono ottenere soltanto se i fenomeni in studio non camb[...] sensibilmente nel tempo del percorso degli elettroni. Per l[...]ghezze di piastre devianti fra 1 e 10 cm la durata dei fenom[...] esattamente registrabili deve perciò essere superiore a $10^{-9} \div 1$[...] secondi. Secondo gli oscillogrammi ottenuti vi corrispondi[...] tratti di scrittura rispettivamente di lunghezza $63 \div 6{,}3$ mm[...]

Con l'impiego quindi della bobina di concentrazione preventiva e dello schermo mobile si può arrivare ad utilizzare l'oscillografo a raggi catodici fino al limite massimo che è consentito dalla sua stessa natura.

L'utilità della bobina di concentrazione preventiva si presenta anche sotto altri aspetti. L'A. ha eseguito ricerche con tale dispositivo e utilizzando schermi fluorescenti, ottenendo una macchia fluorescente di circa 2 cm di diametro, la quale nella direzione perpendicolare a quella dello schermo presentava una intensità luminosa pari a 47 candele Hefner. La bobina di concentrazione preventiva ha cioè fatto diventare il tubo di Braun una vera lampada.

Con una così forte intensità di fluorescenza prodotta si può pensare a ottenere delle registrazioni all'esterno del tubo mediante una macchina fotografica, ciò che costituisce il dispositivo più semplice. L'A. riporta un oscillogramma ottenuto in questo modo, nel quale la velocità del raggio scrivente è di 2000 km per secondo sullo schermo fluorescente e di 1000 km per secondo sulla lastra fotografica. Il tempo corrispondente a 1/4 d'onda registrata risulta inferiore a $10^{-8}$ secondi. Questo risultato ottenuto già più di due anni or sono dimostra che si possa ottenere con una macchina fotografica ordinaria munita di un opportuno sistema ottico, la registrazione dei fenomeni della durata di circa un milionesimo di secondo. L'A. con opportune considerazioni su alcuni oscillogrammi che riporta, dimostra come si possano ottenere fotografie con velocità di percorso dei raggi elettronici sullo schermo fluorescente fino a circa 10 000 km per secondo.

Ri.

---

## i) SISTEMA DI RELAIS CON DUE FILI PILOTI

*Electrical Engineering*, ottobre 1931, C. H. Frier.

I sistemi di relais con fili piloti per la protezione delle linee di trasmissione hanno il vantaggio di un modo d'operare rapido ed indipendente dalla messa a punto dei relais selettivi; tali sistemi sono specialmente utili per eliminare le difficoltà che insorgono nella protezione con relais di circuiti o reti complicate.

Il sistema più comune di relais con filo pilota si basa sul concetto di mettere in opposizione le correnti secondarie dei trasformatori di corrente ai 2 estremi della linea. Si richiedono quindi 4 fili piloti fra le centrali e ne derivano aggravi di costo che limitano l'applicazione del sistema alle linee di breve lunghezza.

La Oklahoma Gas and Electric Co. ha sviluppato un sistema di protezione che richiede un solo, o meglio, 2 fili piloti ed è perciò applicabile anche con linee relativamente lunghe. Esso garantisce un rapido isolamento in qualunque caso di guasto in linea o verso terra, qualora vi sia una sorgente d'energia ad entrambi le estremità del tronco di linea. Come riserva di protezione nel caso di rottura del filo pilota s'installano anche degli ordinari relais selettivi. S'installa pure un sistema di sorveglianza a distanza col quale l'operatore può in ogni momento

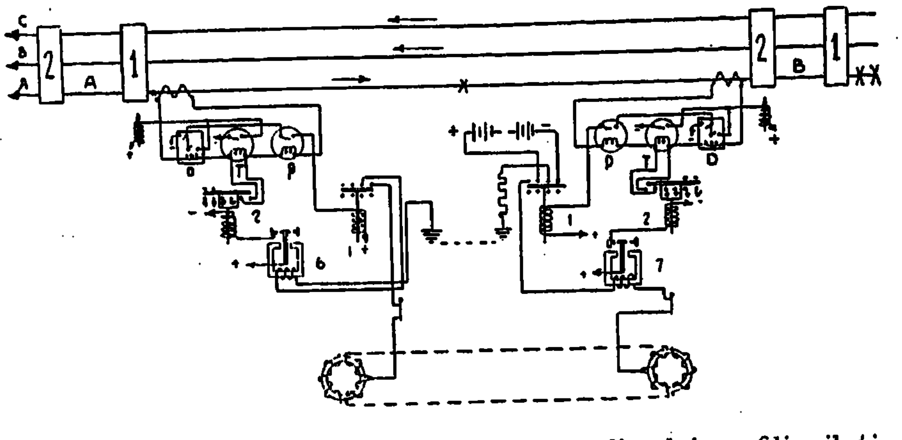


Fig. 1. - Schema fondamentale del sistema di relais a fili piloti.

verificare le condizioni del circuito pilota. Questo circuito può inoltre essere usato contemporaneamente per le comunicazioni telefoniche.

Lo schema di questo sistema di protezione detto « telegrafico a filo pilota » consiste essenzialmente di relais a massima corrente, direzionali e non direzionali, a ciascuna estremità della linea, i quali vengono azionati da ogni piccola corrente che scorra entro la sezione da proteggere. Un flusso di corrente da una o dall'altra delle centrali nella linea fa sì che queste facciano agire nella stessa centrale un relais ausiliario. Questo ha i suoi contatti ad entrambi le estremità della linea messi in serie attraverso il filo pilota ed il ritorno a terra. Il verificarsi di un guasto in linea fa quindi agire i relais di corrente ad entrambi le estremità, azionando entrambi i relais ausiliari, i contatti dei quali chiudono un circuito telegrafico, il quale a sua volta fa agire gli elettromagneti di scatto degli interruttori in olio ad entrambi le estremità del tronco di linea.

Gli elementi fondamentali dello schema sono rappresentati in fig. 1. I relais di corrente sulle fasi *B* e *C* sono identici a quelli indicati per la fase *A*. I contatti d'energia del relais di massima corrente direzionale *D* si chiudono quando dalle sbarre della centrale fluisce corrente. I relais *T* e *P* sono relais di massima dello schema a filo pilota. Nel caso di un corto circuito nel punto *X*, i contatti di energia del relais *D* ed i contatti di sovracorrente dei relais *P* in entrambi le centrali *A* e *B* si chiudono. Entra allora in azione il relais ausiliario 1, il quale chiude il circuito del filo pilota attraverso le bobine dei relais 6 e 7. Questi a loro volta fanno entrare in azione il relais 2 e conseguentemente

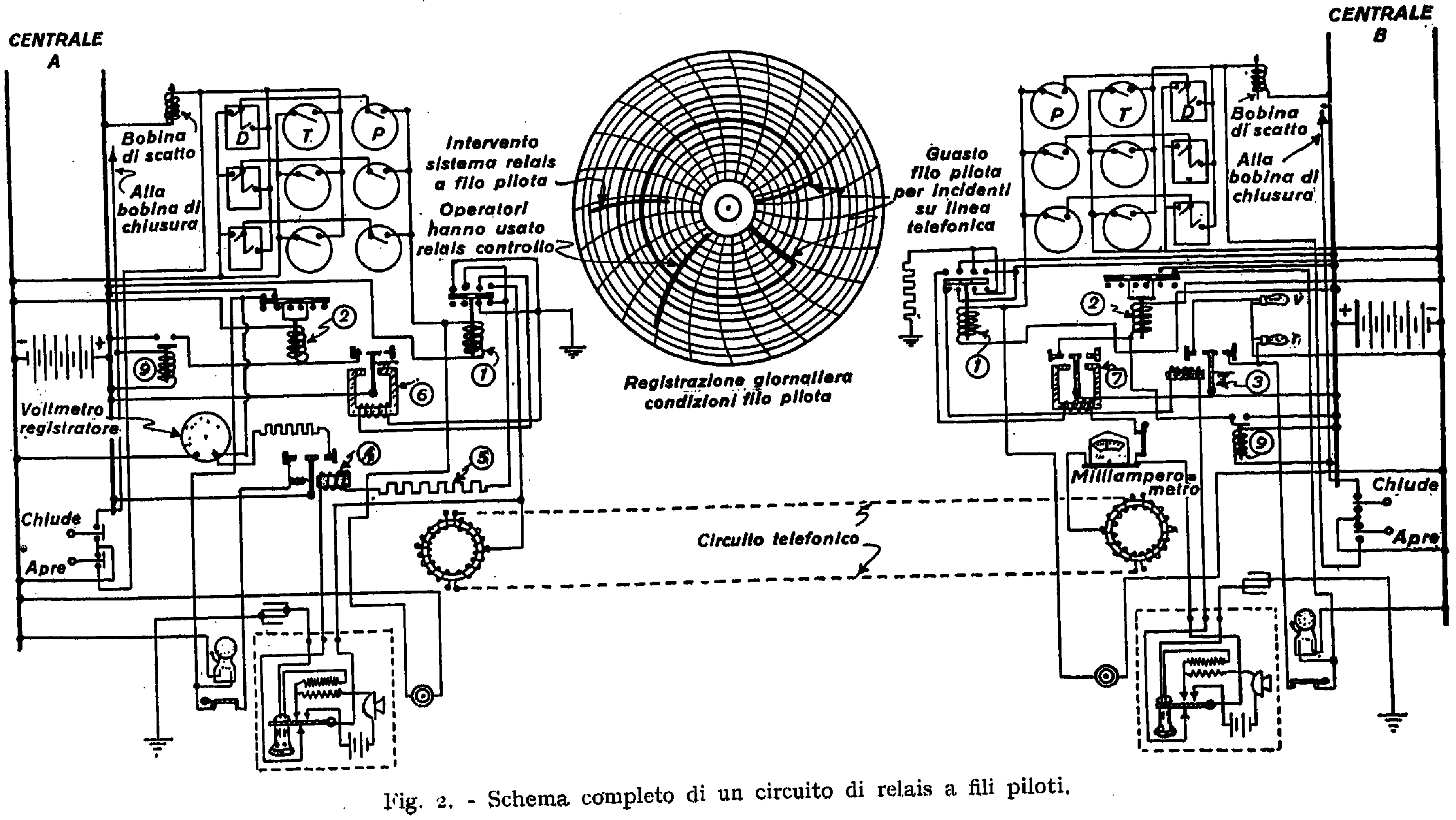



Fig. 2. - Schema completo di un circuito di relais a fili piloti.

i relais $T$, i quali producono lo scatto degli interruttori ad entrambi le estremità del tronco di linea. Sebbene si possa far l'uso di un solo filo pilota con ritorno a terra, è preferibile l'uso di 2 fili piloti.

Altri relais selettivi completano lo schema e servono a prevenire l'eventualità di operazioni errate del sistema, che potrebbero in certi casi verificarsi.

Come è indicato in figura 2 si applica un dispositivo di controllo per effettuare la verifica del circuito pilota. Qualunque operazione del relais di controllo 4 o del relais polarizzato 2 dà luogo ad una indicazione sul voltmetro registratore. Il circuito dei relais di controllo è sempre eccitato fuorchè quando si interrompa il circuito del filo pilota od entri in azione il relais ausiliario 1. Nel caso di un guasto nel filo pilota l'indice del voltmetro registratore cade a zero e produce un allarme acustico.

In figura 2 è anche indicato il circuito telefonico, col quale i 2 operatori alle centrali di testa possono comunicare fra loro.

È anche previsto il dispositivo per immediato distacco di un tronco guasto, qualora l'operatore in una delle centrali richiuda, dopo lo scatto, un interruttore su una linea guasta; a questo provvede il relais 9 che ha la sua bobina in parallelo con quella di chiusura dell'interruttore.

Il sistema descritto è attualmente in uso su circa 300 km di linea a 66 kV. Esso si è dimostrato soddisfacente come rapidità ed esattezza.

Ri.

1) **METODO SEMPLIFICATO PER DETERMINARE LE AMPERSPIRE DI DENTATURA E DI INTERFERRO IN UN MOTORE ASINCRONO TRIFASE**

*E. T. Z.*, N. 44, 29 ottobre 1931. – I. FLETCHER.

L'A. fa un cenno sul metodo di Arnold per la determinazione delle amperspire di dentatura e di interferro nei motori trifasi ad induzione e dimostra che tale determinazione, basata sull'impiego delle curve di magnetizzazione del motore, non è priva di inconvenienti. È possibile semplificare i calcoli facendo alcune ipotesi semplificative, compatibili con un grado di esattezza assolutamente accettabile in pratica.

*Canali rettangolari.*

Indicando con

$$\gamma = \frac{2 \times \text{altezza dei canali}}{\text{diametro del rotore}}$$

$$K = \frac{\text{numero dei canali} \times \text{larghezza dei canali}}{\text{diametro del rotore}}$$

$$B_l = \text{induzione nell'interferro}$$

si ha per lo statore

$$B_{max} = \frac{B_l}{0{,}9} \cdot \frac{1}{1 - \frac{K_s}{\pi}} \qquad \frac{B_{min}}{B_{max}} = \frac{1 - \frac{K_s}{\pi}}{1 - \frac{K_s}{\pi} + \gamma_s}$$

e per il rotore

$$B_{max} = \frac{B_l}{0{,}9} \cdot \frac{1}{1 - \frac{K_s}{\pi} - \gamma_r} \qquad \frac{B_{min}}{B_{max}} = \frac{1 - \frac{K_r}{\pi} - \gamma_r}{1 - \frac{K_r}{\pi}}$$

Si dimostra che, con sufficiente approssimazione, noti il diametro del rotore $D_l$, l'interferro $\delta$, il coefficiente $K$ che tiene calcolo delle fessure dei denti, il valore $K\delta = \delta_i$, per ogni valore del rapporto $D_l/\delta_i$, l'induzione $B_z$ si può esprimere come funzione univoca di $\alpha = \frac{A\,W_{zl_2}}{A\,W_{l_1}}$, dove

$A\,W_{zl_2}$ = amperspire di dentatura e di interferro;
$A\,W_{l_1}$ = amperspire di interferro.

Si può, quindi, tracciare la famiglia di curve rappresentate dalla fig. 1.

Per il calcolo di $A\,W_{zl_2}$ si procede nel modo seguente:

Si ricava dapprima

$$A\,W_{l_1} = 0{,}8\ \delta_i\, B_l$$

e si deducono, dalle formule citate dianzi, i valori dell'induzione massima nello statore e nel rotore. Se i due valori coincidono e sono entrambi eguali a $B_z$, dalle curve della fig. 1 si ricava, per il valore noto di $D_l/\delta_i$, il valore di $\alpha$ corrispondente a $B_z$. Si ricava tosto:

$$A\,W_{zl_2} = \alpha\, A\,W_{l_1}$$

Se i due valori dell'induzione massima nello statore $B_{zs}$ e nel rotore $B_{zr}$ non sono eguali, si ricavano, dalle curve della fig. 1 i valori di $\alpha$ corrispondenti a $B_{zs}$ ed a $B_{zr}$. Se dei due valori $\alpha_g$ ed $\alpha_k$ così dedotti è $\alpha_g > \alpha_k$, si calcola empiricamente

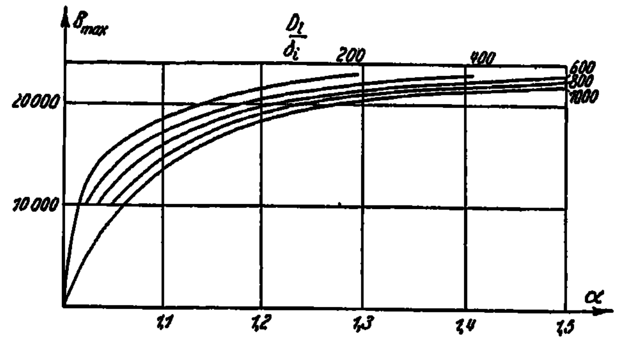



Fig. 1. - Curve $\alpha$ per canali rettangolari.

$$\alpha = 0{,}7\ \alpha_g + 0{,}3\ \alpha_k$$

e quindi

$$A\,W_{zl_2} = \alpha\, A\,W_{l_1}$$

I risultati che questo metodo consente di ottenere differiscono, in generale, dell' 1÷2 % da quelli ottenuti col metodo non semplificato.

L'*esempio numerico* che segue chiarisce il procedimento di calcolo:

$D_l = 250$, $\delta = 0{,}65$, $K = 1{,}25$, $\delta_i = 0{,}81$, $D_l/\delta_i = 309$, $B_l = 7\,500$ $A\,W_{l_1} = 486$

Statore 48 scanalature 9,4.28 $B_{zs} = 19\,600$
Rotore 60 scanalature 5,0.26 $B_{zr} = 20\,300$

$B = 19\,600$, $\frac{D_l}{\delta_i} = 309$, secondo la fig. 1, $\alpha_k = 1{,}15$

$B = 20\,300$, $\frac{D_l}{\delta_i} = 309$, » » » $\alpha_g = 1{,}175$

$$\alpha = 0{,}7 \cdot 1{,}175 + 0{,}3 \cdot 1{,}15 = 1{,}167$$

$$A\,W_{zl_2} = 1{,}167 \cdot 487 = 566$$

Il calcolo diretto darebbe per $A\,W_{zl_2}$ il valore di 569.

*Canali rotondi e trapezoidali.*

Ammesso, dapprima, che i canali rotondi abbiano le stesse dimensioni e siano in egual numero nel rotore e nello statore, sono valide le formule:

$$B_{max} = \frac{B_l}{0{,}9} \cdot \frac{1}{1 - \frac{K}{\pi} + \frac{\gamma}{2}} \qquad \frac{B_{min}}{B_{max}} = \frac{1 - \frac{K}{\pi} + \frac{\gamma}{2}}{1}$$

per lo statore, e

$$B_{max} = \frac{B_l}{0{,}9} \cdot \frac{1}{1 - \frac{K}{\pi} - \frac{\gamma}{2}} \qquad \frac{B_{min}}{B_{max}} = \frac{1 - \frac{K}{\pi} - \frac{\gamma}{2}}{1 - \gamma}$$

per il rotore.

Trascurando il termine $\gamma/2$ nelle formule sopra citate, si dimostra che, a parità di induzione, con buona approssimazione, si può considerare $\alpha = \frac{A\,W_{zl_2}}{A\,W_{l_1}}$ come una funzione univoca del rapporto $d/\delta_i$. Per ogni valore di quest'ultimo rapporto si può, quindi, tracciare la curva che esprime $B_{max}$ in funzione di $\alpha$. La famiglia di curve così ottenute è rappresentata nella fig. 2.

Motori con fori rotondi nel rotore e nello statore non vengono costruiti. Si può, tuttavia, applicare il metodo di calcolo anche nel caso che lo statore abbia canali rettangolari ed il rotore canali rotondi. Per condurre il calcolo in questa ipotesi, noti $B_{zs}$ e $D_l/\delta_i$, si calcola il valore di $\alpha$ impiegando le curve della fig. 1; si calcola poi $\alpha$ in funzione di $B_{zr}$ e di $d/\delta_i$. Applicando la regola di addizione:

$$\alpha = 0{,}7\ \alpha_g + 0{,}3\ \alpha_k$$

si determina il valore definitivo di $\alpha$ che permette il calcolo di $A\,W_{zl_2}$.

Se lo statore ed il rotore hanno canali trapezoidali, i valori dell'induzione massima e del rapporto fra l'induzione minima e la massima sono espressi dalle formule:

$$B_{max} = \frac{B_1}{0{,}9} \cdot \frac{1}{1 - K_1/\pi} \cdot \qquad \frac{B_{min}}{B_{max}} = \frac{1 - K_1/\pi}{1 - K_2/\pi + \gamma_s}$$

($K_1$ è riferito alla larghezza massima del dente, $K_2$ alla larghezza minima).

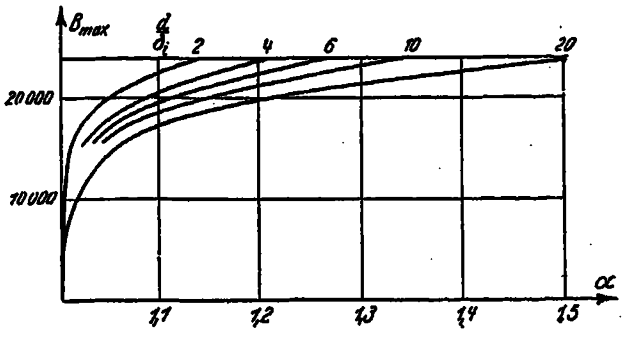



Fig. 2. - Curve $\alpha$ per canali rotondi.

Con qualche ipotesi semplificativa, si può dimostrare che, compatibilmente con una sufficiente esattezza di calcolo, si può ritenere il rapporto $\alpha = \frac{A\,W_{zl_2}}{A\,W_{l_1}}$ come univocamente determinato in funzione del rapporto $\frac{h_m}{A\,W_{l_1}}$ fra l'altezza media delle scanalature dello statore e del rotore e del valore di $A\,W_{l_1}$. Le curve della fig. 3 esprimono, per ogni valore dell'induzione, $\alpha$ in funzione di $\frac{h}{A\,W_{l_1}}$.

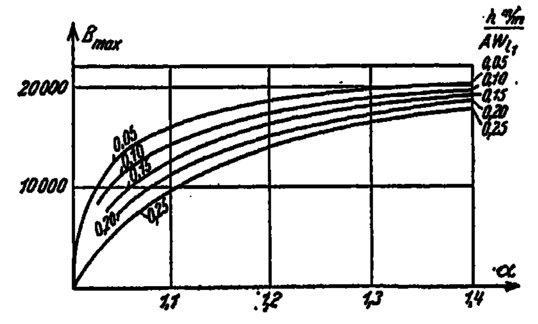



Fig. 3. - Curve $\alpha$ per canali trapezoidali.

Se nello statore e nel rotore il valore dell'induzione rimane costante lungo i denti, pur essendo diverso nello statore e nel rotore, si procede nel calcolo di $\alpha$ e, quindi, di $A\,W_{zl_2}$ applicando la regola di addizione. Variando l'induzione anche lungo i denti del rotore e dello statore, si deducono i valori di $\alpha$ corrispondenti a $B_{max}$ ed a $B_{min}$ nello statore e nel rotore. I due primi valori si compongono con la regola di addizione in modo da formare il valore di $\alpha_s$, valido per lo statore. In modo analogo, gli altri due valori, composti formeranno $\alpha_s$, valido per il rotore. Il valore definitivo di $\alpha$ si otterrà componendo, sempre con la stessa regola, $\alpha_s$ ed $\alpha_r$.

Trattandosi di canali trapezoidali nello statore e rettangolari oppure rotondi nel rotore, $\alpha_s$ si calcola come sopra ed $\alpha_r$ seguendo le norme già indicate dianzi e servendosi delle curve delle figg. 1 e 2. Componendo poi $\alpha_s$ ed $\alpha_r$, si otterrà il valore definitivo di $\alpha$.

Il procedimento di calcolo è illustrato dal seguente *esempio numerico*:

$D = 150,\ \delta = 0{,}45,\ K = 1{,}4,\ \delta_1 = 0{,}63,\ B_1 = 7000,\ A\,W_{l_1} = 353.$

Statore 36 scanalature 7,0/10.5.22 $B_{zr} = 16\,750/15\,700$
Rotore 43 scanalature 6,3 ∅ $B_{zs} = 20\,300$

$$\left.\begin{array}{l} B = 16\,750\ \dfrac{h}{A\,W_{l_1}} = 0{,}0625 \text{ secondo la fig. 3, } \alpha_g = 1{,}13 \\ B = 15\,700\ \dfrac{h}{A\,W_{l_1}} = 0{,}0625 \quad \text{»} \quad \text{»} \quad \text{»} \quad \alpha_k = 1{,}105 \end{array}\right\}\ \alpha_s = 1{,}22$$

$$B = 20\,300\ \frac{d}{\delta_1} = 10 \text{ secondo la fig. 2, } \alpha_r = 1{,}162$$

$$\alpha = 0{,}7\ .\ 1{,}162 + 0{,}3\ .\ 1{,}122 = 1{,}149$$

$$A\,W_{zl_2} = \alpha\,A\,W_{l_1} = 1{,}149 . 353 = 405.$$

Il calcolo diretto dà $A\,W_{zl_2} = 404$, ossia un valore assai prossimo a quello ottenuto col metodo semplificato. In ogni caso, il grado di approssimazione del nuovo metodo è più che sufficiente per le esigenze del calcolo dei motori considerati.

d. m.

---

## LA PROTEZIONE CON LA MESSA A TERRA ED IL COLLEGAMENTO AL NEUTRO NEGLI IMPIANTI A BASSA TENSIONE

*Elektrotechnik und Maschinenbau*, N. 35, 30 agosto 1931. – S. Press.

L'A., servendosi di formule e calcoli elementari, esamina la portata dei due metodi di protezione negli impianti a bassa tensione realizzati mediante il collegamento a terra oppure al conduttore neutro delle parti che normalmente non sono sotto tensione, ma che possono andare soggette a ricevere tensioni per cause accidentali. Il comportamento e l'efficacia dei due sistemi dipende dalle caratteristiche della rete di alimentazione ed, in modo particolare, dalle condizioni d'isolamento del neutro della stessa. L'influenza di queste è messa in evidenza dalle considerazioni seguenti.

*Messa a terra.* – Trattandosi di una rete a due conduttori — monofase oppure a corrente continua (fig. 1) — un contatto accidentale con una parte $A$ collegata a terra attraverso la resistenza $R_a$ dà luogo ad una tensione di contatto che si può esprimere in funzione di $R_a$, della resistenza di isolamento $r$ del secondo conduttore e della tensione d'esercizio $E$ con la formula:

$$E' = E\ \frac{R_a}{R_a + r}$$

dalla quale si può dedurre

$$R_a = \frac{E'\,r}{E - E'}.$$

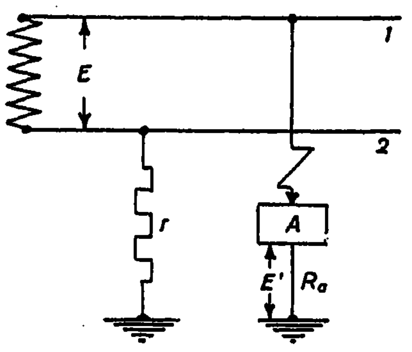



Fig. 1.

Ammesso per la resistenza d'isolamento il valore medio $r = 1000\ \Omega$, e tenuto calcolo che la tensione di contatto di 40 V è ritenuta ancora normalmente come innocua, per una rete a 220 V, si ricava facilmente

$$R_a = \frac{40 \times 1000}{220 - 40} = 222\ \Omega$$

Si deduce, pertanto, che la protezione si può realizzare con tutta sicurezza anche mediante valori notevoli della resistenza di messa a terra, ossia con mezzi semplici e poco costosi. Per valori minori della resistenza di messa a terra, la tensione accidentale assume, naturalmente, valori inferiori a 40 V.

In un impianto trifase con neutro isolato, un contatto accidentale con la fase 1 dà luogo ad una tensione di contatto che si può esprimere con la formula:

$$E' = E\ \frac{R_a \sqrt{r_2^2 + r_2 r_3 + r_3^2}}{R_a\,r_2 + R_a\,r_3 + r_2\,r_3}$$

Nell'ipotesi che le due fasi sane abbiano la stessa resistenza di isolamento $r_2 = r_3 = r$, si ottiene facilmente:

$$E' = \frac{E\,R_a \sqrt{3}}{2\,R_a + r}$$

da cui

$$R_a = \frac{E'\,r}{E\sqrt{3} - 2\,E'}$$

Per $E = 220$ V, $E' = 40$ V, $r = 1000\ \Omega$ si ricava $R_a = 133\ \Omega$.

Si può, quindi, concludere che, anche nel caso di una rete trifase con neutro isolato, la protezione con messa a terra può essere ottenuta con mezzi semplici e poco onerosi. In pratica, la resistenza d'isolamento è superiore ai valori citati dianzi e la resistenza di messa a terra è inferiore ai valori ricavati; ne consegue che le tensioni accidentali si riducono spesso a pochi V e non sono affatto temibili.

Meno favorevolmente si presenta la possibilità di protezione mediante la messa a terra, nelle reti con neutro messo a terra. Un contatto accidentale con la fase 1 del sistema trifase rappresentato nella fig. 2, avente il neutro messo a terra attraverso la resistenza $R_0$, dà luogo ad una corrente di corto circuito $I_k$ espressa da:

$$I_k = \frac{E_0}{R_0 + R_a}$$

ad una tensione accidentale:

$$E' = I_k R_a = E_0 \frac{R_a}{R_0 + R_a}$$

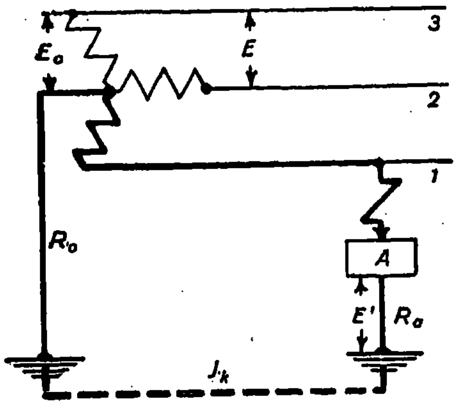



Fig. 2.

Affinchè la protezione sia efficace dovranno essere soddisfatte due condizioni: la prima impone che la corrente di cortocircuito raggiunga una intensità tale da provocare una pronta fusione dei fusibili delle valvole; la seconda impone la limitazione della tensione di contatto. Si ritengono come valori limiti:

$I_k = 2{,}5\ I$ ($I$ = corrente nominale), $E' = 40$ V.

Poichè in funzione della potenza $P$ (kVA) dell'apparecchio utilizzatore, si ha $I = \dfrac{1000\,P}{E\sqrt{3}}$, $I_k = \dfrac{2500\,P}{E\sqrt{3}}$; le formule precedenti permettono di determinare in modo univoco:

$$R_a = \frac{E'}{I_k} = \frac{E\,E'\sqrt{3}}{2500\,P}$$

$$R_0 = \frac{E_0 - E'}{I_k} = \frac{(E - E'\sqrt{3})\,E}{2500\,P}$$

Per $E/E_0 = 380/220$ V, $E' = 40$ V, $P = 10$ kVA si ricava:

$R_a = 1{,}06\ \Omega$ $\qquad R_0 = 4{,}7\ \Omega$

I valori richiesti delle resistenze di messa a terra sono assai limitati; i mezzi per ottenere, quindi, una protezione sicura ed efficace sono vincolati da difficoltà di ordine tecnico ed economico. Le difficoltà sono ancora più gravi se si tiene conto della limitazione della resistenza di messa a terra del neutro, imposta dalla nececcità di evitare sovratensioni pericolose. Si ritiene che per impianti con tensioni di esercizio inferiore a 1000 V non sia opportuna una resistenza di messa a terra del neutro superiore a 2 Ω. In queste condizioni, la relazione che vincola $R_a$ ad $R_0$, deducibile dalle formule precedenti

$$R_a = R_0 \frac{E'\sqrt{3}}{E - E'\sqrt{3}}$$

dimostra che $R_a$ non deve superare il valore di 0,45 Ω. Anche ammettendo tensioni di contatto più elevate di 40 Ω, la protezione con messa a terra, nelle reti aventi il neutro isolato, è assai difficile a realizzare.

*Collegamento al neutro.* – Al verificarsi di un contatto accidentale in un apparecchio $A$ collegato al neutro di un sistema trifase (fig. 3), il cortocircuito che ne consegue dà luogo ad una corrente di cortocircuito $I_k$, espressa in funzione della tensione di fase $E_0$, della resistenza $r'_0$ del conduttore della fase interessata a partire dalla macchina fino al punto di contatto e della resistenza $r'_0$ del filo neutro fino al punto stesso, dalla relazione:

$$I_k = \frac{E_0}{r' + r'_0}$$

Anche in questo caso, la protezione corrisponde allo scopo quando sono soddisfatte le due condizioni: corrente di cortocircuito non inferiore a 2,5 volte la corrente nominale e tensione

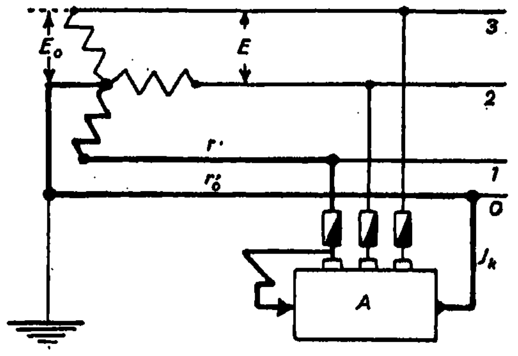



Fig. 3.

di contatto non maggiore di 40 V. Quest'ultima condizione è particolarmente importante giacchè essa interessa pure tutti gli altri utilizzatori con le parti normalmente isolate dalla rete collegate al neutro.

Come corrente massima ammessa per il neutro si assume quella nominale $I$ di taratura delle valvole. La tensione di contatto diventa quindi:

$$E'_n = I\,r'_0$$

indicando con

$$a = \frac{r'}{r'_0}$$

il rapporto fra la sezione del neutro e quella del conduttore interessato dal cortocircuito, la corrente di cortocircuito $I_k$ si può esprimere con la formula:

$$I_k = \frac{E_0\,I}{E'_n\,(a + 1)}$$

Posto $b = \dfrac{I_k}{I}$, $E'_n = 40$ V si deduce:

$$b = \frac{E_0}{40\,(a + 1)}$$

La caduta di tensione percentuale $p$ nel circuito di servizio, riferita alla corrente nominale $I$, può essere calcolata, per un utilizzatore trifase, con la relazione:

$$p = \frac{100\,I\,r'}{E_0} = \frac{100\,E'_n\,a}{E_0}$$

e per $E'_n = 40$ V

$$p = \frac{4000\,a}{E_0}$$

Le espressioni ricavate dianzi per $b$ e $p$ danno il modo facile di esaminare se praticamente le condizioni di sicurezza accennate sono soddisfatte.

Per una rete a tensione 380/220 V, fissato $E'_n = 40$ V, si ricavano $b$ e $p$ in funzione di $a$. Le curve della fig. 4 dimostrano

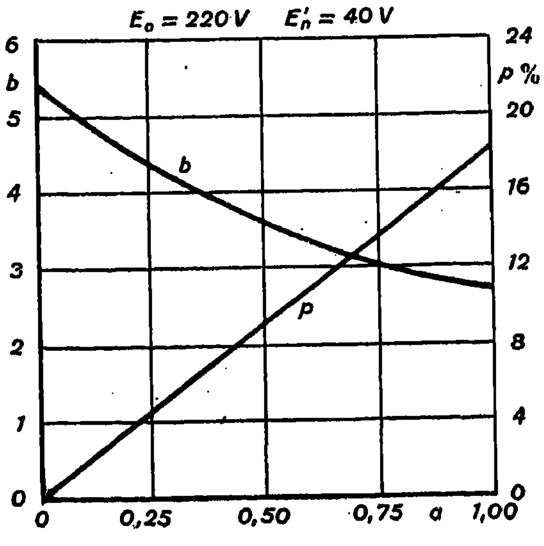



Fig. 4.

che $b$ è sempre maggiore di 2,5 e che, per i valori pratici di $a$ variabili da 0,25 a 0,75, la caduta percentuale di tensione supera i valori normali ammessi 3÷5 %. Questo ultimo risultato

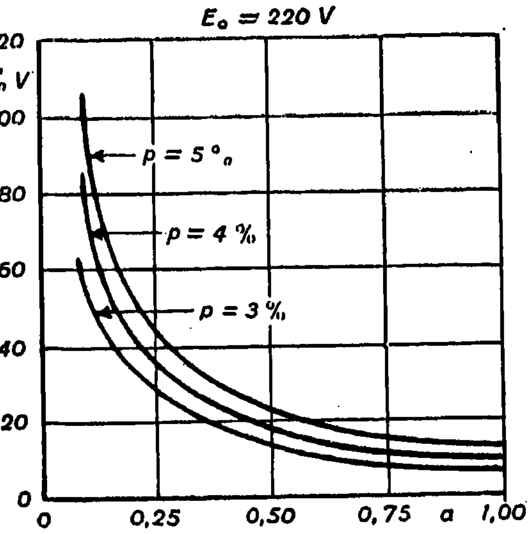



Fig. 5.

dimostra che le sezioni dei conduttori imposte da ragioni di sicurezza sono ancora sensibilmente inferiori a quelle imposte da altre necessità tecniche ed economiche. La fig. 5 rappresenta le curve che esprimono $E'_n$ in funzione di $a$, nell'ipotesi di $p = 3 \div 5$ %; la fig. 6 dà il modo di dedurre $b$ in funzione di $a$,

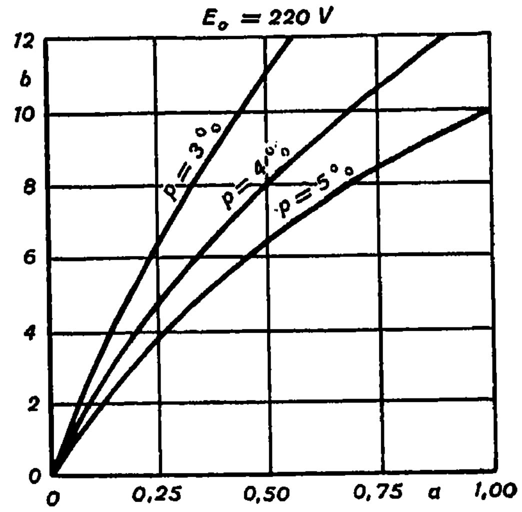



Fig. 6.

Da esse è confermato che praticamente, essendo $a = 0{,}25 \div 0{,}75$, le condizioni $E'_n \leq 40$ V e $b \geq 2{,}5$ sono soddisfatte.

I risultati ottenuti dianzi si possono, pertanto, così riassumere:

1° Nelle reti a bassa tensione con neutro isolato, la messa a terra degli oggetti che possono ricevere tensione di contatto si presenta come un mezzo di protezione pratico, sicuro ed economico.

2° Negli impianti con neutro messo a terra, la protezione indicata in 1° non è facilmente ed economicamente realizzabile.

3° Il collegamento al neutro costituisce, in generale, un sistema di protezione conveniente e sicuro.

d. m.

---

## n) NORME INDISPENSABILI DA SEGUIRE NEI CASI DI MORTE APPARENTE DOVUTI ALLA CORRENTE ELETTRICA O AD ALTRE CAUSE.

*Electrical World*, 16 gennaio 1932. – SAMUEL R. BENEDICT.

Assai frequentemente, medici e profani si sono posti il quesito se i battiti cardiaci si mantengono o no allorchè una persona venga colpita dalla scarica elettrica, da asfissia per annegamento ecc. La risposta è affermativa per i casi di morte fisiologica, negativa per i casi di morte patologica. Come ognun sa, la morte fisiologica è quella che segue al cosidetto infortunio, quale potrebbe essere una scarica elettrica, l'annegamento, l'investimento, il trauma ecc.; la morte patologica, invece, è generalmente conseguenza di malattie, quali la tubercolosi, la pneumonia, il cancro o altre cause di tal natura.

In una nota del Dr. Hoesslin, pubblicata dalla « Neueste Nachrichten » di Lipsia, è detto che, mediante l'uso dell'elettrocardiografo, si è rilevato che le contrazioni del cuore si mantengono per circa 30 minuti dopo la morte fisiologica. L'elettrocardiografo dimostra altresì che queste contrazioni diventano più energiche immediatamente dopo la morte fisiologica e vanno man mano affievolendosi finchè il cuore cessa completamente di funzionare.

Del resto basta ragionare un momento per convincersi che un muscolo cardiaco, il quale ha seguitato a funzionare per anni e anni, con un ritmo di 60, 70, 80 battiti al minuto primo, deve continuare a contrarsi anche ad avvenuta manifestazione di tutti i sintomi della cosidetta morte apparente, quali la perdita di coscienza, la temporanea cessazione del respiro ecc.

In moltissimi casi di uccisione apparente dovuti a trauma, ferite, investimenti automobilistici e così via, si è potuto richiamare in vita il paziente mediante appropriati metodi di respirazione artificiale. E se migliaia di persone sono morte, ciò è dovuto al mancato intervento subito dopo l'infortunio per praticare la respirazione artificiale. Si ritiene perciò opportuna norma creare una coscienza anche nel pubblico, mediante periodici o manifesti concernenti la questione dei soccorsi da apportare alla diuturna schiera degli infortunati.

È da notare altresì che, mentre i comuni metodi di ascoltazione si sono rivelati inefficaci a percepire i battiti cardiaci durante il periodo della morte fisiologica, l'elettrocardiografo, invece, ha dato risultati prodigiosi e superiori ad ogni aspettativa, permettendo la registrazione grafica delle tremulazioni fibrillari del cuore. Queste riprendono il loro ritmo normale in virtù della praticata respirazione artificiale che, protratta per delle ore ove occorra, permette il ripristino del flusso sanguigno alle diverse parti dell'organismo e al cervello in ispecie, ottenendo così il ritorno della vita e della coscienza.

Se una propaganda razionale e disinteressata fosse fatta, non soltanto presso i lavoratori delle aziende elettriche ma altresì presso il pubblico in genere, il metodo della respirazione artificiale, applicato con giusto criterio, farebbe aumentare giorno per giorno il numero dei rianimati; e non v'ha nulla di più rimunerevole del sorriso di riconoscenza di una creatura che, per opera nostra, è ritornata alla vita e alla salute.

P. P.

---

# Sommarî

## UN NUOVO OSCILLOGRAFO PORTATILE

Nella *Revue Générale de l'Electr.* del 24 ottobre 1931 viene descritto dal Sig. J. Varsillière Arlhac un nuovo oscillografo dovuto ad Andrea Blondel, che presenta rispetto agli altri tipi il vantaggio di contenere tutti i necessari organi di regolazione e di rendere possibile la registrazione degli oscillogrammi per mezzo di una lampada speciale a filamento rettilineo e di una calamita permanente, che costituisce l'induttore comune di 3 equipaggi mobili. Esso inoltre permette di esaminare le curve direttamente durante la loro registrazione.

L'organo sensibile è costituito da un galvanometro triplo. In certi casi il galvanometro triplo può essere sostituito da un altro a 6 equipaggi, che si monta all'esterno della cassetta dell'apparecchio.

Lo specchio del sincronoscopio è mantenuto in oscillazione; questo dispositivo permette di ottenere curve molto più nitide e stabili che non facendo uso di specchi poligonali rotanti.

Sono state fatte già parecchie interessanti applicazioni di questo nuovo tipo di oscillografo. Fra esse vengono dall'A. ricordate quelle relative al funzionamento di motori a gas a 4 tempi e a 92 giri al minuto; altre relative ai suoni musicali ed al valore delle armoniche; sui motori elettrici a doppia gabbia di scoiattolo ecc. Applicazioni interessanti sono anche quelle relative a prove di balistica; le misure possono essere effettuate anche alla distanza di molti chilometri, collegando il luogo dell'esperienza all'apparecchio mediante una semplice linea telefonica. Coll'uso dell'oscillografo descritto si è anche costruito un apparecchio per la verifica rapida delle sbarre o dei tubi di acciaio per rivelarne i difetti interni per mezzo di opportune bobine di esplorazione. Nell'articolo originale sono anche riportati alcuni oscillogrammi relativi alla ricerca e alla localizzazione dei guasti sui cavi. Adattando degli amplificatori a valvole ioniche l'oscillografo di Blondel ha trovato impiego utile con gli elettrocardiografi per usi medici.

Un'applicazione speciale è quella per la sorveglianza delle linee elettriche. A tale scopo si fa uso di un oscillografo semplificato senza il dispositivo a visione diretta. Appena si verifica un incidente in linea, un sistema di relais provvede ad azionare immediatamente l'otturatore e ad eliminare una resistenza in serie con la lampada, quest'ultima, portata bruscamente ad una tensione elevata, dà luce brillante e permette la registrazione sulla carta fotografica. Eseguita la registrazione, cioè dopo

un tempo fisso di 5 secondi dall'avviamento, un relais a tempo costante chiude l'otturatore e inserisce nuovamente la resistenza nel circuito della lampada. Un dispositivo speciale dà una segnalazione ottica ed acustica che l'apparecchio ha funzionato.

Ri.

# Pubblicazioni

*DI TUTTE LE PUBBLICAZIONI INVIATE ALLA RIVISTA IN DOPPIO ESEMPLARE VERRÀ FATTO UN CENNO BIBLIOGRAFICO.*

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI: *Il Servizio Idrografico.* Roma, 1931. (Pubblicazione presentata al XV° Congresso internazionale di Navigazione).

La nostra Rivista ha già avuto occasione di occuparsi più volte delle pregevolissime pubblicazioni del Servizio idrografico nazionale, la cui attività è degna della massima considerazione, sia per l'entità che per l'utilità pratica delle numerose indagini eseguite in poco più di un decennio. Ed è col più vivo compiacimento che segnaliamo ai nostri lettori, e specialmente a coloro che si occupano di questioni idrologiche, anche questa nuova pubblicazione, particolarmente ricca di relazioni e di studi inerenti ai campi più diversi dell'idrologia e delle sue applicazioni.

L'opera consta essenzialmente di due parti. Nella prima di esse, compiti ed attività del Servizio sono brillantemente esposti in un'ampia relazione del prof. Giulio De Marchi al quale sono dovute le principali direttive poste a base del poderoso lavoro sinora compiuto; direttive rigorosamente scientifiche, ma inspirate sempre alla visione pratica dei vari problemi.

Con rammarico abbiamo appreso che il prof. De Marchi ha lasciato da pochi mesi il posto che egli occupava da dodici anni di capo del Servizio centrale; riteniamo però che il volume ora pubblicato costituisca un efficace documento dell'opera da lui svolta nell'interesse del Paese.

La seconda parte, costituita da un complesso di note originali dovute a collaboratori e funzionari del Servizio, fornisce un'idea, sia dei metodi adottati negli studi intorno ai vari problemi idrografici o idrologici, sia delle varie possibilità di utilizzazione che già consente il materiale d'osservazione sinora raccolto, e sia, infine, dei risultati delle indagini statistiche condotte. Riservandoci di illustrare meglio le singole memorie che presentano il maggiore interesse per i nostri lettori, facendole oggetto di apposite note di rassegna, riportiamo l'elenco degli studi compresi nella II parte dell'opera:

1. La terminologia del Servizio idrografico italiano (Prof. Ing. G. De Marchi).
2. La temperatura media mensile in Italia (Prof. Dott. F. Eredia).
3. Tipi pluviometrici dominanti sulle regioni italiane (Ing. A Bandini).
4. Caratteri pluviometrici delle regioni italiane durante il periodo estivo (Prof. Ing. G. Di Ricco e Ing. A. Melli).
5. Sulle precipitazioni più elevate con durata di uno o più giorni consecutivi nel bacino del Tevere (Prof. Ing. Pietro Frosini).
6. Caratteri idrologici dei bacini italiani (Prof. Ing. G. De Marchi e Ing. A. Bandini). V. anche *L'E. E.*, 1931.
7. Studio idraulico del bacino del Tevere (Prof. Ing. P. Frosini).
8. Piene di alcuni corsi d'acqua della Sardegna (Ing. R. Sirchia).
9. Previsioni delle magre invernali del Po e dei corsi d'acqua glaciali (Prof. Ing. M. Giandotti).
10. La formazione dei ghiacci nel Po nell'inverno 1929 (Prof. Ing. M. Giandotti).
11. Il dominio glaciale nella Valle d'Aosta e la sua influenza sul regime dei feflussi (Ing. L. Gherardelli). V. anche *L'E. E.*, 1931.
12. Sul regime delle acque freatiche nella pianura emiliana, fra Trebbia e Panaro (Ing. M. Visentini).
13. Le sorgenti della Sicilia (Ing. E. Raffa).
14. Sugli spostamenti del letto del Po (Prof. Ing. M. Giandotti).
15. Contributo allo studio del trascinamento dei materiali d'alveo dei torrenti (Prof. Ing. M. Giandotti).
16. Studi sul delta padano (Ing. R. Vezzani).
17. La Laguna di Venezia (Ing. A. Pallucchini).
18. I laghi artificiali in Italia (Ing. A. Rampazzi). V. anche *L'E. E.*, 1930.
19. Sulle irrigazioni nel bacino del Po (Ing. M. Visentini).
20. Sviluppo delle utilizzazioni idrauliche in Italia nel quinquennio 1925-1929 (Prof. Ing. G. De Marchi).
21. La produzione d'energia elettrica in Italia nel decennio 1920-1929( Ing. A. Melli).
22. Direttive e finalità della statistica delle risorse idrauliche per forza motrice (Prof. Ing. G. De Marchi).

A. T.

***

DOTT. PROF. ING. ADOLF LUDIN: *Bedarf und Dargebot.* Ed. J. Springer. Berlino, 1932. (Prezzo: R. M. 6.).

In questa interessante ed utile pubblicazione, il Prof. Ludin — senza avere la pretesa di portare alla luce metodi sostanzialmente nuovi — coordina ed espone i più moderni metodi di elaborazione (per via grafica) dei dati statistici che vengono generalmente posti a base degli studi economici inerenti agli impianti di produzione di energia.

Più precisamente, i metodi grafici che l'A. espone riguardano l'analisi delle disponibilità e delle richieste di energia; ma essi hanno anche una portata più generale e si prestano a diverse applicazioni di carattere statistico, che l'A. accenna brevemente in appendice al testo.

Questo comprende otto capitoli, i primi sei dei quali riguardano metodi grafici riferiti a rappresentazioni piane a due assi coordinati, mentre gli ultimi due fanno riferimento a sistemi di rappresentazione a tre assi coordinati o su piani quotati.

Nel 1° capitolo l'A. tratta brevemente delle caratteristiche fondamentali e dei sistemi di rappresentazione (piana) più appropriati dei diagrammi giornalieri di carico. Nel 2° capitolo definisce invece alcune curve ausiliarie che possono derivarsi dai predetti diagrammi (o da altri diagrammi analoghi, come ad es. quelli di portata di un corso d'acqua) e precisamente: le curve di *durata*, le curve *integrali* rispetto al tempo (o dei deflussi nel caso particolare precitato) e le curve che si deducono da quelle di durata mediante integrazione delle medesime rispetto all'asse delle ordinate (potenze o portate). Queste ultime curve, che l'A. distingue col nome di «*Energieinhaltslinien*» coincidono in sostanza con le cosidette *curve caratteristiche* alle quali si suol fare riferimento dagli autori italiani e dal Servizio idrografico nazionale in particolare, nello studio delle risorse idrauliche utilizzabili per produzione dienergia. Tali curve sono presentate, dal Ludin, in modo alquanto diverso, ma non forse più chiaro, di quello che si usa in Italia. All'analisi delle proprietà geometriche di queste stesse curve è dedicato il 3° capitolo; mentre il 4° capitolo si occupa della loro applicazione e di quella delle curve integrali (di deflusso o di energia) alla risoluzione di alcuni problemi fondamentali inerenti ai serbatoi (giornalieri, settimanali e stagionali). Il capitolo 5° ha per oggetto alcuni problemi inerenti alla ripartizione dei carichi fra due o più impianti appartenenti ad un unico sistema ed il 6° capitolo, brevissimo, stabilisce il collegamento fra la prima parte della trattazione, basata come si è detto su rappresentazioni a due dimensioni, e la seconda parte, basata invece sulle rappresentazioni a tre dimensioni. Il capitolo 7° tratta brevemente delle rappresentazioni note comunemente sotto i nomi di «*Belastungsgebirge*» (*montagne di carico*) e «*Belastungspläne*» (*piani quotati del carico*) nonchè di alcune rappresentazioni ausisiliarie (su piani quotati) derivate dalle precedenti e facenti riscontro rispettivamente alle curve di durata, alle curve caratteristiche e a quelle integrali.

L'ultimo capitolo, infine, è dedicato alle applicazioni pratiche delle rappresentazioni suddette allo studio dell'andamento delle disponibilità e delle richieste di energia nel caso di un periodo stagionale od annuale.

A chiarimento di alcune delle principali e più complesse elaborazioni sono riportati nel testo anche degli esempi pratici d'applicazione.

Il libro, per quanto breve, tratta in modo abbastanza completo argomenti che presentano un alto interesse pratico, sia per i progettisti di impianti di produzione, che per i tecnici preposti al controllo e alla direzione dell'esercizio di impianti esistenti. E a questi è vivamente raccomandabile per ogni riguardo.

A. T.

***

RAG. GIUSEPPE GRILLI: *Come si applicano le imposte e le tasse in Italia.* III Edizione Società Editrice «La Stampa Commerciale». Milano 1931. L. 25.

Questo libro di Giuseppe Grilli, Direttore della Rivista di Finanza Moderna, ha incontrato già colle precedenti edizioni, moltissimo favore nel pubblico per la ricchezza e chiarezza delle

notizie in esso pubblicate e che lo rendono un vero e proprio manuale pel contribuente alla portata di tutti.

L'A. infatti dopo aver rapidamente accennato ai principi generali di tecnica tributaria, esamina il sistema tributario dello Stato e degli Enti locali, ne illustra le norme e penalità in materia di violazione delle leggi finanziarie, espone dati sulla pressione fiscale in Italia e chiude il suo libro con un'utilissima appendice: lo scadenzario pel contribuente.

La terza edizione di quest'opera, pubblicata nello scorso novembre, accuratamente riveduta e aggiornata in seguito alle recenti, molteplici innovazioni introdotte nella legislazione tributaria, contiene pure le norme sulla Riforma della Finanza Locale.

## Libri ricevuti

Ministero dei LL. PP.: *I grandi Porti marittimi d'Italia.* Roma, 1931-IX. Pubblicazione speciale presentata al XV Congresso Internazionale di Venezia (settembre 1931).

Ministero dei LL. PP.: *La Navigazione interna nell'Alta Italia.* Roma, 1931-IX. (c. s.

Consorzio Autonomo del Porto di Genova: *Il Porto di Genova.* 1931-IX. (c. s.).

Ing. Prof. Giuseppe Sartori: *Il nuovo impianto di illuminazione elettrica nelle RR. Grotte Demaniali di Postumia.* Milano 1931.

## Notiziario

a)

### SALVEZZA DELLA VITA UMANA IN MARE E VANTAGGIOSA UTILIZZAZIONE DEI COMBUSTIBILI NELLE MACCHINE MARINE

La Confederazione Nazionale Fascista della Gente del Mare e dell'Aria, due anni or sono metteva a disposizione del Comitato Nazionale per l'Ingegneria del Consiglio Nazionale delle Ricerche, la somma di L. 100 000 per l'esecuzione di nuovi studi in merito ai due problemi della maggiore tutela della vita umana in navigazione, e della più vantaggiosa utilizzazione dei combustibili (specialmente nazionali) nelle macchine marine.

Il Comitato per l'Ingegneria nel marzo 1930, bandiva subito sui temi citati due concorsi a premio aperti a tutti gli italiani che per gli studi compiuti o per la professione esercitata dessero garanzia di poter seriamente affrontare gli studi in questione.

Chiusi i concorsi il 31 marzo 1931, nel dicembre scorso vennero presentate, al Comitato per l'Ingegneria del Consiglio Nazionale delle Ricerche le relazioni delle Commissioni esaminatrici, presiedute entrambe da S. E. Giuseppe Vian, Generale Ispettore del Genio Navale, Presidente della Sezione per le Costruzioni Navali del Comitato per l'Ingegneria.

La Commissione per il primo Concorso era costituita dai seguenti membri:

*Ing. Filippo Bonfiglietti*, T. Generale del Genio Navale; *Giulio Ingianni*, T. Generale di Porto Ispettore; *Ing. Domenico Barricelli*, Direttore del Registro Italiano navale ed aeronautico; *Comm. Aldo Poletto*, Delegato della Confederazione Nazionale Fascista della Gente del Mare e dell'Aria; *Prof. Ing. Leonardo Fea*, Ord. di Costruzioni navali mercantili nella R. Scuola d'Ingegneria di Napoli; *Ing. Francesco Rotundi*, Colonnello del Genio Navale.

La Commissione per il secondo concorso aveva costituzione analoga, salvo che al posto del membro Ingianni, erano i due seguenti:

*Prof. Ing. Anastasio Anastasi*, Ord. di Macchine nella R. Scuola d'Ingegneria di Roma; *Ing. Nicolò Gavotti*, Delegato dell'Associazione Nazionale per il controllo della combustione.

Riportiamo qui di seguito il giudizio riassuntivo emesso dalle Commissioni esaminatrici a conclusione delle relazioni dettagliate che considerano i singoli lavori:

1) Al Concorso per « la salvezza della vita umana in mare » hanno partecipato 31 concorrenti.

Un solo lavoro ha risposto ai requisiti richiesti dal Bando di Concorso per l'assegnazione di un premio: quello del Sig. Ten. di Vascello Giorgio Cicogna di Torino, al quale è stato conferito uno dei secondi premi di L. 5000, a titolo di incoraggiamento per lo sviluppo degli studi della segnalazione subacquea della rotta, intesa ad evitare, nei limiti del possibile, i gravissimi pericoli derivanti dalla navigazione con nebbia, pericoli che non sono sufficientemente prevenuti con i dispositivi attualmente in uso.

Altri lavori presentati sono stati meritevoli di elogio (quelli di De Lutiis, Sacerdoti, Ghirardi, Suppan, Belloni).

2) Al Concorso « per la più vantaggiosa utilizzazione dei combustibili nelle macchine marine » hanno partecipato 15 concorrenti.

Nessuno dei lavori presentati ha risposto ai requisiti richiesti dal Bando di Concorso per l'assegnazione di un premio, ma a titolo di incoraggiamento è stata assegnata una somma di Lire 2000 al Sig. Colonnello del Genio Navale Amleto Bosi di Livorno, per il suo lavoro riguardante un « Dispositivo per la condensazione del vapore d'acqua negli apparati motori morini ».

### RIAPERTURA DI CORSI VARI ALL'ISTITUTO RADIOTECNICO DI MILANO (b

Col 1º marzo, alle ore 20,30 si riapriranno presso il R. Istituto Tecnico C. Cattaneo:

1) gli insegnamenti, sperimentali, tenuti al mattino della domenica e la sera dei giorni feriali, della *Sezione professionale* dell'Istituto Radiotecnico, che tende alla creazione di Ufficiali radiotelegrafisti, di montatori radiotecnici, di capitecnici, di aiuto ingegneri radiotecnici, di tecnici per films sonori e per radiotrasmissioni delle immagini;

2) i corsi della Scuola di Alfabeto Morse per coloro che intendono conseguire il brevetto di Ufficiale radiotelegrafista internazionale, sia per marina mercantile e militare, sia per Aviazione civile;

3) corsi preparatori e corsi di elettrotecnica e di telefonia consigliabili agli elettrotecnici ed ai radiotecnici, nonchè a tutti i dipendenti delle aziende telefoniche pubbliche e private.

Mutilati, orfani di guerra, impiegati e figli di impiegati statali, provinciali e comunali, come pure i soci dell'O. N. D. e appartenenti a famiglia numerosa godono facilitazioni per le tasse.

Richiedere programmi e modulo di iscrizione in Via Cappuccio 2.

### IL CONSUMO DI ENERGIA ELETTRICA NELLE VARIE CITTÀ (c

L'*Electrical World* riporta alcune cifre riflettenti la diffusione dell'energia elettrica in alcune città europee ed americane. Per quanto riguarda la percentuale delle abitazioni allacciate sul numero delle abitazioni totali esistenti vengono dati i seguenti valori in %:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Basilea | 100 | Copenaghen | 89,8 | Budapest | 56,6 |
| L'Aia | 100 | Stoccolma | 88,8 | Berlino ~ | 50 |
| Zurigo | 99,3 | Stuttgart | 82,4 | Chicago | 96,3 |
| Amsterdam | 96 | Parigi | 63,8 | | |

Il consumo annuo unitario di energia elettrica per abitante, sia per uso domestico che commerciale ed industriale, costituisce un buon indice, tanto del grado di diffusione dell'energia elettrica che di quello di industrializzazione della zona; a questo proposito vengono riferiti i seguenti:

| | Consumo in kWh/abitante-anno | | Consumo in kWh/abitante-anno |
|---|---|---|---|
| Basilea | 640 | Amburgo | 209 |
| Zurigo | 604 | Copenaghen | 195 |
| Stoccolma | 295 | Londra | 151 |
| Parigi | 279 | Budapest | 135 |
| Stuttgart | 258 | Chicago | 1088 |
| Berlino | 252 | Filadelfia | 914 |
| Amsterdam | 236 | Detroit | 884 |
| Vienna | 210 | New York | 667 |
| L'Aja | 209 | | |

### NUOVO RIFLETTORE A SUSSIDIO DELL'AVIAZIONE NELLE MANOVRE AEREE (d

Un nuovo riflettore, a luce molto intensa, è stato provato recentemente dal Capitano Eaton, comandante del campo Rodger che è nei pressi di Pittsburgh (Pennsylvania, S.U.A.). È il più piccolo tra gli apparecchi del genere, perchè pesa circa 23 kg ed ha un diametro di circa cm 46, ma è il più potente per l'intensità di luce che può dare: può emettere un fascio di raggi visibile da più di 80 km di distanza e può concentrare un fascio di raggi di forte intensità che permette la lettura di un giornale ad una distanza di 8 km. La luce è data da una lampada da 250 W, che può essere alimentata da una ordinaria batteria di accumulatori; il peso e l'ingombro del riflettore e della batteria sono tali da rendere possibile la loro installazione in aeroplani; questi si arricchiscono di un utile apparecchio che allarga il campo di osservazione aerea nel periodo notturno.

Per rilevare e dimostrare quello che è possibile ottenere col nuovo riflettore nei servizi aerei, il Capitano Eaton ha disposto nella città di Pittsburgh, in punti appropriati, dei tubi sensibili

alla luce e, sul tetto di un albergo, una cella fotoelettrica; quindi con un aeroplano provvisto del nuovo riflettore ha volato sulla città. Passando sull'albergo, un fascio di raggi ha colpito la cella fotoelettrica e in conseguenza di ciò ha funzionato un meccanismo che ha dato una luce abbagliante: questo ha servito a dimostrare la possibilità di avere con un fascio luminoso, attraverso relais, azioni meccaniche di qualsiasi natura. Le conclusioni a cui giunge il Capitano Eaton si riferiscono allo sviluppo notevole che hanno le ricognizioni aeree notturne.

In tempi di guerra gli aeroplani possono trovare, nel buio della notte, la loro strada lontana e al disopra delle linee del nemico o delle città; col nuovo tipo di riflettore è possibile inoltre accendere e spegnere la luce a volontà, permettendo così all'aviatore di vedere bene quello che succede a terra, dove cadono le eventuali bombe gettate e se vi sono movimenti notturni di truppe, ecc. Il riflettore acceso rivela istantaneamente all'aviatore quello che accade giù, a terra; quindi egli spegne subito la luce del riflettore e torna al buio, cambiando posizione in modo che il nemico non abbia tempo di rintracciarlo con i suoi riflettori.

## e) APPLICAZIONI ELETTRO-DOMESTICHE IN INGHILTERRA

Mancano in Inghilterra raccolte coordinate di dati relativi alle applicazioni domestiche, e non si hanno dati neanche sul carico domestico; per avere però un'idea sommaria dello sviluppo che hanno avuto le applicazioni elettriche nelle case, può servire la seguente tabella pubblicata dall'*ElectricalMe rchandising*, che si riferisce al principio di quest'anno.

| APPARECCHIO | Utenti che hanno l'apparecchio (A) | Utenti che non hanno l'apparecchio (B) | % utenti che hanno l'apparecchio $\left(\frac{A}{A+B}100\right)$ |
|---|---|---|---|
| Orologio di regolazione | 3 350 000 | 17 091 000 | 16,4 |
| Cucina con forno ... | 1 242 000 | 19 199 000 | 6,1 |
| Lavapiatti ......... | 114 000 | 20 327 000 | 0,56 |
| Cuoci-uova ......... | 293 900 | 20 147 100 | 1,43 |
| Lucidatrice pavimenti | 306 400 | 20 134 600 | 1,5 |
| Scalda-acqua ....... | 3 339 080 | 17 101 920 | 16,3 |
| Termoforo ......... | 2 236 800 | 18 204 200 | 10,9 |
| Fornello .......... | 2 238 863 | 18 202 137 | 10,9 |
| Macchina per stirare | 735 990 | 19 705 010 | 3,6 |
| Ferro da stiro ...... | 19 772 325 | 668 675 | 96,7 |
| Macchina da caffè .. | 5 894 000 | 14 547 000 | 28,8 |
| Fornello per abbrustolire e arrostire ... | 1 095 000 | 19 346 000 | 5,3 |
| Frigorifero.......... | 3 498 750 | 16 942 250 | 17,1 |
| Macchina da cucire . | 3 350 000 | 17 091 000 | 16,4 |
| Tosta-pane ......... | 8 245 950 | 12 195 050 | 40,3 |
| Aspirapolvere ...... | 9 281 750 | 11 159 250 | 45,4 |
| Ferro da cialde ..... | 2 735 000 | 17 706 000 | 13,4 |
| Macchina per lavare.. | 8 356 250 | 12 084 750 | 40,8 |

Il ferro da stiro, con una percentuale di utenti che lo hanno di 96,7 %, è, come in altri Paesi, l'apparecchio più diffuso; seguono l'aspirapolvere, la macchina per lavare e il tosta-pane, con una percentuale di 45 a 40%, la macchina da caffè col 30% circa, l'armadio frigorifero, la macchina da cucire, l'orologio di regolazione e lo scalda-acqua col 16%; gli altri apparecchi figurano con percentuali piccolissime.

## f) UN MILIONE DI CUCINE ELETTRICHE DA COLLOCARE IN TRE ANNI

L'*Electrical World* del 16 gennaio 1932 informa che la N.E.M.A., nel suo ultimo congresso invernale, ha stabilito le modalità della nuova grande campagna da intraprendersi allo scopo di piazzare, entro tre anni, un milione di cucine elettriche, quante cioè ne furono sinora collocate negli Stati Uniti in quindici anni di vendita. La cosa è ritenuta pienamente realizzabile giacchè in alcune regioni, nel Nord Ovest degli S. U. per esempio, si è già raggiunta una saturazione del 30 % di cucine elettriche rispetto al numero degli utenti, mentre il programma succitato porterebbe solo ad elevare la saturazione media in tutta la nazione americana al 10 % dal 5 % attuale in confronto ai 20 milioni di utenti oggi esistenti; se si riescisse poi ad arrivare dappertutto alla media del 30 % ciò significherebbe che si sarebbero vendute 6 milioni di cucine elettriche.

Ai prezzi medi correnti attualmente negli Stati Uniti, per l'impianto di una cucina elettrica, del costo proprio medio di L. 2200, si calcola che ne consegua una spesa di circa L. 140 fra interruttori e apparecchiatura, L. 130 per il contatore, L. 950 per spese d'impianto delle condutture (delle quali 400 vanno ai fabbricanti di materiale elettrico), L. 300 per trasformatori, L. 180 per spese di distribuzione, L. 350 per le sottostazioni e L. 750 per la generazione e trasmissione dell'energia; sarà in complesso cioè un movimento di circa L. 5000 per ogni cucina collocata e quindi di 5 miliardi di lire per il milione di cucine da installare.

Si sta raccogliendo, fra i fabbricanti di materiale e di macchinario elettrico e le aziende elettriche, un fondo iniziale di circa 70 milioni di lire per le spese di propaganda e di pubblicità inerenti al programma di cui sopra e si calcola che, nei tre anni, si spenderanno complessivamente per tali scopi circa 230 milioni di lire. Con l'energia elettrica a L. 0,70 per kWh, si afferma che la spesa possa ragguagliarsi a L. 0,20 per persona e per pasto e che il consumo medio annuo per ogni utente domestico, che ora è di 550 kWh, verrà ad aumentare sino ad oltre 1500 kWh.

## g) APPLICAZIONI ELETTRO-DOMESTICHE IN UN VILLAGGIO DELLA SVIZZERA

La *Electrocorrespondance* del gennaio scorso riferisce che nel villaggio svizzero di Kaltbrunn, di 2700 abitanti, è in corso un interessante esperimento circa l'economia della cucina e del riscaldamento dell'acqua per mezzo dell'elettricità. Allo scopo di spronare gli utenti a servirsi di tali moderne applicazioni, l'azienda elettrica locale assume a proprio carico una quota cospicua del prezzo di costo dei relativi apparecchi. Per esempio un fornello a due piastre è ceduto per L. 108 anzichè L. 380; una cucina con quattro piastre ed un forno a L. 950 anzichè L. 1550; uno scaldaacqua da 30 litri a L. 260 anzichè L. 615. Malgrado questi notevoli contributi alla spesa di primo impianto il fornitore di energia trova ancora il suo tornaconto e, d'altra parte, anche le massaie si manifestano pienamente soddisfatte giacchè, da una accurata e rigorosa inchiesta eseguita, è risultato che la cottura elettrica degli alimenti, in una famiglia composta di quattro persone, non richiede che un consumo, per persona e per giorno, di soli kWh 0,91 e perciò, con tariffa speciale praticata dall'azienda, la spesa media mensile graverà pochissimo sul bilancio domestico.

# Necrologio

L'Ing. VITTORIO GIANFRANCESCHI è morto il 25 febbraio a Milano dopo breve malattia serenamente sopportata nella quiete modesta del suo riposo meditatamente voluto.

La mente acuta, l'ingegno pronto e versatile gli diedero facile messe per una coltura enciclopedica non comune: l'arte lo allietò e lo ebbe cultore squisito nella sua estrinsecazione più intellettualmente espressiva, la musica.

Nella tecnica costruttiva si affermò maestro sagace e geniale.

Nella famiglia idroelettrica fu pioniere apprezzato: Zunini e Saldini lo ebbero fin dal 1901 progettista e direttore lavori per l'impianto di Morbegno nel primo felice esperimento di applicazione idroelettrica alla trazione trifase sulle linee valtellinesi.

La Val Brembana inaugurò subito dopo, sotto la Sua direzione tecnica ed amministrativa, la ferrovia monofase, primo esempio in Italia dell'applicazione del sistema.

Più grave responsabilità Egli assunse quando fu chiamato con piena fiducia tra vari concorrenti, tra cui era l'Ing. Brandt, il direttore dei lavori del traforo del Sempione, alla direzione generale dei lavori dell'Acquedotto pugliese. Qui egli lasciò un'impronta fulgida e del Suo valore tecnico e del Suo carattere fieramente sincero.

Zunini appena lo seppe libero lo attirò nuovamente nell'orbita idroelettrica e gli affidò i lavori dell'impianto di Molare dove molto riuscite innovazioni tecniche stanno ad attestare la genialità del Suo pensiero.

Della guerra fu assertore convinto e sarebbe stato anche combattente attivo se lo avessero accettato volontario.

La Sua multiforme attività non ha avuto corrispondenti illustrazioni nella stampa: modesto e schivo degli onori e delle feste, Egli ha affidata la tradizione del Suo nome ai collaboratori, che lo hanno avuto maestro insigne e guida affettuosa e che al Suo consiglio si affidarono anche in questi ultimi anni, in cui Egli, pure appartatosi dall'arringo attivo della professione, seguiva con interesse sempre vivo le manifestazioni più salienti della nostra tecnica.

Il nome di VITTORIO GIANFRANCESCHI specie tra coloro che vivono la vita rude dei cantieri sarà sempre simbolo venerato di sapienza, di rettitudine e di operosità disciplinata e coscienziosa.

SEN. PROF. O. M. CORBINO, *Direttore* — ARTI GRAFICHE E. CALAMANDREI & C. - MILANO — ING. ETTORE CESÀRI, *Redattore-Capo responsabile*
Fotoincisioni della «ZINCOGRAFICA» - MILANO.

MILANO
Marzo 1932 - Anno X

Fascicolo III
Volume IX

# L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL' UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTRICHE (FENAGRIEL)
*Direttore:* SENATORE O. M. CORBINO

Le opinioni espresse dagli autori e dai redattori non impegnano nè la Direzione, nè le Associazioni di cui la Rivista è l'organo

GIACINTO MOTTA
DEPUTATO AL PARLAMENTO
PRESIDENTE DELLA «UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE» (UNFIEL)

# Prezzo dell'energia e dividendi delle società elettriche

(*Lettera aperta all'On. Mario Muzzarini*)

« Che si discuta a fine di persuadere o di essere per-
« suasi e che dalla discussione scaturisca la verità,
« è una massima di ingenuità primitiva o un boccone
« da gittare ai pesci per acchiapparli.... Ma io, come
« sarei poco paziente con uno che mi venisse a dire in
« faccia di volermi persuadere, così mi terrei per vil-
« lano se mostrassi la più lontana intenzione o presun-
« zione di persuadere gli altri. Io mi difendo ».

(CARDUCCI: *Confessioni e Battaglie*).

Ho letto non senza sorpresa ciò che hai scritto a proposito dell'industria elettrica nella tua relazione sul bilancio dei Lavori Pubblici, e ti prego di dedicarmi dieci minuti del tuo tempo prezioso.

Hai scritto in primo luogo che *il prezzo dell'energia elettrica, purtroppo, è in Italia ancora tale da non consentire sempre il suo utile impiego.*

Se hai degli elementi per dimostrare questa affermazione, ti pregherei vivamente di volermeli far conoscere. S. E. Serpieri, in un recente discorso tenuto a Firenze, ha riconosciuto che per le *applicazioni agricole* il prezzo dell'energia elettrica è un elemento di secondariissima importanza. Quanto agli *usi industriali*, l'Italia è uno dei pochi paesi *totalitari*, nel senso che in pochissimi altri paesi come in Italia l'energia elettrica ha soppiantato quasi completamente tutti gli altri sistemi di produzione di energia.

Questo fatto macroscopico basterebbe da solo a dimostrare la discutibilità della tua affermazione e il fondamento della mia meraviglia; basterebbe poi anche di più se lo interpreti in senso dinamico. Infatti, caro Muzzarini, non è che il prezzo dell'energia elettrica in Italia sia ANCORA tale da non consentire sempre il suo utile impiego; è che *comincia adesso* a manifestarsi una tal concorrenza da parte del motore Diesel che l'uso dell'energia elettrica comincia a perdere il suo carattere totalitario.

Questo almeno è lo stato di fatto che risulta a noi; tuttavia, ripeto, se tu avessi elementi che dimostrassero il contrario, io ti sarei molto grato di volermeli comunicare.

Tu dici in secondo luogo di *non poter nascondere la tua meraviglia che l'energia elettrica sia il solo prodotto italiano che non diminuisca di prezzo in un momento in cui necessità di ordine superiore impongono di ridurre tutti gli elementi del costo di produzione, e quindi anche* GLI UTILI INDUSTRIALI *del capitale impiegato.*

Non ho ben capito se tu deduca che i prezzi non hanno diminuito dal fatto che non sarebbero secondo te diminuiti gli utili, o se invece era tuo pensiero invocare la diminuzione dei prezzi anche a costo di diminuire gli utili. Quel che ti posso assicurare è che purtroppo si può andare in malora anche vendendo a prezzi normali: quando manchi, per esempio, o diminuisca il consumo; e che perciò nel momento attuale, mentre appunto il consumo diminuisce, non pare nè consigliabile, nè tanto meno urgente, mettersi in quarta velocità per affrettare una così brutta prospettiva.

Probabilmente, anzi certamente, tu pensi che diminuire i prezzi vuol dire aumentare il consumo; ma sei in errore; e se mi consenti te ne dò subito la dimostrazione, dividendo per comodità di ragionamento il consumo luce dal consumo industriale ed agricolo.

*Sul consumo luce* grava in Italia una tassa enorme, che a Roma per esempio è di 90 cent. al kWh in aggiunta ad un prezzo di 105! La diminuzione della tariffa, anche se vistosa, non può stimolare il consumo se non è accompagnata da una almeno isoproporzionale diminuzione nelle tasse. Ebbene, non soltanto ciò non è possibile, ma le stesse autorità più cospicue fanno e pensano il contrario. A Roma il Governatorato ha aumentato la tassa con altri 15 cent. a partire dal 1º gennaio u. s. e l'aumento l'ha giustificato con queste testuali parole:

« Il lieve aumento di questa voce d'imposta di consumo
« costituirà un aggravio *quasi insignificante* per le famiglie
« più modeste, e riuscirà di poco rilievo anche per la generalità
« della cittadinanza, data la larghissima base che esso ha ».

Non si potrebbe essere più di così ai tuoi antipodi, nè più autorevolmente, non ti pare?

Certo è in ogni modo che quando preme la necessità di fare economia, è sulla *quantità* che si lesina, qualunque sia il prezzo, come si è visto quest'anno nel consumo luce di moltissime distribuzioni italiane. Non sempre il fenomeno procede in questo

modo, siamo d'accordo. Per esempio a Milano nel 1931 si sono sdaziati circa 200 000 ettolitri di vino più che nel 1930; ma questi sono misteri facilmente spiegabili quando si rilevi che in Italia la spesa per il tabacco è maggiore (o giù di lì) dell'introito di tutte le imprese elettriche del Regno!

*Quanto agli usi industriali,* alcune aziende elettriche, nella illusione di stimolare il consumo, o nel proposito di dimostrare l'infondatezza dei clamori di chi fa dipendere la prosperità della nazione dal prezzo dell'energia elettrica (la quale invece entra con una percentuale poco superiore all'uno e mezzo per cento nel costo di pressochè tutti i prodotti industriali) hanno offerto uno sconto del 50 % sul prezzo per l'eccedenza dei consumi rispetto all'anno precedente. Com'era prevedibile, il risultato fu nullo. E infatti che cosa vuoi tu che se ne faccia il tessitore dell'energia elettrica anche a metà prezzo, anche regalata, se non sa a chi vendere la tela?

*Quanto infine agli usi agricoli,* tu sai certo che in molta parte delle campagne d'Italia vige l'imponibile della mano d'opera. Agli ingegneri milanesi che visitando le fattorie elettrificate del nostro territorio si meravigliavano di trovare inattivi i motori elettrici, mentre lavoravano invece i contadini (per esempio alla preparazione dei mangimi) fu facile rispondere dai fittavoli che i salariati bisogna pagarli ugualmente.

Dunque, lasciamo in disparte per un momento le teorie, che guai ad applicarle senza cautela, ti porterebbero a consigliare ai fornai di dimezzare il prezzo del pane con l'illusione di venderne di più! E stiamo ai fatti.

Ebbene, sul terreno dei fatti mi pare *tu abbia dimenticato che* per spontanea offerta della UNFIEL (associazione corporativa che abbraccia le imprese di iniziativa privata) *a partire dal I° gennaio* 1932 *un terzo della tassa governativa sulla luce è stata assunta a proprio carico,* almeno in confronto con gli utenti a tariffa normale, *dalle imprese elettriche,* cosicchè gli utenti sono stati sgravati di dieci centesimi al kWh. Questo sgravio, riferito all'incasso medio delle aziende, rappresenta circa il 10 %. Sicchè da questo punto di vista la tua affermazione non è esatta; è invece esatto che anche i venditori di luce hanno falcidiato i loro introiti press'a poco nella stessa misura dei padroni di casa.

Ma c'è qualche cosa di più, caro Muzzarini. Tu non sai forse che l'energia elettrica è il solo prodotto italiano che non abbia MAI beneficiato degli effetti dell'inflazione, ossia che non abbia aumentato i suoi prezzi quanto sarebbe stato necessario per tener dietro alla svalutazione intervenuta nella lira.

Vedi: ancor oggi la luce in Italia, pur dopo tutti gli aumenti intervenuti, non fa incassare mai un prezzo triplo dell'anteguerra. E siccome dalla guerra in poi questo moltiplicatore non è mai stato superato, così l'energia elettrica è proprio la tradizionale mosca bianca. Essa merita sì, dunque, una distinzione, ma in un senso esattamente antipodico alla tua. E se non diminuisce adesso il prezzo, mentre hanno dovuto diminuirlo gli altri prodotti e servizii, è perchè prima non lo aveva mai aumentato come e quanto era accaduto di tutti i prodotti e servizi.

Quel che dico per la luce, vale dal più al meno anche per l'energia destinata a scopo di forza motrice. Cosicchè, in conclusione, ti potrei dimostrare con le cifre, se non temessi di annoiarti, che mentre l'agricoltura e l'industria manifatturiera guadagnavano somme enormi, appunto in grazia alla svalutazione della moneta, l'industria elettrica, in grazia all'insufficiente aumento delle sue tariffe, ha fatto risparmiare agli utenti italiani somme enormi, dico *dei miliardi,* ed ha si può dire illuso per molti anni i suoi azionisti pagando dividendi minori o tutt'al più uguali all'anteguerra ma in lire svalutatissime.

Ma anche l'altro tuo cruccio, che cioè non siano diminuiti gli utili dell'industria elettrica, purtroppo è in contradizione coi fatti.

Permettimi qui di aprire una parentesi. Non colpisce te pure come una singolarità inquietante, la preoccupazione che si va sviluppando in molti ambienti ed in molti cervelli, contro gli utili delle aziende industriali? Non mi obiettare che voi tuonate contro gli utili « eccessivi ». Io avrei ragione di lamentare la labile memoria dei nostri critici, dei quali nessuno s'è commosso per la ricordata insufficienza di utili del nostro passato, mentre dimostrano ora tanta fretta e tanta ingiustizia nel giudicare troppo alti gli utili odierni. Purtroppo il tempo, che è galantuomo sul serio, ha dimostrato che anche l'industria elettrica ha i suoi rischi e che quindi dopo le annate delle vacche grasse possono venire e vengono quelli delle vacche magre. Orbene, quando, per effetto di questo rischio, il dividendo diminuisce o si annulla, come purtroppo è accaduto e accade anche alle imprese elettriche, e quando per avventura anche questa industria deve subire falcidie nel capitale, come purtroppo è già accaduto, quali invettive non si sono intese e non si sentiranno lanciare dai moderni Catoni contro i « *dilapilatori* » del capitale fornito dai risparmiatori? A prendere sul serio certe vestali, parrebbe che il rispetto e la stima pubblica debbano riservarsi alle imprese elettriche che perdono denaro o che non ne guadagnano abbastanza! Ma che scuola vuoi tu che si faccia agli amministratori delle anonime, quando perfino nell'aula politica di Montecitorio riescono a farsi luce preoccupazioni e teorie di questo genere? Si devono mettere alla gogna gli uomini e le aziende che anche nei momenti di crisi dimostrano di aver saputo amministrare bene, restando in piedi con patrimoni solidi e redditizii? E quando l'agricoltura e l'industria sono in difficoltà, quando il commercio langue, quando l'economia nazionale ha subìto i gravi colpi che sappiamo, deve essere reputato atto di civismo prendere a bersaglio le poche aziende industriali che sfidano la tempesta? L'ideale moderno deve essere anche in regime fascista l'uguaglianza nello spartire la miseria? Unico metro livellatore sarà l'invidia del malato per il sano? Ma i sistemi economici che resistono alla crisi non costituiscono invece i pilastri dell'impalcatura economica della Nazione? Non è da augurarsi che qualcuno almeno di questi nuclei resista a confortare gli uomini di fede, a polarizzare gli sforzi dei risparmiatori, per riaccendere gli ardori della marcia appena i sintomi si presentino del risveglio?

Chiudo la parentesi per venire ai fatti. Prenditi la briga di esaminare i bilanci delle società elettriche italiane. Ne vedrai delle belle. Eccoti un elenco che compilo a memoria:

1) Una società con capitale di 210 milioni, dal 10 % distribuito tre anni or sono, è scesa gradatamente al 7 %; e quest'anno non potrà distribuire che il 5 %.

2) Un'altra Società con 250 milioni di capitale *non dà dividendo,* da 4 o 5 anni.

Nelle stesse condizioni sono due altre società produttrici, con rispettivamente 200 e 125 milioni di capitale.

3) Una quinta società con 450 milioni di capitale da un dividendo di 18 lire distribuito tre anni or sono, è scesa prima a 14, poi a zero.

4) Una sesta società con poco meno di 300 milioni di capitale, da 9 lire di dividendo è scesa a zero.

5) Pure a zero è sceso il dividendo di una settima società che ha 60 milioni di capitale.

6) Un'ottava società con 400 milioni di capitale, ha diminuito il suo dividendo da 16 lire a 14.

7) Una nona con 100 milioni di capitale ha diminuito il dividendo da 20 lire a 16.

8) Una decima con 91 milioni di capitale, da 36 lire di dividendo è scesa a 25; ed una undecima con 600 milioni di capitale dovrà diminuire forse da 22 a 18, mentre una dodicesima ancora più potente dovrà forse ridursi da 10 a 6.

9) Infine anche la più antica, la più nota delle società italiane, ha dovuto diminuire il dividendo da 50 a 40 lire per ogni azione.

L'elenco, dal quale ho omesso i nomi per comprensibili ragioni, mi pare dimostri che hai avuto troppa fretta. Purtroppo la desiderata diminuzione dei dividendi anche nell'industria elettrica è un fatto compiuto, e speriamo che le cose non peggiorino. Ma su questo argomento del dividendo, anzi sulla loro altezza vorrei, se mi permetti, aggiungere qualche cosa. *È di moda, parlare di dividendi eccessivi con aria scandalizzata. Ebbene l'ultimo aumento di capitale della Edison* (*cito questa società perchè la più nota*) *è avvenuto mediante emissione di* 500 000 *azioni al prezzo di* 700 *lire, cosicchè le* 50 *lire di dividendo dello scorso anno rappresentavano poco più del* 7 % *del denaro sborsato dagli azionisti; e le* 40 *lire odierne rappresentano meno del* 6 %.

Riconoscerai, spero, che una simile misura di dividendo non merita l'invidia di nessuno e meno ancora le rampogne del relatore al bilancio dei Lavori Pubblici, non foss'altro perchè il Consolidato, ai prezzi di Borsa odierni, rende il 6 %, mentre il cosidetto Prestito Morgan rende addirittura l'8 %, s'intende col solo grave rischio di tagliare i *coupons* due volte all'anno.

E che le nostre condizioni non meritassero di venire illustrate e giudicate con le vostre dichiarazioni, lo dimostra la Borsa, la quale, portroppo, valuta la quasi totalità delle azioni elettriche italiane a prezzi inferiori alla pari, ciò che costituisce una condizione di inferiorità e di disagio tutt'altro che lievi, perchè toglie all'industria elettrica il credito di coloro che l'hanno sostenuta e di cui avrà sempre grande bisogno, se vorrà continuare ad assolvere anche in avvenire il ponderoso compito che essa ha saputo svolgere a vantaggio del Paese, come ha del resto pubblicamente ed ampiamente riconosciuto anche S. E. Di Crollalanza.

Perdona, caro Muzzarini, il tempo che ti ho fatto perdere; incolpane l'impressione delle tue dichiarazioni che su me e sui miei colleghi fu veramente dolorosa, e credi che sarei stato felicissimo di poter evitare a me stesso questa lettera.

Comunque sia, credimi sempre ben cordialmente tuo

GIACINTO MOTTA
DEPUTATO AL PARLAMENTO
PRESIDERTE DELLA «UNFIEL».

---

*P. S.* - Avevo già dettato questa lettera quando i giornali recarono notizia che il collega Puppini è intervenuto a lanciare egli pure la sua freccia contro l'industria elettrica. Permettimi una breve postilla.

L'ottimismo che egli ha dimostrato, circa la possibilità di un larghissimo impiego di energia in agricoltura, non è condiviso anzi è contrastato dagli uomini più autorevoli fra i competenti e dalle statistiche di tutto il mondo; e quanto all'idea che un minor prezzo favorirebbe quell'impiego in misura apprezzabile (cioè tale da meritare l'onore che il Presidente della Giunta del Bilancio ne faccia una affermazione solenne alla Camera) lascio al già citato autorevole e recente discorso di S. E. Serpieri (non sospettabile di eccessive tenerezze per la nostra industria) la cura di smentirla.

È vero che il paragone istituito dall'On. Puppini, a proposito di prezzi vincolati, fra gli affitti e l'energia elettrica, è esatto limitatamente al periodo di tempo nel quale i prezzi di entrambi questi servizî furono regolati dallo Stato; ma lo sarebbe molto meno se venisse esteso ed approfondito. Infatti gli affitti urbani sono stati vincolati *soltanto per le costruzioni vecchie* e soltanto fino ad una certa epoca. Invece, in primo luogo il prezzo dell'energia elettrica si è dovuto mantenerlo basso *anche per tutto l'incremento determinatosi nel consumo* e non soltanto per l'energia che formava la dotazione degli impianti prima della svalutazione. Non farei questa osservazione se l'incremento fosse stato contenuto entro proporzioni modeste, come puoi immaginare. Invece è accaduto esattamente il contrario. Mentre la produzione nel 1919 (prima che cominciasse l'inflazione, e quindi la cuccagna per l'agricoltura, per l'industria manifatturiera ecc.) fu di circa 4 miliardi di kWh, negli anni successivi la produzione andò aumentando nella misura seguente:

PRODUZIONE COMPLESSIVA DI ENERGIA ELETTRICA IN ITALIA

(*in milioni di kWh*)

| | Idraulica | Termica | Importata | Complessiva |
|---|---|---|---|---|
| 1919 .......... | | | | 4 — |
| 1925 .......... | 6 880 | 393 | 227 | 7 500 |
| 1926 .......... | 8 314 | 260 | 226 | 8 800 |
| 1927 .......... | 8 566 | 289 | 195 | 9 050 |
| 1928 .......... | 9 461 | 310 | 229 | 10 000 |
| 1929 .......... | 10 047 | 510 | 243 | 10 800 |
| 1930 .......... | 10 450 | 386 | 164 | 11 000 |
| 1931 .......... | 10 295 | 332 | 173 | 10 800 |

È vero che il collega Puppini ha tratto dal fatto di così grande sviluppo la deduzione che i prezzi dovevano diminuire. Ma con tutto il rispetto dovuto alla sua competenza idraulica, egli ha obliato del tutto due circostanze di fatto che dimostrano errata la sua deduzione. In primo luogo il grande sviluppo degli immobilizzi avvenne nei momenti dei massimi prezzi dei prodotti e materiali necessari per costruirli. Sicuro, noi dovemmo subire il caro-cemento; il caro-ferro, il caro-rame, il caro-manodopera ecc. ecc. per dare al Paese l'energia occorrente; e adesso che i nostri fornitori si sono satollati, dovremmo diminuire il prezzo dell'energia ottenibile con gli impianti che essi resero cari! E per costruirli si accesero debiti i quali pesano oggi doppiamente sui nostri bilanci: e perchè il loro ammontare dovette commisurarsi ai prezzi inflazionati, che noi dovemmo subire, e perchè sul tasso d'interesse non c'è verso di ottenere a nostro vantaggio le riduzioni che gli utenti e i loro patroni vorrebbero da noi. Una posizione molto comoda, come vedi la nostra: press'a poco come quella d'un disgraziato preso fra l'incudine e il martello. In secondo luogo l'energia idroelettrica mica è un prodotto che si fabbrica in serie e col sistema Ford. Quando un impianto idroelettrico è esaurito, caro Muzzarini, hai *voja*, ma devi iniziarne ex novo un altro, trasportandoti sulla faccia dei luoghi a impiantare di nuovo strade e cantieri e funicolari ecc. ecc. come se di altri impianti non se ne fossero fatti mai. E ti accade spesso, e più spesso accadrà in avvenire che il nuovo impianto costa per ogni unità prodotta più del vecchio. Come mai in queste condizioni di fatto si pretenda che aumentando la produzione il prezzo unitario debba diminuire rimane un mistero per noi che siamo del mestiere. È un po' come attendere il ribasso degli affitti dall'ingrandimento delle città, oppure la diminuzione delle tasse dall'aumento della popolazione. Ingrandire le aziende elettriche può, sì, far diminuire il costo dell'energia; ma in misura troppo lieve per tenerne conto, laddove invece agiscono molto più efficacemente altri fattori, fra i quali il tempo e l'adattamento. Il tempo perchè permette, con le quote di ammortamento, se ce le lascerete fare con qualche larghezza, di alleggerire gli oneri finanziari dell'azienda; e la facoltà benefica dell'adattamento, perchè porta a dimenticare le perdite economiche dipendenti dagli inevitabili errori umani o dalla instabilità delle monete. E difatti, dal principio del secolo (la svalutazione della lira aiutando) e senza bisogno di leggi, la luce elettrica è diminuita a poco più di un quarto del suo valore.

Ma oltre a queste circostanze e considerazioni delle quali è chiara l'importanza, il collega Puppini ha dimenticato che al tempo dell'adeguamento a quota 90, il Governo ha stabilito

*soltanto per le case vecchie il vincolo del quadruplo* dell'affitto anteguerra, lasciando libera per tutte le case nuove la misura dell'affitto, con la conseguenza che in queste si pagarono affitti molto maggiori. Invece per es. l'applicazione più costosa dell'energia elettrica, cioè la luce, è venduta *ancora oggi* in Italia ad un prezzo che (astraendo naturalmente dalle tasse) non supera due volte e mezzo il prezzo anteguerra, se non in pochissimi casi ed in lieve misura.

Ma l'On. Puppini avrebbe elencato altre merci le quali, pur essendosi ridotti a prezzi poco più che doppi dell'anteguerra, subiscono ulteriori ribassi. Non so a quali prodotti abbia alluso; certo gli agricoli per l'enorme sovraproduzione hanno subito un vero crollo che non può farci dimenticare i prezzi altissimi di cui godettero per molti anni; ma dalla constatazione di questa verità non può derivare senz'altro che anche l'energia elettrica *debba* subire lo stesso ribasso.

Non voglio dilungarmi, ma dal punto di vista economico, osterebbero a questa conclusione un po' troppo spicciativa, due fatti ed una preoccupazione tanto importanti, da bastare per sè soli a decidere il dibattito.

I fatti sono: *primo*, che l'incidenza dell'energia elettrica su tutti i bilanci: famigliari, industriali ed agricoli, è così scarsa (come noi abbiamo dimostrato senza contradittori è vero, ma ahimè anche con scarso frutto) che anche un ribasso inammissibile dei prezzi (per esempio del venti per cento) praticamente rimarrebbe inavvertito per i consumatori; *secondo*, che per converso basterebbe una riduzione del 20 % negli introiti per annullare i dividendi di pressochè tutte le società elettriche. La preoccupazione deriva dalla possibilità, se non si vuol dire dalla probabilità, che, spaventando i risparmiatori ed i capitalisti, non si può a meno di rendere più difficile nell'interesse della Nazione lo sfruttamento delle nostre forze idrauliche, perchè esso richiede l'immobilizzo di miliardi su miliardi, e questi non si raccoglieranno se non in una atmosfera di maggiore simpatia, ciò che in fondo significa di maggiore consapevolezza. Su questi problemi, del resto, se il tempo te lo permettesse, potresti trovare ampie analisi in alcuni scritti che mi prendo la libertà di inviarti separatamente.

Ed ho finito.

GIACINTO MOTTA.

---

(*Questa lettera e il suo poscritto furono pubblicati nel* Popolo d'Italia *del 16 marzo 1932-X*).

ING. CLAUDIO MARCELLO

# Di una applicazione del calcolo delle probabilità allo studio del funzionamento di un impianto idroelettrico con serbatoio

## 1) PREMESSE.

Per la soluzione di molti problemi interessanti l'industria, la finanza e la tecnica, è spesso elemento essenziale la previsione di una serie di valori atti a caratterizzare un determinato fenomeno in un periodo futuro.

Generalmente, detti valori sono in relazione con un grande numero di fattori indipendenti, non tutti definibili singolarmente allo stato attuale della conoscenza e di cui non sono noti il modo di variare e il legame cogli effetti (1). Si suole dire quindi che essi dipendono dal *caso*, inteso come « l'effetto risultante di un grande numero di piccole cause indipendenti, variabili secondo leggi ignote o mal note » (2).

Appartengono a questa categoria gli errori accidentali di osservazione, i fenomeni climatici, demografici, biologici, alcuni fenomeni di diffusione, di propagazione del calore ecc. ecc. Per questi soltanto l'esame di serie di dati sperimentali può consentire delle deduzioni sulla probabilità del loro verificarsi nel futuro. Infatti tale esame, agevolato dalla traduzione grafica sul piano coordinato, consente di riconoscere certi caratteri di regolarità nel modo di presentarsi del fenomeno e di individuare alcuni comportamenti tipici delle distribuzioni di frequenza.

È questa constatazione che ha portato, nei riguardi degli errori accidentali di osservazione, alla così detta « legge di Gauss » (3) in base alla quale errori di eguale grandezza assoluta e di segno contrario hanno eguale probabilità di verificarsi.

Questa legge, che appare verificata anche per altri tipi di eventi (riconducibili in generale agli schemi semplici dei sorteggi da un'urna), non lo è invece per i fenomeni climatici in generale ed idrologici in particolare. Si è riscontrato infatti che i dati statistici che li caratterizzano non si dispongono secondo una curva di frequenza simmetrica rispetto al valore più frequente (che secondo la legge di Gauss sarebbe il medio) ma secondo curve di frequenza asimmetriche od oblique (vedi nota in appendice).

Lo studio di questi diagrammi rappresentativi di dati statistici, relativi a fenomeni idrologici, ha condotto alla determinazione di alcuni tipi di curve (alla cui deduzione accenneremo nella nota in appendice) che consentono nelle pratiche applicazioni la estrapolazione delle serie (in generale di limitata lunghezza) di dati disponibili e la conseguente indicazione della probabilità dell'evento.

L'applicazione di tali metodi, che è oggetto di queste pagine, è stata fatta dallo scrivente nello studio del funzionamento di un impianto idroelettrico con serbatoio, attualmente in avanzata costruzione, in vista di ottenere dall'esercizio di esso il più alto rendimento economico.

## 2) – CENNI SUL REGIME DELLE PORTATE.

Le portate del fiume sono utilizzate in due salti successivi, del valore complessivo di circa m 360.

La capacità disponibile per la regolazione dei deflussi nell'impianto a monte è di oltre 200 milioni di mc, con un'escursione massima del pelo liquido nel serbatoio di circa m 30. L'impianto a valle è alimentato da un piccolo bacino, sufficiente per una regolazione diurna delle portate scaricate dalla centrale a monte.

Di scarsa entità è la differenza tra le portate medie utilizzate nei due impianti, data la limitata estensione del bacino compreso tra le due sezioni di derivazione in confronto di quella del bacino sotteso dalla sezione a monte. Ai fini, anzi, della presente ricerca si è ritenuto poter prescindere dal contributo del bacino compreso tra le due sezioni, sia perchè i risultati finali dello studio nel loro insieme non avrebbero subito sensibili modificazioni, sia perchè ciò rispondeva ad un criterio cautelativo.

Per lo studio del regime dei deflussi erano disponibili le osservazioni giornaliere durante un trentaseiennio. Infatti la stazione di misura delle altezze idrometriche, situata in prossimità della sezione di presa dell'impianto a monte, ha funzionato ininterrottamente dal 1° gennaio 1893 al 31 dicembre 1928 e numerosissime, accurate misure di portata avevano permesso di definire alcune scale di deflusso, ciascuna delle quali valevole per un intervallo di tempo determinato, attese

---

(1) Raramente, in tale ordine di problemi, avviene che fra le molteplici cause che concorrono a determinare il fenomeno se ne possano sceverare alcune, di carattere dominante rispetto alle altre, delle quali la teoria abbia pienamente individuato il modo di agire. Nei fenomeni in cui questa separazione è possibile, il *caso* agisce soltanto come elemento perturbatore ed il calcolo delle probabilità viene in aiuto alle deduzioni scientifiche per ciò che concerne le cause secondarie. Questo accade, per esempio, per le maree oceaniche delle quali si può predire, con grande approssimazione, l'andamento nel futuro; ed ha luogo anche per molti problemi della meccanica.

(2) G. CASTELNUOVO: *Calcolo delle probabilità*. - Zanichelli, Bologna, 1925, pag. VI.

(3) Di cui H. Poincaré ha detto « tout le monde y croit fermement parce que les mathématiciens s'immaginent que c'est un fait d'observation et les observateurs que c'est un théoreme des mathématiques ».

le inevitabili variazioni della sezione di misura durante il lungo periodo.

L'andamento delle portate nell'anno è messo in chiaro rilievo dai grafici della fig. 1, che riproducono i valori medi giornalieri delle portate nel quadriennio dal 1° gennaio 1917 al 31 dicembre 1920, e i corrispondenti deflussi integrali. Il regime appare analogo a quello di tipo alpino sublitoraneo dei corsi d'acqua della nostra penisola, con piene accentuate e a decorso relativamente lento nei mesi primaverili; dello stesso ordine, ma più rapide, nei mesi autunnali; la magra estiva, e talora anche l'invernale, appaiono assai marcate.

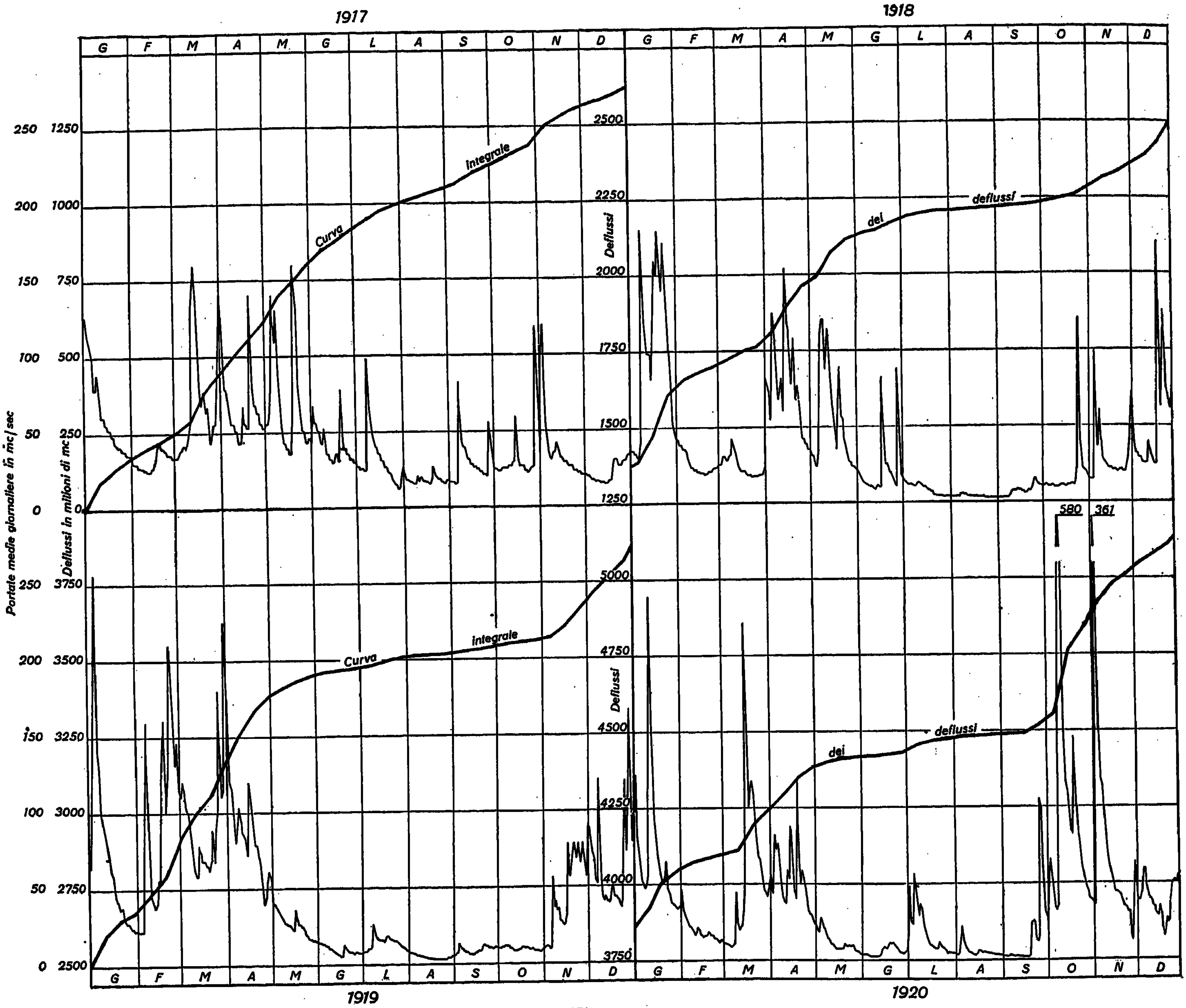


Fig. 1.

La portata media annua varia, nel trentaseiennio considerato, fra un minimo di 18,5 mc/sec e un massimo di mc/sec 52: il valore medio nel periodo suddetto è di mc/sec. 39.

3) – Cenni sulle condizioni del mercato dell'energia e sul funzionamento giornaliero dell'impianto.

Senza entrare nell'esame di dettaglio delle condizioni dei mercati d'energia con i quali gli impianti in parola si trovano collegati, esponiamo qui brevemente le loro caratteristiche principali limitandoci di proposito solo a quanto può avere un interesse per la comprensione di ciò che segue.

Per la loro situazione, detti impianti hanno la possibilità di contribuire all'alimentazione in energia di 3 grandi centri di consumo, già serviti da numerose centrali sia idrauliche che termiche. Entrando così a far parte di un complesso sistema organizzato di produzione, in cui la quantità di energia da essi prodotta rappresenta soltanto una piccola frazione del totale consumo (di poco superiore all'aumento annuale del fabbisogno dei centri suddetti, nel suo valore medio per l'ultimo quadriennio), la produzione dell'energia di alto valore economico non trova una limitazione nella capacità di assorbimento del mercato ma solo nelle caratteristiche dell'installazione.

Le caratteristiche generali del diagramma medio di assorbimento d'energia per i centri suddetti, e quelle della produzione degli impianti già esistenti, avevano determinato, all'inizio delle ricerche per il collocamento dell'energia prodotta dagli impianti in questione, una richiesta di energia di integrazione schematicamente caratterizzata dagli elementi seguenti, in base ai quali si sono poi realizzati gli impegni di vendita. L'anno, nei riguardi di detta richiesta, può essere approssimativamente distinto nei due periodi 1° ottobre-31 marzo e 1° aprile-30 settembre: al primo semestre compete un valore del fabbisogno in kWh più che doppio di quello che compete al secondo. Le potenze sotto cui l'energia viene utilizzata stanno invece, nei due suddetti periodi, nel rapporto di 1,6 a 1.

Il diagramma giornaliero di carico è del seguente tipo: una *base* di andamento all'incirca costante in tutto l'anno; due zone di *punta* della durata complessiva di circa 4 ore nel periodo autunno-invernale; una *punta* pure di 4 ore con potenza però assai inferiore nel periodo primaverile-estivo. La richiesta del mercato appare quindi principalmente rivolta ad energia di poche ore giornaliere e di fornitura assolutamente garantibile, specialmente nel periodo autunno-invernale (energia di punta che avrebbe altrimenti richiesto l'installazione di nuovo macchinario di scarsissima utilizzazione).

È in base ai risultati di queste prime contrattazioni, all'esame generale dei diagrammi di consumo, e a considerazioni sulle tendenze di sviluppo del consumo di energia nelle zone accessibili, che si è potuta stabilire la seguente classificazione economica dell'energia da produrre:

a) *Energia di prima qualità* (di più alto valore sul mercato): di fornitura assolutamente garantita, sotto potenza egualmente garantita, per 4 ore del giorno, con un rapporto delle potenze fra estate ed inverno approssimativamente di 1 a 1,6.

b) *Energia di seconda qualità*: corrispondente alla suddetta potenza utilizzata per altre 6 ore al giorno, al di fuori delle 4 di punta e di fornitura non assolutamente garantibile; o corrispondente a potenza anche maggiore di quella di punta suddetta e quindi non sempre garantibile.

c) *Energia di terza qualità*: discontinua, fornibile durante le ore al di fuori delle suddette.

La potenza massima garantibile con continuità fu determinata in base a considerazioni sul livello di massimo svaso da adottare per il serbatoio, sulle speciali caratteristiche delle capacità secondarie di regolazione giornaliera (1) e a criteri prudenziali sulla riserva di macchinario: il valore così ottenuto verrà nel seguito indicato con A kW.

Si deducono ovviamente le norme della destinazione dei kWh disponibili giornalmente, stabilita in base alla successiva soddisfazione delle prestazioni in valore economico decrescente. Quando, per esempio, nel periodo autunno-invernale, l'energia disponibile nel giorno non supera i 4A kWh essa dovrà essere tutta destinata al servizio che abbiamo distinto col nome di 1ª qualità: quando, invece, vi sia un'eccedenza sopra la suddetta quantità essa sarà impiegata fino a fornire 6A kWh colla potenza e nelle ore assegnate a questa seconda produzione. Analogamente, per il periodo primaverile-estivo per il quale, peraltro, le quantità su accennate diventano rispettivamente $4\frac{A}{1,6}$ kWh e $6\frac{A}{1,6}$ kWh.

4) – Funzionamento dell'impianto nell'anno e norme di utilizzazione del serbatoio.

Le precedenti considerazioni hanno permesso di determinare le norme che debbono disciplinare l'esercizio dell'impianto durante il giorno, una volta supposta assegnata la quantità totale di energia disponibile nel giorno stesso: tale quantità dipende, oltre che dal regime naturale delle portate, dalle modalità che si seguono nella regolazione.

(1) Nel caso in cui le dimensioni delle opere non fossero già state stabilite avremmo potuto dapprima calcolare il deflusso garantibile in base alle portate naturali del fiume e alla regolazione esercitata dal serbatoio; la conoscenza di questo valore (che avrebbe dovuto corrispondere ad energia di punta) e delle esigenze del diagramma giornaliero di consumo, sarebbe stata di guida poi nel dimensionare le opere (capacità regolatrici giornaliere, portate dei canali, potenza del macchinario ecc.).

La qualità dell'energia essendo definita essenzialmente dalla potenza massima sotto cui essa può essere fornita e dalla garanzia della fornitura stessa, per trarre dall'esercizio dell'impianto il massimo rendimento economico, era necessario di effettuare la regolazione in modo da assicurare alle singole prestazioni un diverso grado di probabilità di esecuzione, secondo le richieste del mercato. E poichè, in base alle contrattazioni, si presentava come prestazione di interesse dominante quella di 4A kWh per giorno nel periodo autunno invernale, ad essa era necessario attribuire un alto grado di probabilità.

Fu determinato quindi quale riserva avrebbe dovuto essere disponibile nel serbatoio alle varie epoche dell'anno, affinchè potesse essere fornita quella quantità di energia cui compete il massimo valore economico.

L'intero periodo coperto dalle osservazioni fu a questo scopo suddiviso in intervalli dell'ampiezza costante di un trimestre (1).

Costruito per l'intero trentaseiennio, 1° gennaio 1893-31 dicembre 1928, il diagramma integrale dell'energia producibile dall'impianto, si studiò, in relazione colla capacità disponibile, la regolazione da effettuare al fine di ottenere in ciascun trimestre il particolare tipo di produzione considerato. Furono quindi ricavati i valori dei superi o delle deficenze:

1) al 1° ottobre e al 1° gennaio per una produzione nei trimestri successivi a queste date di 4A kWh al giorno o di 10A kWh al giorno.

2) Al 1° aprile e al 1° luglio per una produzione nei trimestri successivi a queste date di $\frac{4\,A}{1,6}$ kWh al giorno o $\frac{10\,A}{1,6}$ kWh al giorno.

Tabella I.

REGOLAZIONE NEL TRIMESTRE 1° LUGLIO-30 SETTEMBRE PER LA PRODUZIONE DI 10 A/1,6 kWh AL GIORNO.

Superi e Deficenze.

| Anno | Volume in $10^3$ mc | Anno | Volume in $10^3$ mc |
|---|---|---|---|
| 1893 | — 78 300 | 1911 | — 39 300 |
| 1894 | — 55 200 | 1912 | — 2 600 |
| 1895 | — 66 000 | 1913 | 54 600 |
| 1896 | — 6 300 | 1914 | 242 000 |
| 1897 | — 19 700 | 1915 | 44 300 |
| 1898 | — 82 000 | 1916 | — 2 300 |
| 1899 | 5 000 | 1917 | 83 000 |
| 1900 | — 7 000 | 1918 | — 78 000 |
| 1901 | — 1 600 | 1919 | — 57 000 |
| 1902 | — 39 300 | 1920 | — 49 000 |
| 1903 | 12 000 | 1921 | — 55 000 |
| 1904 | — 80 100 | 1922 | — 26 000 |
| 1905 | — 27 700 | 1923 | — 100 000 |
| 1906 | — 105 100 | 1924 | — 76 000 |
| 1907 | — 63 700 | 1925 | — 53 000 |
| 1908 | — 22 900 | 1926 | — 73 000 |
| 1909 | 75 000 | 1927 | 113 000 |
| 1910 | 135 000 | 1928 | — 105 000 |

(1) L'assunzione di intervalli più brevi, mensili e decadici (che sarebbe stata causa di un aumento considerevole della mole del lavoro) non c'è sembrata necessaria, sopratutto in relazione al grado di approssimazione richiesto per i risultati della ricerca.

TABELLA II.

REGOLAZIONE NEL TRIMESTRE 1° LUGLIO-30 SETTEMBRE PER LA PRODUZIONE DI 10 A/1,6 kWh AL GIORNO.

CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DISPERSIONE E DI OBLIQUITÀ.

| Volumi di 10 in 10 milioni di mc. (1) | | N.° dei casi | $[(1) \times (2)]$ $10^6$ mc | Volumi 1 *b*) in parti del valore medio | $V$ (5) | | $V^2$ | $\Sigma V^2$ $[(2) \times (6)]$ | $V^3$ (8) | | $\Sigma V^3$ $[(2) \times (8)]$ (9) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a*) | *b*) | (2) | (3) | (4) | + | — | (6) | (7) | + | — | + | — |
| — 100 | 0 | 3 | 0 | 0 | | 1,00 | 1,00 | 3,00 | | 1,000 | | 3,000 |
| — 80 | 20 | 5 | 100 | 0,24 | | 0,76 | 0,58 | 2,90 | | 0,439 | | 2,195 |
| — 70 | 30 | 2 | 60 | 0,36 | | 0,64 | 0,41 | 0,82 | | 0,262 | | 0,524 |
| — 60 | 40 | 3 | 120 | 0,48 | | 0,52 | 0,27 | 0,81 | | 0,141 | | 0,423 |
| — 50 | 50 | 3 | 150 | 0,61 | | 0,39 | 0,15 | 0,45 | | 0,059 | | 0,177 |
| — 40 | 60 | 2 | 120 | 0,73 | | 0,27 | 0,07 | 0,14 | | 0,020 | | 0,040 |
| — 30 | 70 | 2 | 140 | 0,85 | | 0,15 | 0,02 | 0,04 | | 0,003 | | 0,006 |
| — 20 | 80 | 2 | 160 | 0,97 | | 0,03 | 0,— | 0,— | | 0,— | | 0,— |
| — 20 | 90 | 2 | 180 | 1,09 | 0,09 | | 0,01 | 0,02 | 0,— | | 0,— | |
| 0 | 100 | 3 | 300 | 1,21 | 0,21 | | 0,04 | 0,12 | 0,009 | | 0,027 | |
| + 10 | 110 | 2 | 220 | 1,33 | 0,33 | | 0,11 | 0,22 | 0,036 | | 0,072 | |
| + 40 | 140 | 1 | 140 | 1,70 | 0,70 | | 0,49 | 0,49 | 0,343 | | 0,343 | |
| + 50 | 150 | 1 | 150 | 1,82 | 0,82 | | 0,67 | 0,67 | 0,551 | | 0,551 | |
| + 70 | 170 | 1 | 170 | 2,06 | 1,06 | | 1,12 | 1,12 | 1,191 | | 1,191 | |
| + 80 | 180 | 1 | 180 | 2,18 | 1,18 | | 1,39 | 1,39 | 1,643 | | 1,643 | |
| + 110 | 210 | 1 | 210 | 2,54 | 1,54 | | 2,37 | 2,37 | 3,652 | | 3,652 | |
| + 130 | 230 | 1 | 230 | 2,79 | 1,79 | | 3,20 | 3,20 | 5,735 | | 5,735 | |
| + 240 | 340 | 1 | 340 | 4,12 | 3,12 | | 9,73 | 9,73 | 30,371 | | 30,371 | |
| | | 36 | 2970 | | | | | 27,49 | | | 43.585 | 6.365 |
| | | | | | | | | | | | — 6,365 | |
| | | | | | | | | | | | 37,220 | |

$$\text{Valore medio } \frac{\Sigma\,(3)}{\Sigma\,(2)} = \frac{2970 \times 10^6}{36} = 82{,}5 \times 10^6 \text{ mc}$$

$$C_d = \sqrt{\frac{\Sigma V^2}{n-1}} = 0{,}89$$

$$C_o = \frac{\Sigma V^3}{(n-1)\,C_d^3} = 1{,}52$$

TABELLA III.

REGOLAZIONE NEL TRIMESTRE 1° LUGLIO-30 SETTEMBRE PER LA PRODUZIONE DI 10 A/1,6 kWh AL GIORNO.

CURVA DELLE DURATE PROBABILI.

| Durata in % | 0,01 | 0,1 | 1 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 99 | 99,9 | 99,99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Scostamenti percentuali dal valore medio per $C_o = 1{,}88$ e $C_d = 1$ . . | 625 | 517 | 359 | 211 | 138 | 62 | 17 | — 14 | — 36 | — 52 | — 64 | — 74 | — 82 | — 84 | — 84 | — 84 | — 84 |
| Scostamenti percentuali dal valore medio per $C_o = 1{,}88$ e $C_d = 0{,}89$ | 556 | 460 | 319 | 188 | 123 | 55 | 15 | — 12 | — 32 | — 46 | — 57 | — 66 | — 73 | — 75 | — 75 | — 75 | — 75 |
| Volumi in % del valore medio .......... | 656 | 560 | 419 | 288 | 223 | 155 | 115 | 88 | 68 | 54 | 43 | 34 | 27 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Volumi in $10^6$ mc .... | 541 | 462 | 346 | 238 | 184 | 128 | 94,8 | 72,6 | 56,1 | 44,5 | 35,5 | 28,0 | 22,3 | 20,6 | 20,6 | 20,6 | 20,6 |
| Superi o deficenze in $10^6$ mc ........... | 441 | 362 | 246 | 138 | 84 | 28 | — 5,2 | —27,4 | —43,9 | —55,5 | —64,5 | —72,0 | —77,7 | —79,4 | —79,4 | —79,4 | —79,4 |

Nelle tabelle I e IV sono riportati i valori così ottenuti (positivi o negativi secondo che trattasi di superi o di deficenze) pel trimestre 1° luglio-30 settembre ed una produzione di $\frac{10\,A}{1{,}6}$ kWh al giorno, e pel trimestre 1° ottobre-31 dicembre ed una produzione di 10A kWh al giorno. Si omette per brevità di riportare le 6 tabelle analoghe rimanenti.

Determinata la serie dei dati statistici, la ricerca fu volta a dedurre la frequenza (o la durata) probabile dei singoli valori, applicando il procedimento indicato dal Foster per lo studio

del regime delle portate di un corso d'acqua e valevole in generale per tutti quegli eventi che danno luogo a distribuzioni analoghe di frequenza. Rimandando alla nota in appendice per ciò che concerne i concetti fondamentali del metodo e la spiegazione del procedimento di deduzione, ci limitiamo qui a riassumere la operazioni eseguite per determinare le curve delle durate probabili.

I valori di ciascuna delle serie statistiche sopra ricavate sono stati riferiti al minimo della serie stessa e disposti in ordine di successione crescente di 10 in 10 milioni di metri cubi (vedi colonna 1 *b*) delle tabelle II e V). Per ogni valore $C$ della serie è indicato (nella colonna 2) il numero degli anni (frequenza) nei quali l'evento in esame risulta compreso tra $C - 5$ e $C + 5$. La somma dei prodotti dei singoli $C$ per le corrispondenti frequenze (vedi colonna 3), divisa per il numero totale degli anni fornisce il valore medio $C$ relativo all'intero periodo.

Esprimendo i numeri della colonna 1 *b*) in parti della media, e sottraendo da questi l'unità, risultano determinati gli scostamenti $V$ dei singoli $C$ dalla media stessa. Il calcolo del coefficiente di dispersione $C_d$ e di obliquità $C_o$ è allora immediato, in base alle relazioni:

$$C_d = \sqrt{\frac{\Sigma V^2}{n - 1}} \quad ; \quad C_o = \frac{\Sigma V^3}{(n - 1)\, C_d^3}$$

dove $n$ indica il numero degli anni di osservazione e $\Sigma V^2$, $\Sigma V^3$ rispettivamente la somma ponderata dei quadrati e dei

TABELLA IV.

REGOLAZIONE NEL TRIMESTRE 1° OTTOBRE-31 DICEMBRE PER LA PRODUZIONE DI 10A kWh AL GIORNO.

SUPERI E DEFICENZE.

| Anno | Volume in $10^3$ mc | Anno | Volume in $10^3$ mc |
|---|---|---|---|
| 1893 | — 5 600 | 1911 | — 61 000 |
| 1894 | — 181 000 | 1912 | — 42 900 |
| 1895 | — 142 000 | 1913 | 240 000 |
| 1896 | — 10 800 | 1914 | — 28 500 |
| 1897 | — 86 300 | 1915 | — 26 800 |
| 1898 | — 70 000 | 1916 | — 12 100 |
| 1899 | — 223 000 | 1917 | — 33 000 |
| 1900 | 234 000 | 1918 | — 66 000 |
| 1901 | 170 000 | 1919 | — 83 000 |
| 1902 | — 36 900 | 1920 | 310 000 |
| 1903 | — 65 800 | 1921 | — 230 000 |
| 1904 | — 173 000 | 1922 | — 41 000 |
| 1905 | — 40 000 | 1923 | — 95 000 |
| 1906 | — 98 700 | 1924 | — 30 000 |
| 1907 | — 900 | 1925 | — 100 000 |
| 1908 | — 112 600 | 1926 | — 86 000 |
| 1909 | — 25 800 | 1927 | — 56 000 |
| 1910 | — 18 600 | 1928 | — 69 000 |

TABELLA V.

REGOLAZIONE NEL TRIMESTRE 1° OTTOBRE-31 DICEMBRE PER LA PRODUZIONE DI 10 A kWh AL GIORNO.

CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DISPERSIONE E DI OBLIQUITÀ.

| Volumi di 10 in 10 milioni di mc (1) | | N.° dei casi | [(1) × (2)] $10^6$ mc | Volumi 1 *b*) in parti del valore medio | $V$ (5) | | $V^2$ | $\Sigma V^3$ [(2) × (6)] | $V^3$ (8) | | $\Sigma V^3$ [(2) × (8)] (9) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a*) | *b*) | (2) | (3) | (4) | + | — | (6) | (7) | + | — | + | — |
| — 230 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | | 1,000 | | 1,000 |
| — 220 | 10 | 1 | 10 | 0,05 | | 0,95 | 0,90 | 0,90 | | 0,857 | | 0,857 |
| — 180 | 50 | 1 | 50 | 0,27 | | 0,73 | 0,53 | 0,53 | | 0,389 | | 0,389 |
| — 170 | 60 | 1 | 60 | 0,32 | | 0,68 | 0,46 | 0,46 | | 0,314 | | 0,314 |
| — 140 | 90 | 1 | 90 | 0,49 | | 0,51 | 0,26 | 0,26 | | 0,133 | | 0,133 |
| — 110 | 120 | 1 | 120 | 0,65 | | 0,35 | 0,12 | 0,12 | | 0,043 | | 0,043 |
| — 100 | 130 | 3 | 390 | 0,70 | | 0,30 | 0,09 | 0,27 | | 0,027 | | 0,081 |
| — 90 | 140 | 2 | 280 | 0,76 | | 0,24 | 0,06 | 0,12 | | 0,014 | | 0,028 |
| — 80 | 150 | 1 | 150 | 0,81 | | 0,19 | 0,04 | 0,04 | | 0,007 | | 0,007 |
| — 70 | 160 | 4 | 640 | 0,86 | | 0,14 | 0,02 | 0,08 | | 0,003 | | 0,012 |
| — 60 | 170 | 2 | 340 | 0,92 | | 0,08 | 0,01 | 0,02 | | 0 | | 0,— |
| — 40 | 190 | 4 | 760 | 1,02 | 0,02 | | 0,— | 0,— | 0,— | | 0,— | |
| — 30 | 200 | 5 | 1000 | 1,08 | 0,08 | | 0,01 | 0,05 | 0,— | | 0,— | |
| — 20 | 210 | 1 | 210 | 1,13 | 0,13 | | 0,02 | 0,02 | 0,002 | | 0,002 | |
| — 10 | 220 | 3 | 660 | 1,19 | 0,19 | | 0,04 | 0,12 | 0,007 | | 0,021 | |
| 0 | 230 | 1 | 230 | 1,24 | 0,24 | | 0,06 | 0,06 | 0,014 | | 0,014 | |
| 170 | 400 | 1 | 400 | 2,16 | 1,16 | | 1,34 | 1,34 | 1,561 | | 1,561 | |
| 230 | 460 | 1 | 460 | 2,48 | 1,48 | | 2,19 | 2,19 | 3,242 | | 3.242 | |
| 240 | 470 | 1 | 470 | 2,54 | 1,54 | | 2,37 | 2,37 | 3,652 | | 3,652 | |
| 310 | 540 | 1 | 540 | 2,92 | 1,92 | | 3,69 | 3,69 | 7,078 | | 7,078 | |
| | | 36 | 6860 | | | | | 13,64 | | | 15,570 | 2,864 |
| | | | | | | | | | | | — 2,864 | |
| | | | | | | | | | | | 12.706 | |

$$\text{Valore medio } \frac{\Sigma(3)}{\Sigma(2)} = \frac{6860 \times 10^6}{36} = 185 \times 10^6 \text{ mc}$$

$$C_d = \sqrt{\frac{\Sigma V^2}{n - 1}} = 0{,}625$$

$$C_o = \frac{\Sigma V^3}{(n - 1)\, C_d^3} = 1{,}38$$

Tabella VI.

REGOLAZIONE NEL TRIMESTRE 1° OTTOBRE-31 DICEMBRE PER LA PRODUZIONE DI 10A kWh AL GIORNO.

Curve delle durate probabili.

| Durata in % | 0,01 | 0,1 | 1 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 | 99 | 99,9 | 99,99 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Scostamenti percentuali dal valore medio per $C_o = 1,70$ e $C_d = 1$ .. | 587 | 490 | 347 | 208 | 140 | 67 | 21 | — 10 | — 33 | — 51 | — 66 | — 78 | — 88 | — 91 | — 92 | — 92 | — 92 |
| Scostamenti percentuali dal valore medio per $C_o = 1,70$ e $C_d = 0,62$ | 364 | 304 | 215 | 129 | 87 | 42 | 13 | — 6 | — 20 | — 32 | — 41 | — 48 | — 55 | — 56 | — 57 | — 57 | — 57 |
| Volumi in % del valore medio .......... | 464 | 404 | 315 | 229 | 187 | 142 | 113 | 94 | 80 | 68 | 59 | 52 | 45 | 44 | 43 | 43 | 43 |
| Volumi in $10^6$ mc .... | 860 | 748 | 583 | 424 | 346 | 263 | 209 | 174 | 148 | 126 | 109 | 96,2 | 83,2 | 81,4 | 79,6 | 79,6 | 79,6 |
| Superi o deficienze in $10^6$ mc ............ | 630 | 518 | 353 | 194 | 116 | 33 | —21 | —56 | — 82 | — 104 | — 121 | −133,8 | −146,8 | −148,6 | −150,4 | −150,4 | −150,4 |

cubi degli scostamenti $V$ (come « peso » viene assunta la frequenza di $V$ ossia il numero degli anni, nei quali il valore $V$ si è verificato). Attesa la lunghezza relativamente limitata della serie di osservazioni si è ritenuto necessario correggere il valore ottenuto di $C_o$ secondo il coefficiente di correzione indicato dal Foster ed eguale, per il caso in esame, a $K = 1 + \frac{8,5}{n} = 1,236$.

In base all'esame dei valori di $C_d$ e $C_o$ è stato scelto il tipo teorico di distribuzione di frequenza che meglio si prestava alla rappresentazione dei dati statistici.

Per il tipo stesso (designato con I medio nella nota in appendice) il Foster fornisce una tabella per il calcolo delle ordinate della curva delle durate probabili (1). In essa sono indicati, per una serie sufficientemente estesa di durate (espresse in percentuale dell'intero periodo — vedi tabelle III e VI), dei coefficienti che moltiplicati per $G_d$ danno gli scostamenti percentuali dalla media dei valori corrispondenti della grandezza osservata (vedi righe 2ª e 3ª delle tabelle ora citate).

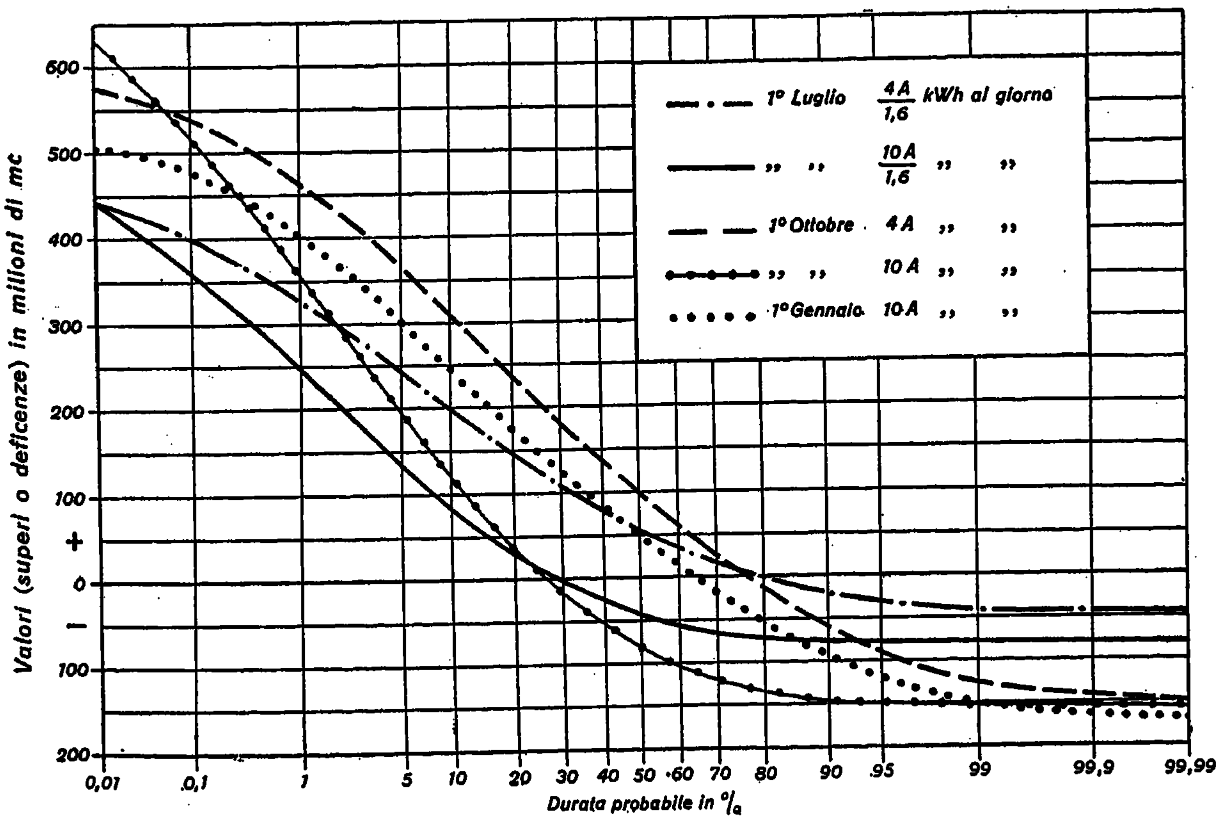



Fig. 2.

Dedotti in base a tali scostamenti i valori percentuali ed assoluti (in milioni di mc.) dei volumi (vedi riga 4ª e 5ª), sottraendo da essi il valore minimo della serie statistica (in $10^6$ mc) si ottengono i superi o le deficenze corrispondenti alle singole durate probabili.

La rappresentazione grafica della curva delle durate risulta molto più evidente ed il tracciamento più agevole, facendo uso della cosiddetta « *probability paper* » indicata da Allen Hazen, nella quale la scala delle ascisse (nel caso presente « durate ») è costruita riportando, per ogni singolo valore del tempo $t$, segmenti proporzionali all'espressione $\frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^t e^{-t^2} dt$, dove $e$ indica la base di logaritmi iperbolici (1). Nelle zone prossime alla durata del 50 % l'andamento del diagramma è all'incirca rettilineo; in corrispondenza dei valori massimi e minimi delle durate, la lettura del grafico risulta, anche per piccole differenze di ascisse, sufficientemente chiara.

Le curve delle durate probabili dei superi o delle deficenze all'inizio di ciascuno dei trimestri e per i tipi di produzione considerati sono riportate nei grafici della figura 2.

Non si è ritenuto opportuno tracciare le curve relative al trimestre 1° aprile-30 giugno per le due ipotesi di produzione $\left(4 \frac{A}{1,6}\right.$ e $\left.10 \frac{A}{1,6} \text{ kWh al giorno rispettivamente}\right)$ e al trimestre 1° gennaio-31 marzo per la ipotesi inferiore (produzione di 4 A kWh al giorno), in quanto la portata naturale del fiume è nei suddetti periodi sempre sufficiente ad assicurare da sola la produzione richiesta.

L'esame dei grafici fornisce immediatamente i valori ricercati; così, per esempio, per assicurare la produzione di 10 A kWh al giorno durante il trimestre dal 1° ottobre al 31 dicembre con una probabilità di esecuzione del 99 % occorrerebbe avere disponibile nel serbatoio al 1° di ottobre una riserva di 150 milioni di mc circa.

Se ora assegnamo a ciascuna delle due ipotesi di produzione

(1) L'adozione della curva delle durate in luogo di quella delle frequenze presenta nelle applicazioni il vantaggio di una maggior facilità di tracciamento e, per il caso particolare che qui si considera, di fornire direttamente il grado di probabilità come sopra definito.

(1) Ne segue quindi che serie di valori statistici disposti secondo la legge di Gauss danno luogo ad una curva di durata rettilinea nella rappresentazione sulla « probability paper ».

un certo grado di probabilità di essere soddisfatta e ricaviamo per ogni trimestre (in base ai grafici della fig. 2) il corrispondente valore della riserva necessaria all'inizio del trimestre stesso, potremo ottenere delle norme di funzionamento del serbatoio, seguendo le quali le due ipotesi di produzione avranno in una serie d'anni la probabilità di esecuzione assegnata.

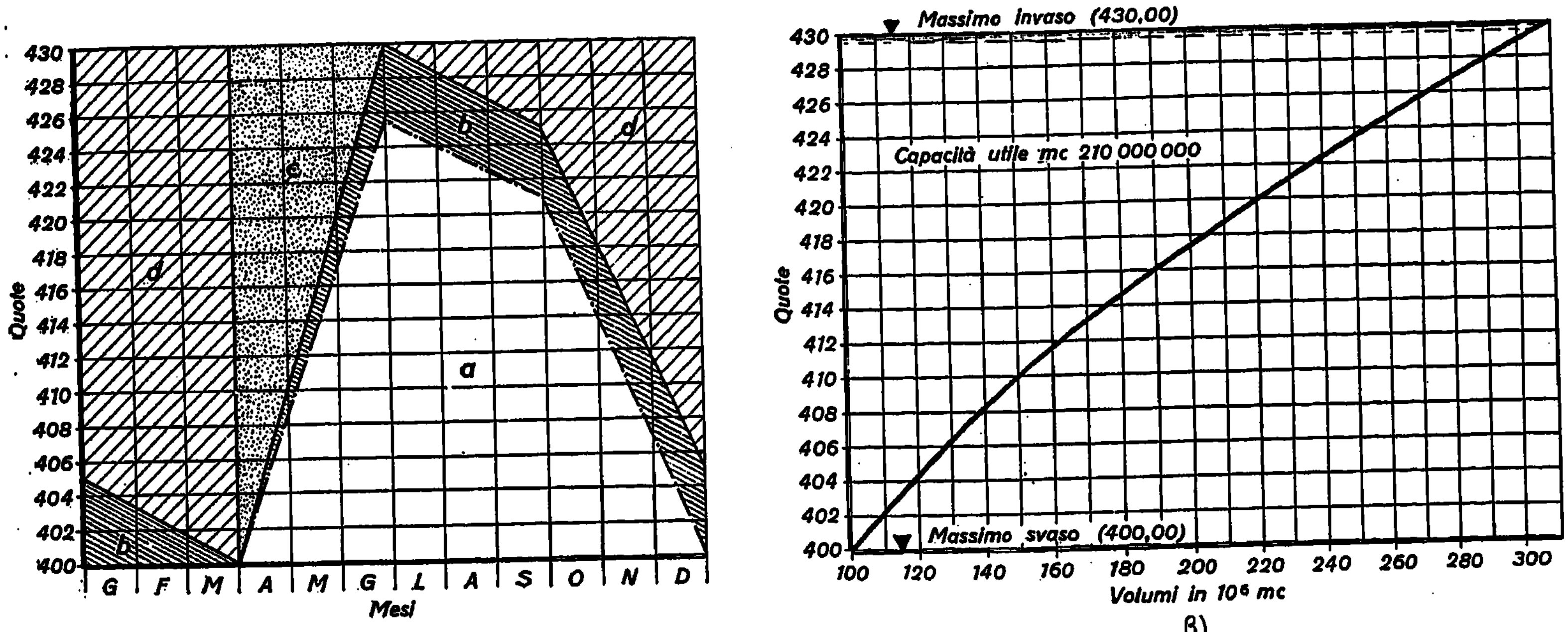
I criteri da seguire nella determinazione del grado di probabilità da assegnare ad una ipotesi di produzione non possono, naturalmente, essere fissati in generale (1) in quanto essi variano secondo le condizioni speciali che caratterizzano ogni applicazione. Nel caso in esame essi risultavano determinati, nei riguardi dell'energia di punta, dalla considerazione delle condizioni di penalità imposte per mancata fornitura e dalla differenza del valore di vendita delle due qualità di kWh.

In base a questi criteri si è stati condotti a fissare il valore di 99 % per il grado di probabilità di fornitura dell'energia di punta (4 A kWh al giorno) nel periodo autunno-invernale. Dovremo quindi (vedi fig. 2) avere disponibile nel serbatoio, al 1° ottobre di ogni anno, una riserva utile di 128 milioni di mc, la riserva necessaria per il trimestre 1° gennaio-31 marzo essendo nulla.

Per il semestre estivo-autunnale e, sempre per l'ipotesi della produzione di punta $\left(4 \frac{A}{1,6} \text{ kWh al giorno}\right)$, abbiamo assunto, in base a criteri analoghi a quelli che ci hanno servito per il caso precedente, una probabilità di esecuzione del 95 %. La riserva necessaria al 1° aprile risulta nulla; al 1° luglio occorre invece, per assicurare la produzione di punta fino al 30 settembre, avere nel serbatoio circa 32 milioni di mc. Questi, aggiunti ai 123 da avere disponibili al 1° ottobre portano la riserva necessaria al 1° luglio a 155 milioni di mc.

Determinate in base alla curva delle capacità del serbatoio (vedi fig. 3 β) le quote di ritenuta corrispondenti alle riserve necessarie, riportandole come ordinate in un diagramma che abbia per ascisse i mesi dell'anno, e collegandole, otteniamo (vedi figura 3 α) la spezzata che delimita l'area *a*: essa ci dà, per ogni data, il limite minimo di ritenuta al di sotto del quale non si deve scendere se si vuole che la produzione di energia di punta rimanga assicurata colle probabilità sopra assegnate. Analogamente abbiamo operato per l'ipotesi di produzione di 10 A e $10 \frac{A}{1,6}$ kWh per giorno, rispettivamente nei due semestri autunno-invernale e primaverile-estivo.

Il grado di probabilità assegnato all'esecuzione di questa produzione (sempre in base ai criteri già accennati) è stato del 70 %. I valori ottenuti per le riserve necessarie (v. fig. 2) sono: 20 milioni di mc al 1° gennaio, 0 al 1° aprile, 65 al 1° di luglio e 121 al 1° di ottobre. Si è così tracciata la spezzata che racchiude l'area *b*: (vedi fig. 3 α): essa rappresenta la legge limite di svaso del serbatoio da seguire per poter garantire col grado di probabilità prefissato la produzione suaccennata.




α) β)

Fig. 3.

Nelle zone indicate con *d* la produzione sarà la massima compatibile colle richieste del mercato e colle capacità dell'impianto. Nella zona *c*, invece, la produzione deve essere limitata a $10 \frac{A}{1,6}$ kWh al giorno per permettere l'immagazzinamento delle piene primaverili.

5) – Conclusioni.

Il problema della determinazione delle norme di regolazione di un serbatoio si presenta di frequente nello studio sia di utilizzazioni per forza motrice, o per irrigazione, sia di sistemazioni per la difesa contro le piene.

Nelle soluzioni concrete di problemi del genere si suole per lo più far ricorso a criteri empirici, nella giustificazione dei quali si può riconoscere talora un grossolano implicito riferimento ai principi del calcolo delle probabilità. Più giustificata appare oggi l'applicazione su basi rigorose dei metodi statistici del calcolo delle probabilità, in virtù sia dello sviluppo che detti metodi hanno avuto negli ultimi anni sia della sempre crescente mole del materiale di osservazione.

Ha formato oggetto della presente nota l'esame di un particolare aspetto del problema sopra accennato, e cioè della previsione delle norme di esercizio di un impianto per produzione di forza motrice, atte ad assicurare il miglior rendimento economico in relazione con le esigenze del mercato.

È noto infatti che in quasi tutti gli impianti possono riconoscersi prestazioni di interesse predominante, alle quali devesi ragionevolmente conferire un grado di probabilità di esecuzione superiore a quello delle altre.

L'esame del problema secondo il metodo qui applicato consente di suggerire norme razionali di funzionamento rispondenti ad una conciliazione ponderata dei due opposti criteri, di eccessiva prudenza, che potrebbero condurre a sacrificare inutilmente prestazioni secondarie, ma tuttavia interessanti; o di eccessiva fiducia che indurrebbero a soddisfare esigenze minori, a scapito del grado di sicurezza di quelle di più alto valore.

Osserviamo che il metodo stesso potrebbe utilmente essere impiegato nella risoluzione di problemi attinenti al dimensionamento delle opere di impianti, per dedurre criteri di orientamento nelle contrattazioni di vendita dell'energia, e in numerosi altri casi.

---

(1) Lo scrivente si propone di ritornare sull'argomento per alcuni casi tipici, dedotti da quelli che più comunemente si presentano, coll'aiuto di alcune ipotesi semplificative.

APPENDICE

# Sul significato e sulla deduzione delle curve di frequenza

L'applicazione dei principi del calcolo delle probabilità ai dati statistici ha per fine di determinare sulla base dell'esame di una serie limitata di dati d'osservazione, relativi a più variabili, dei legami (*leggi*) fra i valori probabili (1) di una delle variabili e quelli corrispondenti (prefissati) di una variabile correlata, con quei limiti di approssimazione che la natura del fenomeno in esame e il numero delle osservazioni a disposizione consentono. Non si tratta, beninteso, di « *leggi* » col significato che a tale termine viene attribuito nelle scienze esatte, ma di ipotesi, confermate da maggiore o minor copia di dati sperimentali, circa le modalità di verificarsi dell'evento.

Agevola la ricerca di queste leggi l'uso di particolari criteri nell'ordinare i dati statistici e, in primo luogo, per ciò che concerne i fenomeni naturali, l'uso delle ***distribuzioni di frequenza***, ossia l'ordinamento dei valori del fenomeno in base alla corrispondente frequenza nella serie dei dati. (La corrispondenza così stabilita non è generalmente biunivoca).

I risultati ricevono una maggiore evidenza dalla loro rappresentazione in un piano coordinato, ove a definire ciascuno degli elementi in esame (valore della grandezza e frequenza corrispondente) (2) possono essere assunti i valori assoluti o percentuali, o i logaritmi dei valori stessi. I diagrammi (curve o rette, a seconda della natura della grandezza osservata e del tipo di rappresentazione grafica) che si ottengono, vengono denominati *curve di frequenza*. Raramente nei casi pratici la serie dei dati a disposizione, in causa della sua limitata estensione, permetterebbe di determinare l'andamento della curva di frequenza relativa all'evento in esame con attendibilità sufficiente, perchè se ne potessero dedurre gli indici di probabilità dei singoli valori dell'evento. Si ricorre perciò ad una estrapolazione, per così dire, dei dati empirici secondo il seguente procedimento.

Dall'esame delle proprietà caratteristiche delle curve di frequenza relative ai fenomeni naturali, si deduce l'espressione analitica di una generica curva di frequenza (in forma differenziale) e si opera quindi (con metodo inspirato a criteri analoghi a quelli seguiti da Fourier nello studio dei fenomeni periodici) la decomposizione della curva stessa in diagrammi tipici, ciascuno dei quali valevole per una determinata categoria di eventi. Per le singole curve di frequenza elementari così ottenute, vengono poi ricavati pochi coefficienti caratteristici atti ad individuarle pienamente; e sulla base di questi coefficienti, una volta determinato il tipo di curva di frequenza corrispondente all'evento in esame, viene operata la correzione dei dati empirici, (o, come abbiamo detto sopra, l'estrapolazione della serie sperimentale disponibile) al fine di dedurre la frequenza probabile di ogni valore dell'evento.

Il procedimento ora accennato è stato sviluppato ampiamente dal Sig. W. Palin Elderton nella memoria « Frequency curves and correlation ». I concetti fondamentali del metodo, ed in particolare la sua applicazione ai fenomeni idrologici, formano oggetto di una nota presentata dal Sig. H. Alden Foster alla Associazione degli Ingegneri Civili Americani (3) e di quelle presentate poi da altri autori, durante la discussione (tra le quali ricordiamo specialmente la nota del Sig. Standish Hall).

Nella forma generale, l'equazione differenziale delle curve di frequenza può scriversi:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y\,(x+c)}{f\,(x)} \tag{1}$$

ove $f$ (x) dinota una funzione generica della $x$, finita, continua e derivabile nel campo di valori considerato, e sviluppabile quindi in serie di Mac'Laurin. L'equazione scritta soddisfa alle due condizioni: che per $x = -C$, $\frac{dy}{dx} = 0$, e la curva ha un massimo per un valore finito della $x$; che per $y = 0$ $\frac{dy}{dx} = 0$, cioè agli estremi la curva è tangente all'asse delle $x$, o ha questo asse come asintoto. Sviluppando la $f$ (x) in serie di potenze ed arrestando lo sviluppo al termine di 2° grado, la (1) può scriversi

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y\,(x+C)}{c_0 + c_1 x + c_2 x^2} \tag{1'}$$

ove $c_0$, $c_1$, $c_2$, indicano opportuni parametri. La forma particolare della curva di frequenza dipende dal valore delle radici dell'equazione che si ottiene eguagliando a zero il polinomio del denominatore, e quindi dal valore del discriminante

$$D = \frac{c_1^2}{4\,c_0\,c_2}$$

Applicando il procedimento noto col nome di « metodo dei momenti » (1) i valori dei parametri $c_0$, $c_1$, $c_2$ e del discriminante $D$ si possono esprimere in funzione dei momenti di 2°, 3° e 4° ordine dell'area racchiusa dalla curva di frequenza rispetto all'asse baricentrico, ove il momento di ordine $r$ viene definito dall'espressione $\int x'^r\, y\, d\,x'$, essendo l'integrale esteso all'intiero campo di variazione delle ascisse $x'$.

I momenti di ordine 0,1 e 2 rappresentano quindi rispettivamente l'area della curva, il momento statico rispetto all'asse baricentrico (di valore nullo) e il momento di inerzia: i momenti di 3° e 4° ordine non hanno una designazione particolare nella meccanica. Se si indicano con $\mu_2$, $\mu_3$, $\mu_4$ i rapporti dei momenti di ordine 2°, 3° e 4° all'area, ($\mu_2$ è quindi il quadrato del raggio d'inerzia rispetto all'asse baricentrico) e si pone

$$\gamma_1 = \frac{\mu_3^2}{\mu_2^3} \quad ; \quad \gamma_2 = \frac{\mu_4}{\mu_2^2}$$

il valore del discriminante $D$ risulta:

$$D = \frac{\gamma_1\,(\gamma_2+3)^2}{4\,(4\,\gamma_2 - 3\,\gamma_1)\,(2\,\gamma_2 - 3\,\gamma_1 - 6)}$$

In relazione ai valori che assume $D$ nell'intervallo tra $-\infty$ e $+\infty$, si distinguono 7 tipi di curve di frequenza che qui elenchiamo:

*Tipo I* – Curva limitata in ambedue le direzioni ed obliqua.

*Tipo II* – Curva limitata in ambedue le direzioni e simmetrica.

*Tipo III, V e VI* – Curve limitate in una sola direzione ed oblique.

*Tipo IV* – Curva non limitata ed obliqua.

*Tipo VII* – Curva non limitata e simmetrica (2).

---

(1) È noto che a fondamento delle applicazioni del calcolo delle probabilità alla statistica sta il postulato, di carattere sperimentale, che « se un evento ha una probabilità costante in ogni prova di una serie, la *frequenza* deducibile dall'esame della serie stessa, dà un valore della probabilità che è, ordinariamente, tanto più approssimato quanto maggiore è il numero delle prove fatte »; si dice anche, con linguaggio improprio che la frequenza *tende*, col crescere del numero delle prove, al valore della probabilità (vedi in proposito Castelnuovo, op. cit.). Per ciò che concerne le pratiche applicazioni sarebbe lecito di parlare soltanto di metodi di previsione delle frequenze; tuttavia i termini probabilità e calcolo delle probabilità saranno, secondo l'uso più comune, anche qui adoperati.

(2) Allorchè i valori del fenomeno osservato sono disposti in ordine di successione temporale, a definire la *frequenza* di ogni singolo valore può essere assunto, anzichè il numero dei casi in cui detto valore si è verificato, l'intervallo di tempo durante il quale è stato osservato (od anche il rapporto di questo intervallo al totale coperto dalla serie).

(3) H. Alden Foster – *Theoretical frequency curves and their application to engineering problems*. - Trans. of Am. Soc. of. Civ. Eng. - 1924, pag. 142.

---

(1) Il « metodo dei momenti » (vedi Castelnuovo, op. cit., vol. II, pag. 85 e segg) rientra nella categoria generale dei procedimenti usati per ricavare da una serie di dati di osservazione intorno ad un determinato fenomeno, la funzione più *adatta* a rappresentarne la legge di variazione; funzione definita dalla condizione che lo scostamento complessivo (*errore*) dei valori forniti dalla funzione rispetto a quelli osservati, sia il minimo. Allorchè la curva che si assume a rappresentare l'andamento dei valori sperimentali è una parabola, il metodo dei momenti corrisponde sostanzialmente ad un'applicazione del metodo dei minimi quadrati; ove la curva sia di diversa natura, come nel caso in esame (spetta al Pearson tale estensione del metodo dei momenti) si può considerare « come una trasformazione approssimata del metodo dei minimi quadrati ».

(2) La curva di frequenza VII corrisponde alla legge di Gauss; è vale quindi in particolare per gli errori accidentali di osservazione

La simmetria è definita rispetto all'asse baricentrico, i termini « limitata » e « non limitata » significano l'esistenza di valori estremi, superiori ed inferiori al valore medio aritmetico, di frequenza nulla (o, con riguardo alle pratiche applicazioni, la possibilità di assegnare dei valori estremi, per i quali la probabilità statistica, nei limiti di approssimazione che la natura del fenomeno richiede, sia da ritenersi di ordine trascurabile).

Le distribuzioni di frequenza relative alle portate di un corso d'acqua, quali appaiono dall'esame dei dati statistici, sono caratterizzate da un'asimmetria rispetto al valore medio, nel senso che la frequenza di ordine più elevato (la maggiore *probabilità*) corrisponde ad un valore in varia misura discosto dalla portata media e a questa minore. Non sono quindi adatte a rappresentare tali distribuzioni le curve dei tipi II e VII (simmetriche), e nemmeno quelle dei tipi IV, V e VI in quanto per esse il valore più probabile risulta superiore al valore medio aritmetrico; possono essere adottate soltanto le curve dei tipi I e III. Per quelle dell'ultimo tipo, Foster dà una trattazione analitica assai semplice, in quanto per esse si dimostra che il valore di $\gamma_2$ (la cui determinazione implicherebbe quella dei momenti di 4° ordine, in generale di scarsa attendibilità in base ai dati di una serie di osservazioni di limitata estensione) è nullo; tra le infinite curve del tipo I assumendo, secondo le proposte di Hall, quella che definisce un'andamento medio si giunge ad esprimere $\gamma_2$ come funzione di $\gamma_1$ e quindi ci si può limitare anche in questo caso a ricavare dai dati statistici i momenti di ordine inferiore o eguale a 3.

Si nota allora che tanto per il tipo I medio, quanto per il tipo III, possono essere definiti e sono di facile deduzione due coefficienti, in funzione dei quali vengono espressi tutti gli elementi caratteristici delle curve. Ciò facilita notevolmente l'applicazione delle curve stesse. Esse sono il « coefficiente di dispersione » (*coefficient of variation, deviation*), espresso da $C_d = \sqrt{\gamma_2}$ e quindi pari al raggio d'inerzia dell'area racchiusa dalla curva rispetto all'asse baricentrico, e il « coefficiente di obliquità » (*coefficient of skewness*) $C_o$, definito come rapporto della differenza tra il valore, cui compete la massima frequenza, e il valore medio al raggio d'inerzia (o *standard variation*).

Ambedue i coefficienti di dispersione ed obliquità, sono evidentemente in relazione coll'irregolarità del regime delle portate, e si prestano in certo qual modo a rappresentarne il grado.

Le quantità $\mu_2$, $\mu_3$, $\gamma_1$ e $C_d$, $C_o$ sono fra loro legate dalle relazioni:

$$\mu_2 = C_d^2 \quad ; \quad \mu_3 = C_o\, C_d^3$$

e quindi $\gamma_1 = \frac{\mu_3^2}{\mu_2^3} = C_o^2$. La differenza tra il valore di frequenza più elevata e quello medio aritmetico, risulta, per quanto sopra detto, eguale a $C_d \cdot C_o$.

Anche serie limitate di dati statistici consentono di ricavare valori sufficientemente approssimati di $C_d$ relativi all'evento in esame; è necessario invece apportare una correzione al valore di $C_o$, essendo questo influenzato in misura notevole dal numero delle osservazioni. Per le curve del tipo I medio e III può adottarsi come coefficiente di correzione di $C_o$

$$k = 1 + \frac{8.5}{n}$$

ove $n$ indica il numero delle osservazioni.

Un rapido procedimento di calcolo dei valori di $C_d$ e $C_o$ che competono ad una serie di $n$ dati statistici $x_i$ ($i = 1, 2, \ldots n$) discende ovviamente dalla definizione dei coefficienti $C_d$ e $C_o$.

Se si esprimono infatti i singoli valori $x_i$ in per cento della media $m$ $\left(\text{ove } m = \frac{\Sigma_1^n x_i}{n}\right)$ e si indicano con $V_i$ gli scostamenti di detti valori percentuali dall'unità, cioè

$$V_i = \frac{x_i}{m} - 1$$

risulta $\mu_2 = \frac{\Sigma_1^n V_i^2}{n-1}$ ; $\mu_3 = \frac{\Sigma_1^n V_i^3}{n-1}$

e quindi: $C_d = \sqrt{\mu_2} = \sqrt{\frac{\Sigma_1^n V_i^2}{n-1}}$

(cioè il coefficiente di dispersione è eguale all'errore quadratico medio come definito nel metodo dei minimi quadrati) e:

$$C_o = \frac{\mu_3}{C_d^3} = \frac{\Sigma_1^n V_i^3}{(n-1)\, C_d^3}$$

Se i valori $x_i$ sono ordinati in una distribuzione di frequenza, cioè è stabilita una correlazione fra $r$ valori differenti $x_r$ della variabile $x$ ($r < n$) e le corrispondenti frequenze $f_r$ si avrà evidentemente:

$$C_d = \sqrt{\frac{\Sigma_1^r f_r V_r^2}{n-1}} \text{ e } C_o = \frac{\Sigma_1^r f_r V_r^3}{(n-1)\, C_d^3}$$

Con queste ultime relazioni sono calcolati i valori dei coefficienti di dispersione e di obliquità nell'applicazione esposta.

Una differenza fondamentale tra le curve del tipo I e del tipo III e che discende della definizione analitica, risiede nell'esistenza o meno di un valore superiore alla media aritmetica di frequenza nulla. Quantunque sia raro il caso che in base a una serie di valori di portate si possa assegnare con sufficiente approssimazione un valore superiore cui compete una probabilità di ordine trascurabile, sta il fatto che una limitazione anche nel senso dei valori crescenti si impone nelle applicazioni pratiche al fine di ricavare i coefficienti caratteristici della distribuzione di frequenza considerata (in particolare i momenti di ordine 0,1 e 3). La preferenza quindi da accordare alle curve del tipo I, piuttosto che a quelle del tipo III, può essere decisa soltanto in base all'esame della serie dei dati di osservazione; l'esperienza indica infatti che, caso per caso, l'uno o l'altro dei due tipi meglio si presta a rappresentare l'andamento del fenomeno.

Un criterio discriminente può allora essere fornito, secondo il Foster, dal confronto dei valori dei coefficienti di dispersione ed obliquità; infatti si dimostra che per le curve del tipo I medio è:

$$C_d \leqq \sqrt{\frac{4\, C_o^2 + 7 + 2\, C_o}{7}}$$

per quelle del tipo III:

$$C_d \leqq \frac{1}{2}\, C_o.$$

Di solito le serie statistiche relative ad eventi idrologici vengono rappresentate a mezzo di curve di durata anzichè di curve di frequenza (notoriamente le prime rappresentano le curve integrali delle seconde). Il riferimento alle durate offre il vantaggio di una minore incertezza nel tracciamento delle curve specialmente ove si adotti la particolare scala delle ascisse (durate percentuali), proposta da Allen Hazen, e cui è già stato accennato.

L'esame dell'andamento della curva di durata può fornire un criterio di scelta fra i tipi I medio e III: se all'estremo superiore, cioè per i valori più elevati della grandezza la curva presenta la concavità verso l'alto, dinotando frequenze elevate anche di questi valori, è da adottarsi preferibilmente il tipo III; se, invece, la concavità è rivolta verso il basso e quindi le frequenze dei valori massimi vanno rapidamente decrescendo il tipo I medio sarà da prererirsi.

Una volta determinati $C_d$ e $C_o$ ed il tipo di distribuzione da adottarsi, il tracciamento della curva delle durate è immediata: infatti, per i tipi I medio e III e per coefficienti di obliquità compresi fra 0 e 2, o fra 0 e 3, rispettivamente il Foster fornisce già calcolati dei coefficienti che moltiplicati per $C_d$ danno in percento della media i valori delle ordinate corrispondenti alle singole durate.

ING. CLAUDIO MARCELLO.

DOTT. ING. EUGENIO CAMPINI

# Gli sforzi indotti dalle impedite dilatazioni termiche nei confronti con gli sforzi idrostatici nelle dighe a volta unica

SOMMARIO

§ I – Posizione del problema.
§ II – Il diagramma radiale della temperatura entro l'arco.
§ III – Le formule del Guidi.
§ IV – Le formule dell'Ippolito.
§§ V – VI – VII – Esempi di calcolo di dighe a volta per 50 metri di ritenuta.
§§ VIII – IX – X – Esempi di calcolo di dighe a volta per 140 metri di ritenuta.
§ XI – Le grandi dighe a volta unica progettate dalla S.G.E.T. nella forra di Santa Giustina (Noce-Trento).
§ XII – Eventuale protezione termica delle volte.
§ XIII – Fattori che limitano gli sforzi dovuti alla spinta termica.
§ XIV – Conclusioni.

## § I – Posizione del problema.

È noto dalla teoria matematica dell'elasticità che se un corpo omogeneo e isotropo a tre dimensioni, libero da vincoli esterni, viene assoggettato ad una variazione di temperatura che segua una legge lineare nello spazio, la deformazione termica non è accompagnata da tensioni interne.

Se invece detta legge di distribuzione spaziale della temperatura non è una funzione lineare delle coordinate dei punti dello spazio, la deformazione termica è accompagnata da tensioni che sono tanto più grandi quanto maggiore è la curvatura del diagramma termico.

Passando al campo a due dimensioni si trova che altre leggi di distribuzione, oltre a quella lineare, sono compatibili con l'annullamento delle tensioni interne e cioè tutte quelle che soddisfano alla nota equazione di Laplace, dette « funzioni armoniche ».

Questo importante aspetto del problema termoelastico è messo in evidenza dalle seguenti considerazioni:

Ad un corpo omogeneo e isotropo si comunichi una piccolissima quantità di calore, in modo che la temperatura di ogni sua particella $dS$ si elevi di $\tau\, dS$, essendo $\tau$ una funzione finita, continua ed uniforme delle coordinate del centro della particella.

È noto che se $k$ è il coefficiente di dilatazione lineare, ogni elemento lineare subisce, per unità di lunghezza, un allungamento $k\tau$, e quindi si ha, per tutte le direzioni $(\alpha, \beta, \gamma)$:

$$a\alpha^2 + b\beta^2 + c\gamma^2 + 2f\beta\gamma + 2g\gamma\alpha + 2h\alpha\beta = k\tau$$

cioè:

$$a = b = c = k\tau \qquad f = g = h = 0 \qquad (1)$$

Dunque la deformazione prodotta dall'elevazione di temperatura, quando la si consideri in sè, cioè indipendentemente dalle azioni elastiche che può provocare, non produce scorrimenti, ma solo dilatazioni $k\tau$ in tutte le direzioni.

Ma è ben chiaro che, in generale, il calore così comunicato, facendo variare le posizioni relative delle particelle, desta dappertutto tensioni elastiche, e perciò la deformazione prodotta, caratterizzata dalle solite funzioni $a, b, c, f, g, h,$ si può ritenere come risultante dalla deformazione

$$k\tau \ , \ k\tau \ , \ k\tau \ , \ 0 \ , \ 0 \ , \ 0$$

puramente termica, e dall'altra

$$a - k\tau \quad b - k\tau \quad c - k\tau \ , \ f \ , \ g \ , \ h$$

puramente elastica.

Cercando, per quest'ultima deformazione, le condizioni di equilibrio, si possono determinare i valori degli spostamenti, e conseguentemente le pressioni, le dilatazioni, ecc. per tutto lo spazio considerato.

Si trova che l'elevazione di temperatura, definita dalla funzione $\tau$, produce, in un corpo elastico, omogeneo ed isotropo, sottratto all'azione di qualunque altra forza esterna, effetti identici a quelli che si avrebbero applicando al corpo, supposto in equilibrio di temperatura, le forze seguenti:

$$X = -k(3A - 4B)\frac{\partial \tau}{\partial x} \qquad L = -k(3A - 4B)\tau\frac{\partial x}{\partial n}$$

$$Y = -k(3A - 4B)\frac{\partial \tau}{\partial y} \qquad M = -k(3A - 4B)\tau\frac{\partial y}{\partial n}$$

$$Z = -k(3A - 4B)\frac{\partial \tau}{\partial z} \qquad N = -k(3A - 4B)\tau\frac{\partial z}{\partial n}$$

in cui $X, Y, Z,$ sono le componenti per unità di volume secondo i tre assi ortogonali, $x, y, z$ quelle della forza di massa applicata alla particella $dS$;

$L, M, N$ sono le componenti per unità di superficie della pressione applicata all'elemento $ds$ del contorno;

$A$ e $B$ sono le costanti d'isotropia del corpo.

La temperatura si comporta, quindi, nel corpo, come funzione potenziale delle forze di massa, ed in superficie, come una pressione normale.

Ora domandiamoci se è possibile che l'elevazione $\tau$ di temperatura non desti forze elastiche.

Per questo è necessario e sufficiente che il potenziale $\Pi$ delle dette forze sia nullo, cioè che sia soddisfatta la (1).

Ricordiamo che le condizioni, necessarie e sufficienti perchè $a, b, c, f, g, h$ possano rappresentare le componenti di una deformazione, sono le seguenti:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial^2 a}{\partial y\, \partial z} = \dfrac{\partial}{\partial x}\left(\dfrac{\partial g}{\partial y} + \dfrac{\partial h}{\partial z} - \dfrac{\partial f}{\partial x}\right); & \dfrac{\partial^2 f}{\partial y\, \partial z} = \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \dfrac{\partial^2 b}{\partial z^2}\right) \\ \dfrac{\partial^2 b}{\partial z\, \partial x} = \dfrac{\partial}{\partial y}\left(\dfrac{\partial h}{\partial z} + \dfrac{\partial f}{\partial x} - \dfrac{\partial g}{\partial y}\right); & \dfrac{\partial^2 g}{\partial z\, \partial x} = \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{\partial^2 a}{\partial z^2} + \dfrac{\partial^2 c}{\partial x^2}\right) \\ \dfrac{\partial^2 c}{\partial x\, \partial y} = \dfrac{\partial}{\partial z}\left(\dfrac{\partial f}{\partial x} + \dfrac{\partial g}{\partial y} - \dfrac{\partial h}{\partial z}\right); & \dfrac{\partial^2 h}{\partial x\, \partial y} = \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{\partial^2 b}{\partial x^2} + \dfrac{\partial^2 a}{\partial y^2}\right) \end{cases}$$

in cui $a$, $b$, $c$ sono i coefficienti di allungamento dei tre elementi lineari paralleli agli assi e $f$, $g$, $h$ sono le metà degli scorrimenti mutui dei medesimi elementi.

Tenendo conto in queste equazioni della (1) si vede che esse equivalgono al simultaneo annullamento delle sei derivate seconde di $\tau$.

Dunque, $\tau$ deve essere funzione lineare delle coordinate, cioè:

$$\tau = \alpha x + \beta y + \gamma z + \delta$$

Ne segue che, quando $\tau$ non dipende linearmente dalle coordinate, si può essere sicuri che una deformazione elastica reagisce contro la deformazione puramente termica e l'equilibrio elastico si stabilisce in condizioni diverse da quelle che si avevano prima della comunicazione di calore.

Queste considerazioni, relative ad un campo a tre dimensioni, sono dovute al Cesaro (1).

Ho ritenuto opportuno rifare lo stesso cammino nel campo a due dimensioni ed ho trovato quanto segue.

Se il corpo è contenuto nel piano $x\ y$ si ha:

$$\begin{cases} a = \dfrac{\partial u}{\partial x} & f = 0 \\ b = \dfrac{\partial v}{\partial y} & g = 0 \\ c = 0 & h = \dfrac{1}{2}\left(\dfrac{\partial v}{\partial x} + \dfrac{\partial u}{\partial y}\right) \end{cases}$$

e quindi le sei condizioni di compatibilità soprascritte si riducono ad una sola:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x\, \partial y} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial^2 b}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 a}{\partial y^2}\right)$$

E supponendo:

$$a = b = k\tau \qquad h = 0$$

essa si trasforma nella seguente equazione

$$\frac{1}{2}\, k\left(\frac{\partial^2 \tau}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \tau}{\partial y^2}\right) = 0$$

cioè $\Delta^2(k\tau) = 0$ (equazione di Laplace).

Dunque, $\tau$, nel campo piano, deve essere «funzione armonica». Se $\tau$ non è funzione armonica, nascono, nel corpo a due dimensioni, tensioni elastiche per effetto dell'elevazione $\tau$ di temperatura.

Resta quindi dimostrato quanto avevo affermato più sopra.

Veniamo ora al caso pratico del corpo vincolato.

Se il corpo è vincolato, qualsiasi variazione di temperatura, lineare o non, genera reazioni dei vincoli le quali, agendo come forze esterne sul corpo, provocano delle tensioni interne che vanno ad aggiungersi a quelle derivanti dalla non linearità della distribuzione delle temperature.

Quest'ultimo è appunto il caso in esame, della diga di rite-

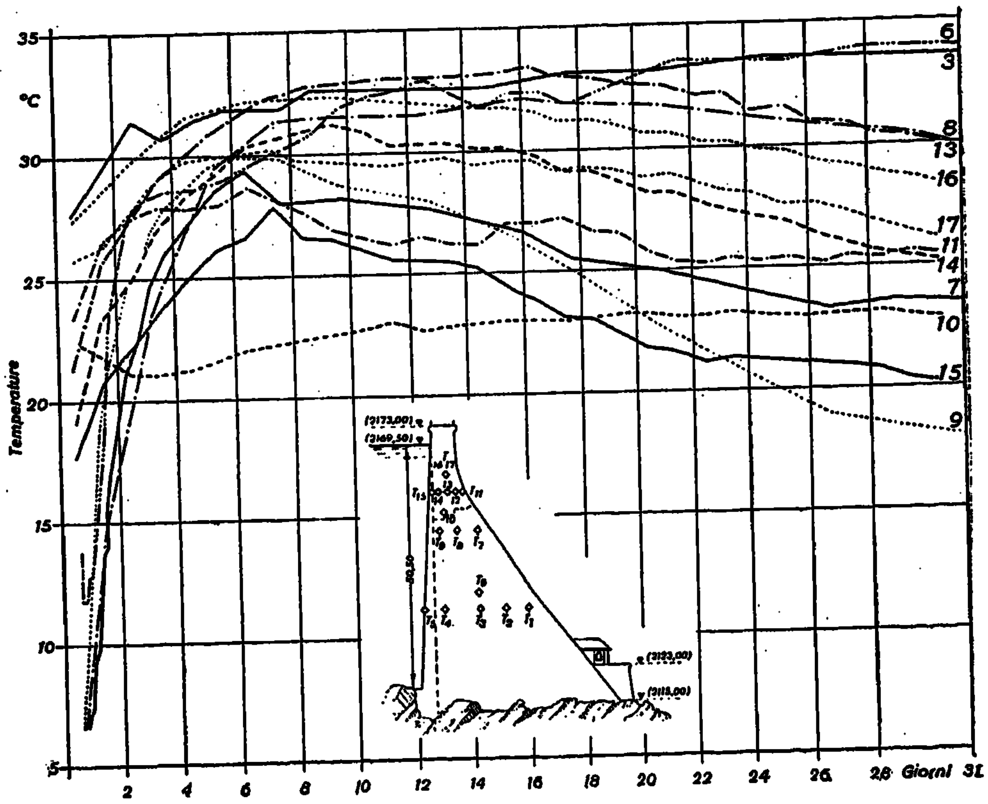



Fig. 1 - Diga di Cignana. Disposizione dei termometri elettrici e andamento delle temperature di presa del calcestruzzo nel primo mese.

nuta a volta unica, caso estremamente complesso che richiede la risoluzione di un problema di elasticità a 3 dimensioni. Volendo semplificare il problema ci si può limitare a calcolare

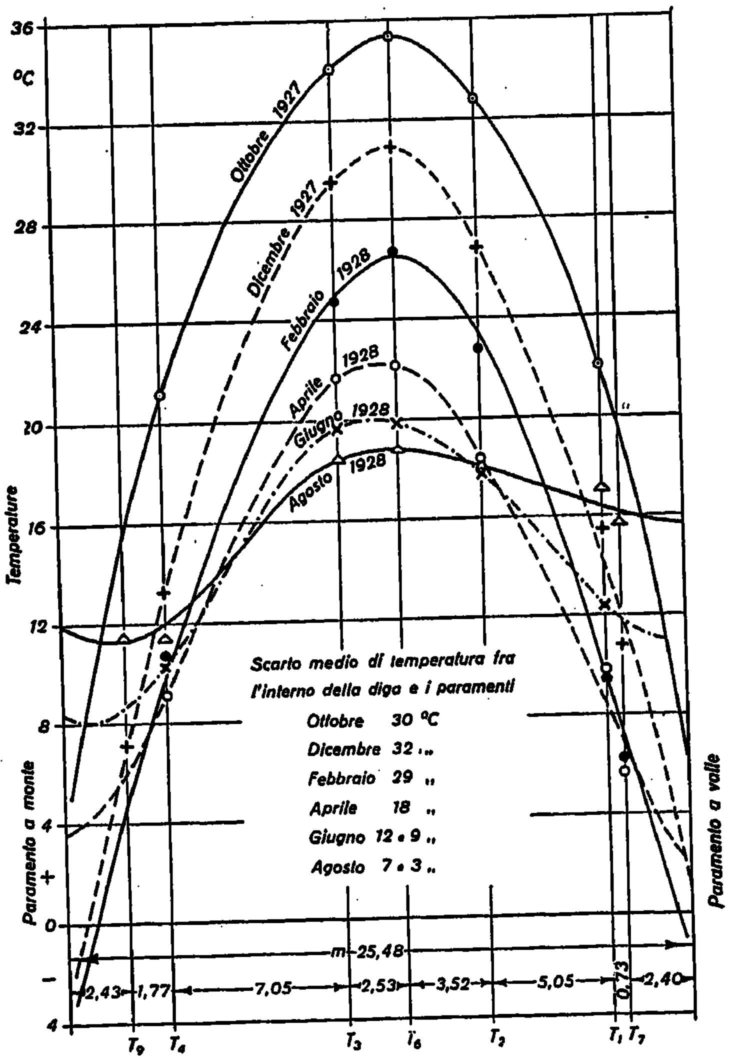



Fig. 2. - Diga di Cignana. Distribuzioni termiche nello spessore della diga (m 25,48) nella fase di raffreddamento (ottobre 1927 - agosto 1928), susseguente al periodo di presa.

gli sforzi nell'ipotesi di archi elastici indipendenti e perfettamente incastrati, con che si ottengono risultati di qualche utilità per la sola zona superiore, nella quale l'effetto di trave verticale, vincolata alla base, non è praticamente sentito.

Gli archi vicini alle fondazioni risentono invece notevolmente

(1) E. Cesaro: «Introduzione alla teoria matematica dell'elasticità» - Torino, F.lli Bocca, 1890.

l'influenza di detto vincolo, per cui gli sforzi termici, in essi indotti, sono certamente diversi da quelli indicati dalla teoria approssimata basata su detta ipotesi, e probabilmente più limitati (1).

Non mancano pregevoli studî che cercano di tener conto di questo fattore in modo analogo a quello seguito per il ca-

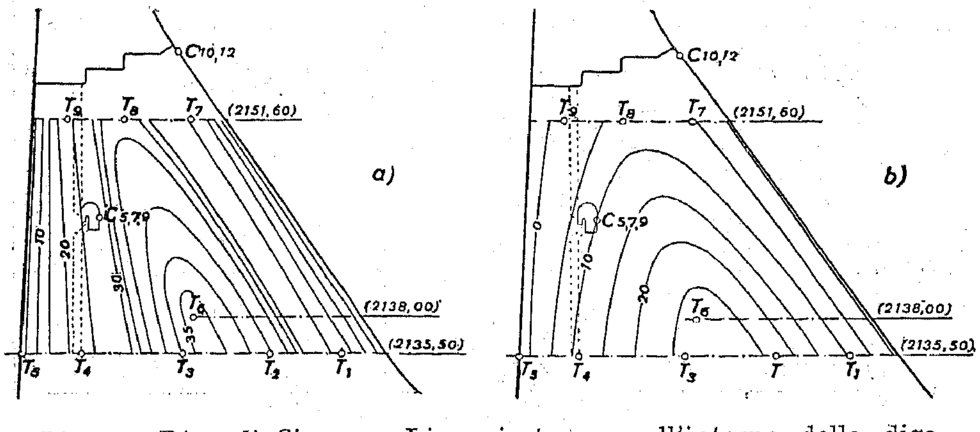



Fig. 3. - Diga di Cignana. Linee isoterme nell'interno della diga, per la prima quindicina di ottobre e per la prima di febbraio (1927-28). La propagazione dell'onda di freddo è evidente, specialmente dall'alto verso il basso; mentre il nucleo centrale ha avuto uno sbalzo di 10°, la parte più elevata della diga ha perduto 25°.

rico idrostatico e che devono essere consultati da chi voglia ulteriormente approfondire il problema.

Si deve però osservare che essi mettono in conto soltanto le tensioni derivanti dalla impedita dilatazione termica di tutto l'arco, trascurando le altre, forse altrettanto importanti, dovute alla « non armonicità » della distribuzione della variazione di temperatura nello spessore dell'arco.

Inoltre deve essere ricordato che, in senso verticale, la lastra curva, costituente la diga, è parzialmente impedita di muoversi e per ciò nascono tensioni termiche verticali durante il raffreddamento della volta.

In questa memoria io mi propongo di esaminare gli sforzi seguendo la via tracciata dal regolamento ministeriale (1931), cioè prescindendo dalla solidarietà degli anelli, onde fare alcuni utili confronti con gli sforzi idrostatici e trarne conclusioni pratiche nei riguardi del dimensionamento delle opere e della ripartizione delle armature di ferro nello spessore della muratura.

La trattazione teorica (dal § II a § IV) e la parte applicativa, con esempi numerici (dal § V al § X) prescindono dai fenomeni di raffreddamento e di contrazione di volume che accompagnano la stagionatura dei calcestruzzi costituenti le dighe in esame (3).

Di essi è fatto cenno nelle figg. 1, 2, 3, 25, e nei §§ XIII-XIV.

Negli esempi di calcolo citati si suppone che la chiusura dei giunti provvisori di contrazione, venga fatta a raffreddamento e ritiro ultimati e quando la temperatura media del muro sia vicina alla media annua della località in cui è costruito lo sbarramento. Gli sforzi interni teorici, calcolati per gli archi, si riferiscono quindi al periodo di esercizio del serbatoio, e sono dovuti alle variazioni termiche stagionali che periodicamente si verificano sui paramenti delle opere esaminate (figg. 4, 5).

(1) Si vedano in proposito i risultati delle interessanti esperienze del Guidi fatte a Torino, dei quali si fà cenno in questa nota nelle figg. 9, 10, 11, 12: « Esperienze termiche su di una diga a volta ». — « Atti R. Accademia delle Scienze di Torino », 1927.

(2) A. Stucky: « Etude sur les barrages arqués », *Bulletin Technique de la Suisse Romande*, 1922.

(3) A. H. White: « Engineering News », 6 luglio 1911.
Ross: « Sehweizerische Bauzeitung », vol. 85, N. 25.
A. Forti: « Osservazioni e proposte relative al Regolamento per la costruzione delle dighe », *L'Energia Elettrica*, luglio 1928.
F. Contessini: « La costruzione della diga di Cignana », *L'Energia Elettrica*, gennaio 1929.
L. Santarella: « Temperatura e ritiro nelle strutture di cemento armato ».
« Rendiconti del Seminario Matematico e Fisico di Milano », Vol. V, Anno 1931.

## § II – Il diagramma radiale della temperatura entro l'arco.

Accettato il criterio dell'arco elastico isolato, perfettamente incastrato, occorre poi fissare il diagramma della temperatura nello spessore della diga, in direzione radiale.

Orbene, per opera di teorici e di sperimentatori, nell'ultimo decennio si è potuto stabilire quanto segue:

1°) Che, se lo spessore della volta supera i m 2, il diagramma lineare, radiale, delle temperature da monte a valle porta a valutazioni eccessive, e che detto eccesso cresce rapidamente al crescere dello spessore (1).

2°) Che, se lo spessore della volta è intorno ai 50 centimetri, le temperature del paramento esposto all'aria, a serbatoio pieno, sono molto prossime a quelle dell'acqua, mentre invece se lo spessore della volta supera i m 3, la temperatura del paramento a valle è prossima a quella dell'aria (2).

Ne deriva: *a*) che nel caso di grandi spessori, pur essendo sensibile l'oscillazione annua della temperatura media diurna dei paramenti, essa non penetra nel nucleo centrale dell'arco e quindi non genera eccessive reazioni degli incastri; *b*) che nel caso di piccoli spessori, a serbatorio pieno, non è sensibile l'oscillazione della temperatura dell'aria, nel paramento a valle (poichè ivi è risentito grandemente l'effetto regolatore dell'acqua a monte).

Dunque per archi di spessore minore di m 2 può assumersi la legge di distribuzione lineare della temperatura spostandosi radialmente.

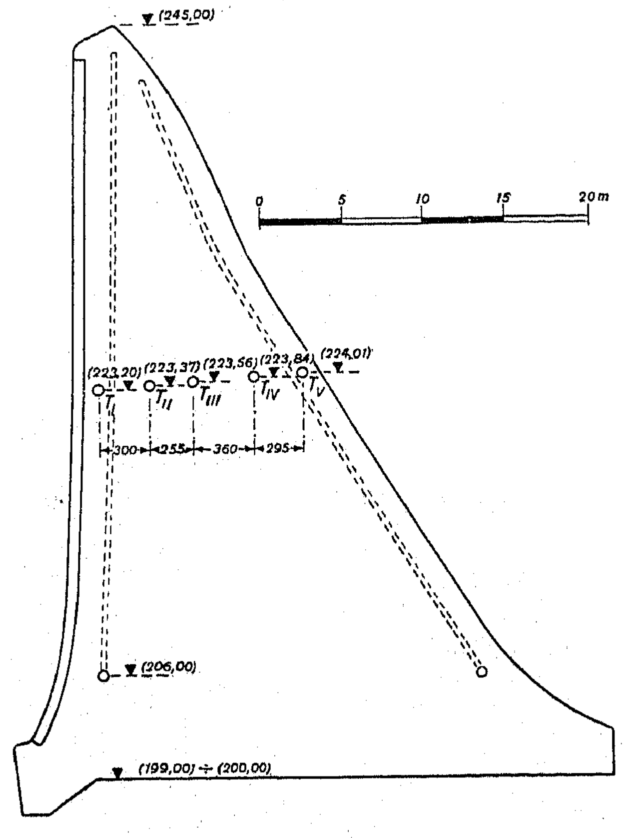



Fig. 4. - Diga di Waldeck. Disposizione dei termometri. La diga, alta m 46 è stata costruita con pietrame grovacco e malta di trass. I termometri interessano uno spessore di circa m 15.

Per archi di spessore notevolmente maggiore, ad una distanza di circa m 4 dal paramento, l'oscillazione annua della temperatura media diurna è già ridotta a valori trascurabili (figg. 6, 7, 8).

La legge di distribuzione della temperatura entro l'arco è in questo caso molto complessa (3); si può tuttavia, a mio avviso, per calcoli approssimativi, ritenerla lineare fino ad una

(1) U. Puppini: « Variazioni di temperatura entro le dighe a volta ». — *Monitore Tecnico*, 1922.

(2) Zunino: « Contributo al calcolo degli sforzi termici nelle dighe a volta ». — *Ingegneria*, dicembre 1926. — *L'Ingegnere*, dicembre, 1927.

(3) Thurnau: « Die Bewegung der Temperatur in der Sperrmauer der Waldecker Talsperre ». Dtsch. Wasserwirtsch.
— « Recherches sur les variations et la répartition de la température dans le barrage de Montsalvens ». — *Bull. Techn. de la Suisse Rom.*, 1922.

distanza di m 3 dal paramento e ciò allo scopo di calcolare soltanto gli sforzi termici dovuti ai vincoli esterni (incastri), mentre l'effetto della non linearità della distribuzione termica deve essere valutato a parte. Questa ipotesi, valida quando lo spessore dell'arco è maggiore di m 3, conduce a formule relativamente semplici, che permettono di esaminare speditamente l'ipotetico comportamento statico della diga oggetto di calcolo nei riguardi della spinta termica.

Prendiamo in esame gli archi circolari di spessore uniforme, nelle seguenti ipotesi:

1º) A serbatoio pieno: il diagramma della temperatura entro l'arco è un triangolo di base eguale a m 3 e di altezza eguale a $t_i$ (la base è distesa sul raggio) (fig. 8).

2º) A serbatoio vuoto: il diagramma della temperatura è composto di due triangoli (disposti simmetricamente rispetto all'asse dell'arco) di base eguale a m 3 e di altezza $t_i = t_e$.

Il valore di $t_i$ è lo scostamento massimo della temperatura media diurna del paramento a valle, dalla temperatura di chiusura dei giunti di contrazione, che deve coincidere con la media annua.

Il valore di $t_e$ ha analogo significato per il paramento a monte e può supporsi nullo a serbatoio pieno ed eguale a $t_i$ a serbatoio vuoto.

Le ipotesi introdotte per rendere più spedito il calcolo analitico degli sforzi, si rivelano subito accettabili quando si pensi che gli elementi termici principali da inserire nelle formule sono l'ordinata media $t_0 = \frac{S}{h}$ del diagramma delle temperature nell'interno dell'arco e la sua eccentricità percentuale $\varepsilon = \frac{\zeta}{h}$ e quando siano messe in relazione coi diagrammi sperimentali sopracitati.

Risulta infatti da essi che, nel caso di grandi spessori, un diagramma triangolare avente una penetrazione fino a m 3 ed un valore massimo di temperatura un poco inferiore a quello massimo misurato sul paramento, ha pressochè la medesima area e la medesima eccentricità e quindi può essere sostituito a quello mistilineo effettivo senza pregiudizio dei risultati finali.

Un'ipotesi meno semplice di quella triangolare, fino a m 3 dal paramento, è di supporre che al posto della distribuzione istantanea della temperatura vi sia quella che si avrebbe se in ogni punto contemporaneamente si verificasse il valore massimo, dovuto all'oscillazione sinusoidale annua dei valori medi diurni del paramento a valle e nel caso che lo spessore della diga sia infinitamente grande.

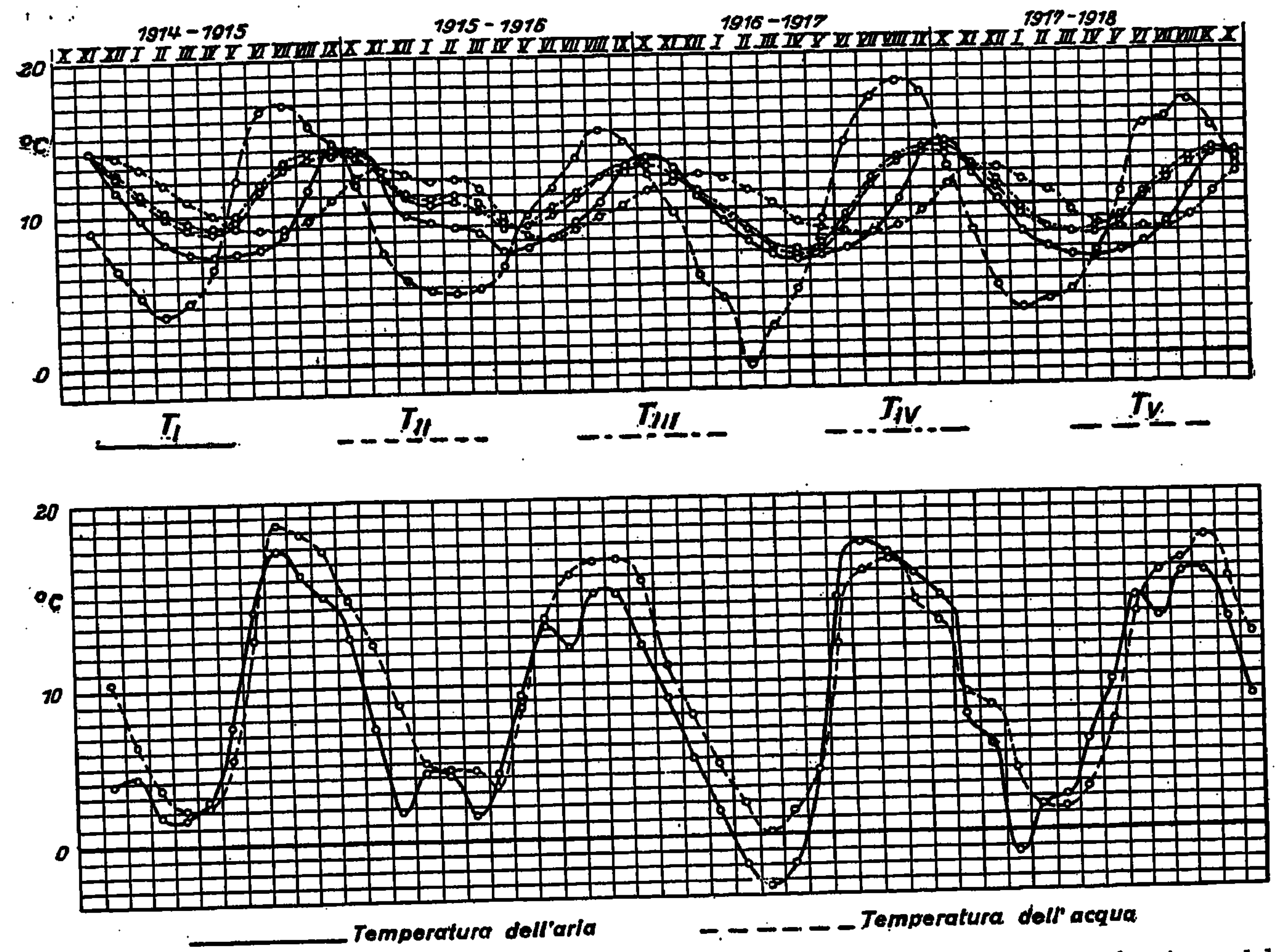



Fig. 5. - Diga di Waldeck. In alto: diagrammi delle temperature interne in funzione del tempo, misurate nei 5 punti indicati nella fig. 4 (valori medi mensili). In basso: diagrammi delle temperature esterne (valori medi mensili).

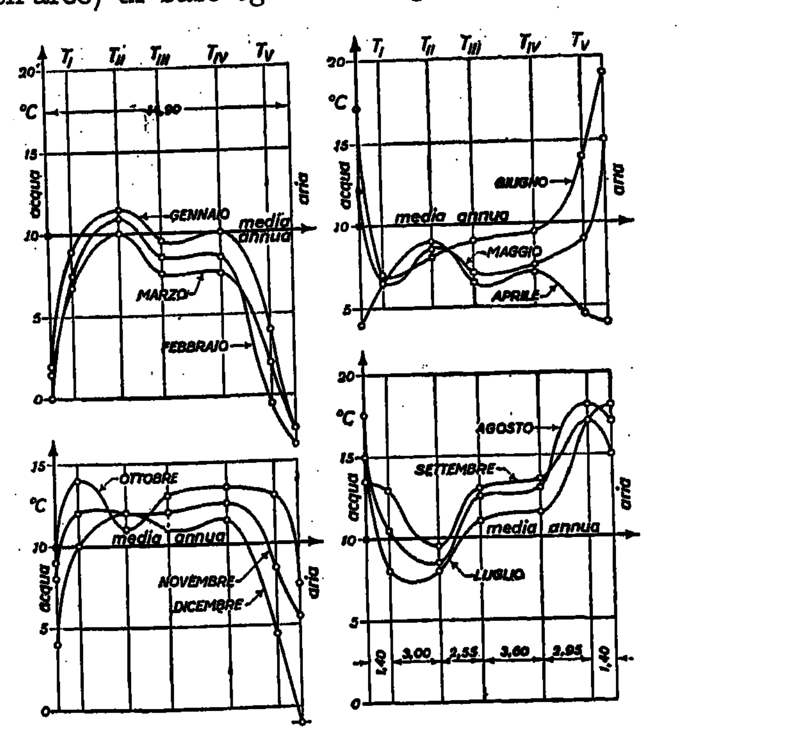



Fig. 6. - Diga di Waldeck. Distribuzioni termiche dello spessore della diga (circa m. 15) — nei vari mesi dell'anno 1917 — (valori medi mensili dedotti dai grafici della fig. 5).

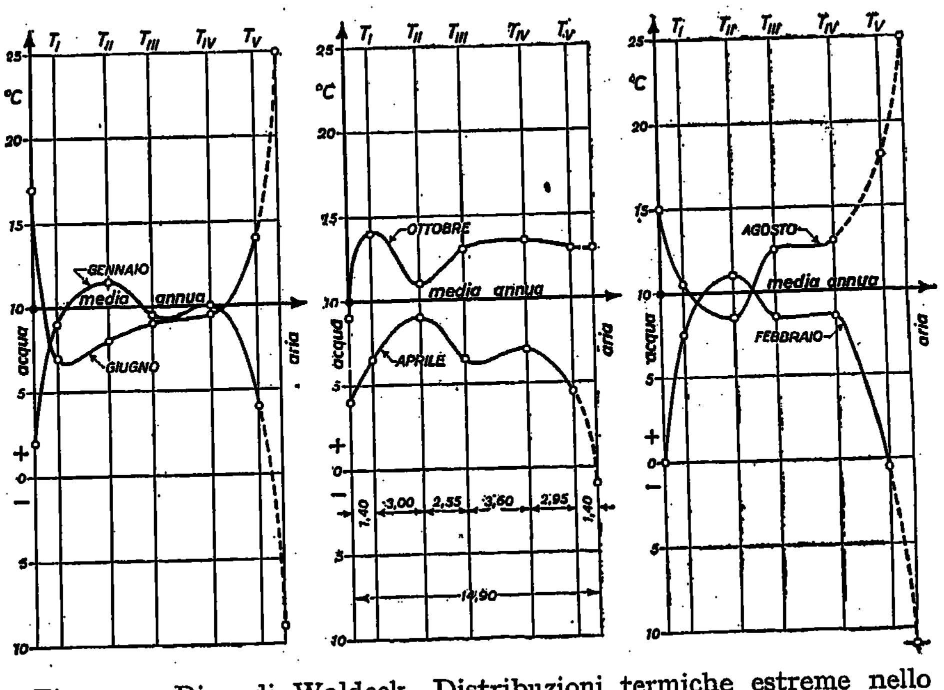



Fig. 7. - Diga di Waldeck. Distribuzioni termiche estreme nello spessore della diga (circa m 15) — (valori medi giornalieri).

Si ha allora, per il diagramma termico, la seguente legge esponenziale dei valori massimi:

$$t = e^{\lambda x} \cdot t_i$$

con

$$\lambda = -\sqrt{\frac{\pi}{\Theta} \cdot \frac{\rho c}{k}} = -\sqrt{\frac{\pi}{365 \times 24} \cdot \frac{2.20 \times 0.21}{0.065}} = -0{,}05.$$

Con facili integrazioni si possono allora calcolare l'ordinata media $t_0 = m\, t_i$ della distribuzione termica a serbatoio pieno, l'eccentricità percentuale $\varepsilon = \frac{\zeta}{h}$ di detta distribuzione e l'ordinata media $t_0 = m'\, t_i$ della distribuzione a serbatoio vuoto.

Si ha infatti per l'area del diagramma termico a serbatoio vuoto:

$$S = \int_0^h t\, dx = t_i \int_0^h e^{\lambda x} dx = \frac{e^{\lambda h} - 1}{\lambda}\, t_i$$

e per l'ordinata media:

$$t_0 = \frac{e^{\lambda h} - 1}{\lambda h}\, t_i = m\, t_i$$

Si ha ancora, indicando con $\eta$ la distanza del baricentro della distribuzione dal paramento a valle, e con $\zeta$ la distanza analoga dell'asse dell'arco:

$$\zeta = \eta - \frac{h}{2} \qquad \varepsilon = \frac{\zeta}{h} = \frac{\eta}{h} - \frac{1}{2}$$

Il momento statico della distribuzione termica rispetto all'asse $t$, situato sul paramento a valle, ha la seguente espressione:

$$S\,\eta = \int_0^h t\, x\, dx = t_i \int_0^h e^{\lambda x}\, x\, dx = \frac{t_i}{\lambda^2}\left[e^{\lambda h}\,(\lambda h - 1) + 1\right]$$

Facendo il rapporto fra le due espressioni di $S\,\eta$ e di $S$, si ottiene $\eta$ e quindi $\zeta$ ed infine

$$\varepsilon = \frac{e^{\lambda h} + 1}{2\,(e^{\lambda h} - 1)} - \frac{1}{\lambda h}$$

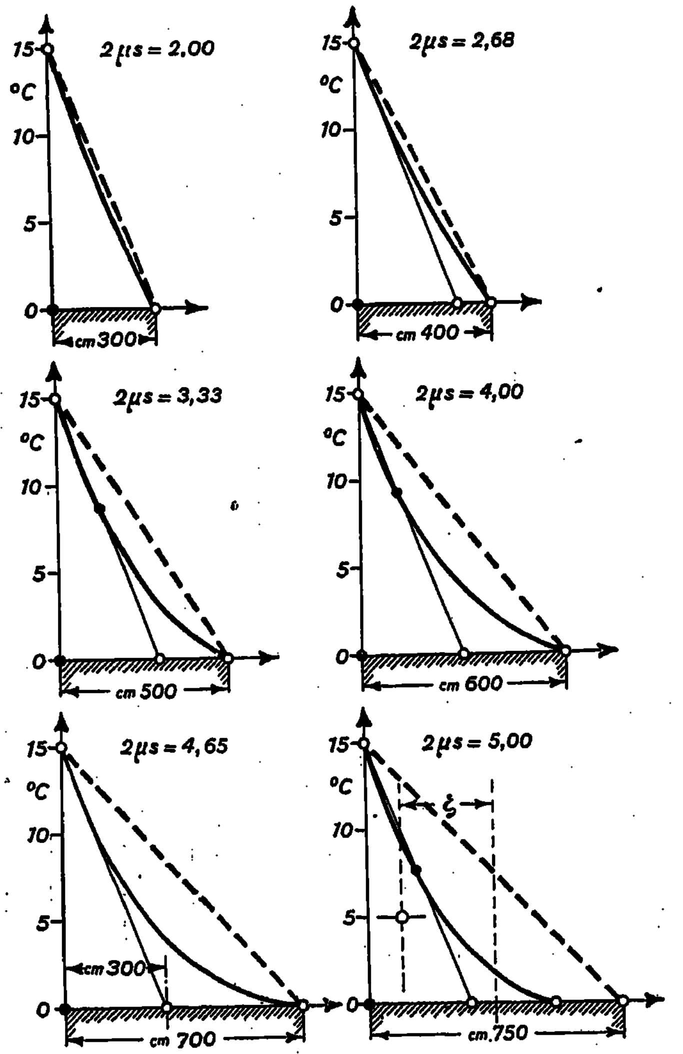



Fig. 8. - Distribuzioni termiche teoriche nello spessore delle dighe, (valori medi diurni) - temperatura costante zero sul paramento a monte).

- - - - Ipotesi di legge di variazione lineare da valle a monte.

—— Ipotesi di oscillazione annua sinusoidale dei valori medi diurni della temperatura del paramento a valle. Diagrammi del Puppini per $k = 0{,}0045$ ($k$ è il coefficiente di conducibilità termica nel mezzo supposto omogeneo e isotropo).

—— Ipotesi di legge lineare fino alla distanza di 3 metri dal paramento. - ($\zeta$ = eccentricità della distribuzione termica).

L'ordinata media $t_0 = m'\, t_i = m'\, t_e$ a serbatoio vuoto risulta infine

$$t_0 = 2\, \frac{e^{\frac{1}{2}\lambda h} - 1}{\lambda h}\, t_i \qquad (t_i = t_e)$$

È facile vedere che, nell'ipotesi di legge triangolare fino a m 3 dal paramento, si ha:

a pieno: $\varepsilon = \frac{1}{h} - \frac{1}{2}, \qquad m = \frac{3}{2}\,\frac{1}{h},$

a vuoto: $\varepsilon = 0$ e

$$\begin{cases} m' = \frac{1}{h}\left[3 - \frac{1}{12}\,(6 - h)^2\right] & \text{per } h \equiv [3 \ldots 6] \\ m' = \frac{3}{h} & \text{per } h \geq \text{m } 6 \end{cases}$$

Riuniamo nelle tabelle seguenti alcuni valori di $\varepsilon$, $m$ ed $m'$, sia nell'ipotesi di legge esponenziale dei valori massimi, che nell'ipotesi di legge triangolare, fino a m 3 dal paramento:

*A serbatoio pieno*

| h | Legge $t = e^{-0{,}05\,x}\, t_i$ | | Legge triangolare | |
|---|---|---|---|---|
| dm | ε | m | ε | m |
| 0 | 0,000 | 1,000 | — | — |
| 2 | — 0,000 | 0,945 | — | — |
| 5 | — 0,050 | 0,880 | — | — |
| 10 | — 0,060 | 0,780 | — | — |
| 20 | — 0,087 | 0,630 | — | — |
| 30 | — 0,122 | 0,517 | — 0,167 | 0,500 |
| 40 | — 0,155 | 0,433 | — 0,250 | 0,375 |
| 50 | — 0,190 | 0,367 | — 0,300 | 0,300 |
| 60 | — 0,221 | 0,317 | — 0,333 | 0,250 |
| 70 | — 0,246 | 0,277 | — 0,357 | 0,214 |
| 80 | — 0,268 | 0,245 | — 0,375 | 0,187 |
| 90 | — 0,290 | 0,220 | — 0,389 | 0,166 |
| 100 | — 0,307 | 0,199 | — 0,400 | 0,150 |

*A serbatoio vuoto*

| h | m' per la legge | |
|---|---|---|
| dm | $t = e^{-0{,}05\,x}\, t_i$ | triangolare |
| 0 | 1,000 | 1,000 |
| 2 | 0,960 | 0,985 |
| 5 | 0,935 | 0,960 |
| 10 | 0,880 | 0,920 |
| 20 | 0,780 | 0,835 |
| 30 | 0,700 | 0,750 |
| 40 | 0,630 | 0,670 |
| 50 | 0,570 | 0,584 |
| 60 | 0,518 | 0,500 |
| 70 | 0,475 | 0,428 |
| 80 | 0,433 | 0,374 |
| 90 | 0,400 | 0,332 |
| 100 | 0,367 | 0,300 |

Come si vede l'ordinata media $t_0 = m'\, t_i$ a serbatoio vuoto è circa doppia di $t_0 = m\, t_i$ a serbatoio pieno.

L'eccentricità percentuale $\varepsilon$, nell'ipotesi $t = e^{-0{,}05\,x}\, t_i$ varia

$\varepsilon = 0{,}15$ per $h =$ m 4 ad $\varepsilon = 0{,}27$ per $h =$ m 8.

Sostituendo la legge triangolare, fino a m 3 dal paramento, si adottano scostamenti del seguente ordine rispetto ai valori precedenti:

del $(5 \div 10)$ % (in più od in meno) nel calcolo di $m'$

del $(5 \div 20)$ % (in meno) nel calcolo di $m$

del $(40 \div 50)$ % (in più) nel calcolo di $\varepsilon$.

Nella realtà i valori istantanei della temperatura seguono abbastanza bene la nota legge trovata dal Puppini, più complessa delle precedenti ma più vicina a quella triangolare sopra-citata, la quale può quindi rispondere alle esigenze del calcolo pratico degli sforzi termici dovuti agli incastri.

## § III – **Le formule del Guidi.**

L'illustre Guidi è stato fra i primi a richiamare l'attenzione dei costruttori, sugli sforzi che le impedite deformazioni termiche possono indurre nelle dighe a volta. Allo scopo di tradurre in forma analitica il fenomeno fisico, egli ha elaborato una interessante teoria, fondata sui noti principî dell'ellisse di elasticità, la quale, per quanto l'Autore non lo abbia esplicitamente messo in evidenza, serve soltanto a determinare la spinta termica e le conseguenti tensioni interne prodotte dai vincoli esterni, mentre trascura completamente l'effetto locale della non armonicità della distribuzione delle variazioni di temperatura (nel piano dell'arco).

Infatti il Guidi prende in esame un arco elastico incastrato a spessore costante, suppone che le imposte siano indeformabili, che la temperatura assuma una variazione costante su tutto l'estradosso a monte, una variazione costante su tutto l'intradosso a valle, e si stabilisca un regime permanente di deflusso di calore in modo che, spostandosi radialmente, il diagramma delle variazioni di temperatura sia lineare (1).

Ciò equivale a supporre che, nel campo di variabilità piano (a due dimensioni) costituito dall'arco, la variazione di temperatura segua una legge di 2° grado (conica) e quindi non armonica. In questa ipotesi, manifestamente, nascono tensioni interne nell'arco, anche se esso non è vincolato agli incastri.

In un primo tempo egli applicò dette formule alle volte sottili delle dighe a volte multiple, supponendo, come sembrava ovvio, che i paramenti assumessero le stesse temperature degli ambienti circostanti.

Supponendo quindi variazioni $t_0 = 20°$ per tutta la struttura con differenze $\Delta t = 15°$ da monte a valle (oppure variazioni $t_0 = 0$ con differenze $\Delta t = 25°$) egli otteneva valori di tensioni, a serbatoio vuoto, intorno ai 20 kg/cmq (pure assumendo il valore minimo 1,35 per il prodotto $E\,\alpha$) e quindi concludeva essere necessario commisurare a questi sforzi le armature di ferro delle volte.

Subito dopo si equiparò il ritiro del bèton alle variazioni termiche e si esaltarono così sempre più i pericoli derivanti dagli sforzi di tensione.

In seguito il Guidi propose, sia pure con le dovute riserve, l'applicazione della sua teoria anche agli archi grossi delle dighe a volta unica, cioè propose di passare dal campo costruttivo

$$\frac{r}{h} = 10 \div 30 \qquad 2\,\varphi_0 = 130° \div 180°.$$

al campo costruttivo

$$\begin{cases} \dfrac{r}{h} = 1{,}50 \div 10 \\ 2\,\varphi_0 = 50° \div 130° \end{cases}$$

(1) C. Guidi: «Sulla statica delle dighe di sbarramento per laghi artificiali». Annali del Consiglio Superiore delle Acque Pubbliche, 1920 e 1921, ovvero: «Lezioni sulla Scienza delle Costruzioni, Parte V». Bona, 1920. Torino.

Detto concetto, introdotto in seguito nel regolamento delle dighe a semplice volta, col limite massimo di 3 kg/cmq per le tensioni nel calcestruzzo non armato (portato a 5 kg/cmq nel 1931), chiuse involontariamente la via a tutte le iniziative, poichè nessuno potè mai conciliare le esigenze del regolamento con la teoria suesposta.

Ricordiamo a questo proposito che la teoria dell'arco elastico incastrato si fonda sull'ipotesi che le dimensioni trasversali dell'arco siano abbastanza piccole di fronte alla lunghezza, $\frac{s}{h} > 10$.

In questa ipotesi, supponendo l'arco incastrato in corrispondenza di una delle basi e sollecitato sull'altra base (libera) da forze date in modo affatto arbitrario, il mutamento di forma della base libera si può riguardare come un fenomeno praticamente trascurabile di fronte allo spostamento che essa subisce nello spazio.

Per conseguenza si può ritenere la base come rigida ed indeformabile e quindi determinare gli spostamenti dei singoli suoi punti mediante una rotazione della stessa (elemento terminale) attorno ad un punto del piano contenente l'asse geometrico dell'arco.

La rotazione prodotta dal sistema di forze distribuite sulla base libera dipende quindi soltanto dalla grandezza e dalla linea d'azione della loro risultante.

Nasce così una corrispondenza biunivoca fra le linee d'azione delle forze applicate all'elemento terminale e i centri di rotazione di questo, che, si dimostra, essere un'antipolarità, la cui conica fondamentale è detta «ellisse degli spostamenti elastici terminali» o «ellisse di elasticità».

Introdotto infine il concetto di peso elastico $W = \int_0^s \frac{ds}{EJ}$ diffuso in tutto l'arco, si arriva alle note formule che danno gli spostamenti in funzione delle sollecitazioni esterne e del peso elastico e che, applicate dal Guidi al caso in esame, lo hanno condotto alle seguenti espressioni delle tensioni interne

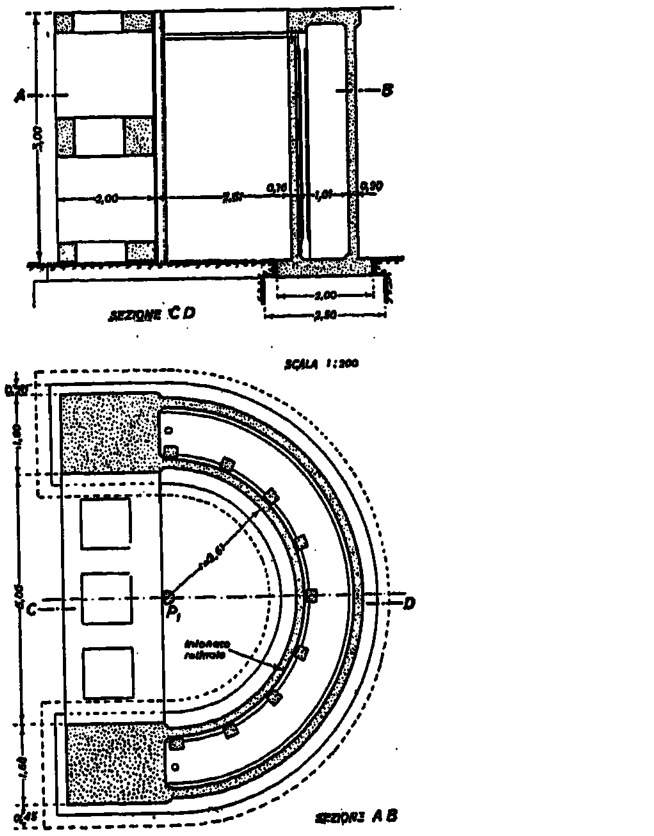


Fig. 9. - Diga sperimentale a volta unica, in calcestruzzo di cemento, con serbatoio a corona semicircolare, costruita in Torino nel 1926 nel recinto della Mostra Internazionale di Edilizia, su progetto del Guidi. Sezione in chiave e pianta - Scala 1 : 200 (circa).

Le caratteristiche geometriche degli archi orizzontali tutti uguali fra loro, sono le seguenti: $r =$ m 2,69 $h =$ m 0,16 $r/h = 16{,}80$ $2\,\varphi_0 = 180°$.

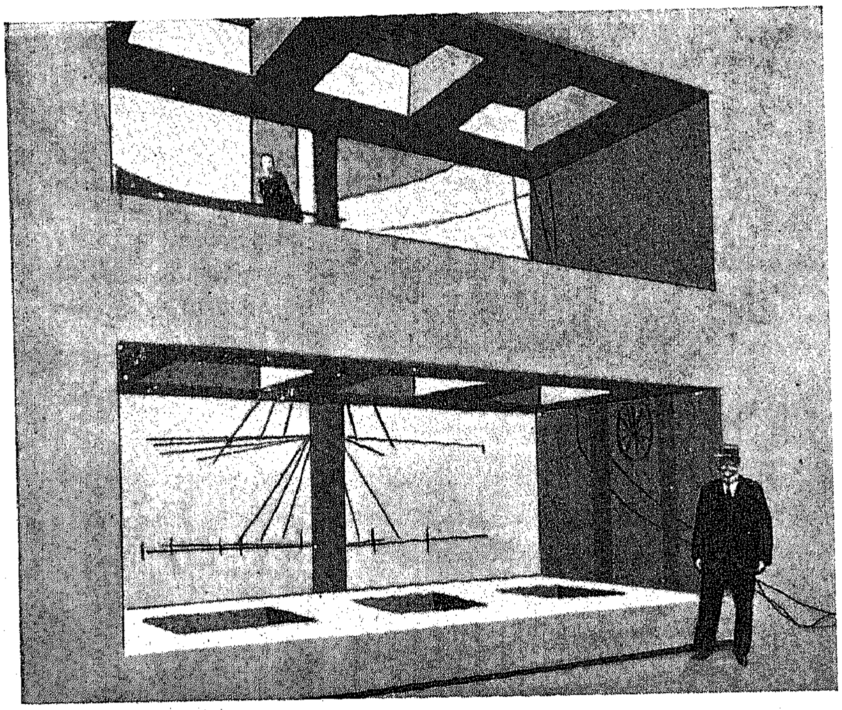


Fig. 10. - Diga sperimentale Guidi. Prospetto da valle. Si vedono gli apparecchi misuratori degli spostamenti radiali della volta.

al vertice e alle imposte:

$$\begin{cases} \sigma_e = \quad E\,\alpha\left(t_0\dfrac{h}{r}\,\mu_e - \dfrac{\Delta t}{2}\right) \\ \sigma_i = -E\,\alpha\left(t_0\dfrac{h}{r}\,\mu_i - \dfrac{\Delta t}{2}\right) \end{cases} \qquad \Delta t = t_e - t_i \qquad t_0 = \frac{t_e + t_i}{2}$$

$$\begin{cases} \sigma'_e = -E\,\alpha\left(t_0\dfrac{h}{r}\,\mu'_e + \dfrac{\Delta t}{2}\right) \\ \sigma'_i = \quad E\,\alpha\left(t_0\dfrac{h}{r}\,\mu'_i + \dfrac{\Delta t}{2}\right) \end{cases} \qquad \text{(segno + indica « tensione »)}$$

nelle quali i simboli hanno il seguente significato:

$h$ = spessore dell'arco circolare,
$2\varphi_0$ = apertura angolare dell'arco circolare,
$r$ = raggio dell'asse » »
$s$ = sviluppo dell'asse » »
$l$ = corda dell'asse » »
$f$ = freccia dell'asse » »

$$\theta = \frac{s}{l} + \frac{r-f}{r} - \frac{2\,l}{s} + \frac{h^2}{6\,r^2}\left(2\,\frac{l}{s} - \frac{r-f}{r}\right)$$

$$\mu_e = \frac{1}{\theta}\left(\frac{s-l}{s} - \frac{h}{6\,r}\right)$$

$$\mu_i = \frac{1}{\theta}\left(\frac{s-l}{s} + \frac{h}{6\,r}\right)$$

$$\mu'_e = \frac{1}{\theta}\left[\frac{l}{s} - \frac{r-f}{r}\left(1 - \frac{h}{6\,r}\right)\right]$$

$$\mu'_i = \frac{1}{\theta}\left[\frac{l}{s} - \frac{r-f}{r}\left(1 + \frac{h}{6\,r}\right)\right]$$

$\alpha$ = coefficiente di dilatazione termica del materiale supposto omogeneo e isotropo,

$E$ = modulo di elasticità del materiale,

$t_0 = \dfrac{S}{h}$ = ordinata media del diagramma trapezio della temperatura entro l'arco,

$\Delta t$ = differenza fra le variazioni di temperatura a monte e a valle,

$\sigma_e$ = sforzo unitario all'estradosso } in chiave
$\sigma_i$ = » » all'intradosso }

$\sigma'_e$ = » » all'estradosso } alle imposte.
$\sigma'_i$ = » » all'intradosso }

Quanto precede mette bene in luce che, quando il rapporto $\frac{s}{h}$ diviene dell'ordine di 4 o 5, il mutamento di forma della base libera non è più trascurabile di fronte al suo spostamento nello

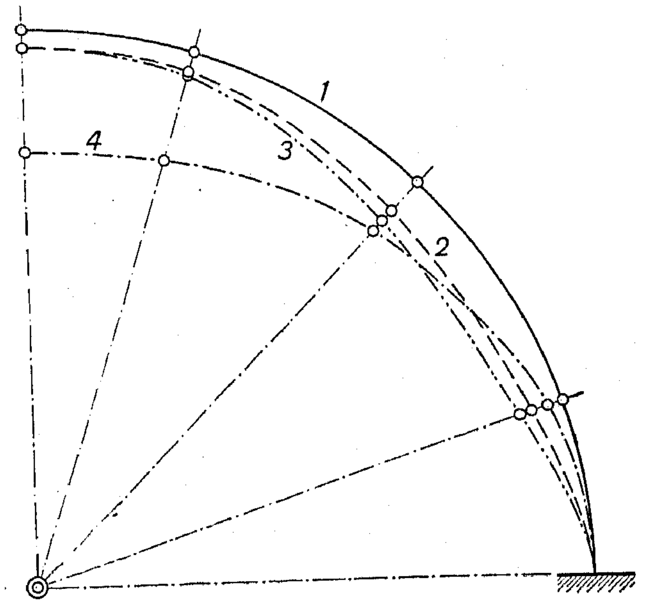



Fig. 11. - Diga sperimentale Guidi. Deformate teoriche e sperimentali dovute ad un aumento di pressione idrostatica di un'atmosfera in ogni punto dell'estradosso della diga. È escluso l'effetto dei dislivelli perchè la misurazione degli spostamenti radiali cominciò a serbatoio completamente pieno.

N. 1. - Asse geometrico del semiarco.
» 2. - Deformata effettiva per l'arco a m 0,75 dalla fondazione.
» 3. - Deformata effettiva per l'arco a m 1,75 dalla fondazione.
» 4. - Deformata teorica del semiarco per una pressione idrostatica uniforme.

Scala degli spostamenti radiali 1 : 0,0485 (cioè 20,6 volte il vero).

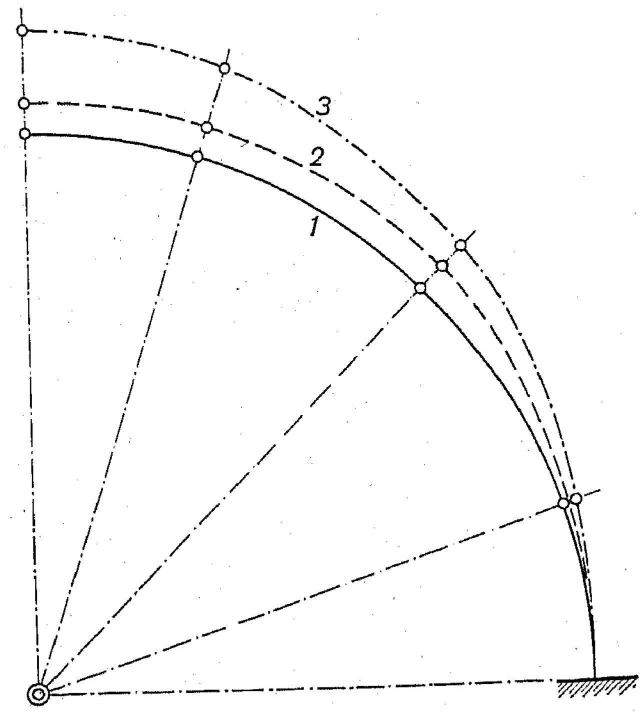



Fig. 12. - Diga sperimentale Guidi. Deformate teoriche e sperimentali, del semiarco a m 1,75 dalla fondazione dovuta ad una variazione di temperatura uniforme $t_0 = \dfrac{t_e + t_i}{2} = +\ 19°{,}6$. Per effetto della differenza $t_e - t_i$, che nell'esperienza era di circa 7°, nascono tensioni interne, ma l'arco non cambia di forma. Anche qui, côme per la pressione idrostatica, si rileva un notevole divario fra le due deformate, dovuto all'effetto di lastra, da cui prescinde la teoria dell'arco. La rilevante diminuzione nella deformazione induce a ritenere che nelle dighe a volta unica, verso il basso, dove più si risente l'influenza dell'incastro, gli sforzi termici interni di tensione siano inferiori a quelli indicati dalla teoria dell'arco elastico indipendente.
Scala degli spostamenti radiali 1 : 0,0938 (cioè 10,7 volte il vero).

spazio, per cui non è più lecito considerare la deformazione totale della base, come una sola rotazione attorno ad un punto del piano.

Cade così tutto il rigore teorico quando si vogliano trasportare ad un arco grosso e di piccola ampiezza le formule valide nel caso di archi sottili e di notevole ampiezza.

E poichè non si possiedono ancora elementi sperimentali sufficienti per poter convalidare detta estensione, non è lecito ammetterla a priori, proprio nel caso in cui le ipotesi fondamentali della teoria non sono verificate.

Questo in merito al rapporto $\frac{s}{h}$.

Andiamo ora a parlare del rapporto $\frac{r}{h}$.

Com'è noto quando esso è intorno a $2 \div 3$, la legge di variazione delle tensioni interne è iperbolica e quindi notevolmente lontana da quella lineare, ordinariamente ammessa nella trattazione degli archi e delle travi inflesse (si ricordi il caso del gancio ferroviario). Quindi, in tal caso, cadono le formule ordinarie della scienza delle costruzioni, poichè esse permettono di passare al valore degli sforzi interni soltanto nell'ipotesi di legge lineare delle tensioni, beninteso quando siano date l'intensità e la linea d'azione della forza esterna.

E quindi, giustamente, il regolamento 1931 ha stabilito che agli archi « profondi e massicci » detta teoria non debba essere applicata.

### § IV – **Le formule dell' Ippolito.**

Già il Ritter aveva affermato che la reazione totale $H$ prodotta da una distribuzione radiale qualunque di temperatura è una forza parallela alla corda dell'arco, proporzionale all'area del diagramma termico e agente ad una distanza $y$ dal baricentro elastico, che aumenta col crescere della disuniformità della distribuzione; ma non dava il modo di calcolarla.

In particolare il Guidi ha mostrato che se questa distribuzione è uniforme, essa genera una reazione parallela alla corda, agente nel baricentro elastico e di valore

$$H = E\,\alpha\,t_0\,\frac{h^2}{6\,\Theta\,r^2}$$

Se la distribuzione lungo la normale ai paramenti varia con legge lineare, si aggiunge un momento rispetto al baricentro elastico:

$$HY = \mathfrak{M} = E\,\alpha\,\frac{\Delta t}{12}\,h^2$$

L'Ippolito valendosi di questi risultati e con l'ausilio delle due ipotesi seguenti:

1) che la reazione $dH$ dovuta ad una fibra elementare di altezza $dx$ stia a quella totale nel rapporto $\frac{dx}{h}$,

2) che la distanza $y$ di detta reazione $dH$ dal baricentro elastico $G$, cresca linearmente con la sua distanza $x$ dalla fibra media,

ha trovato che può scriversi approssimativamente, ma in modo generale:

$$\left\{\begin{aligned} H &= E\,\alpha\,\frac{h^2}{6\,\theta\,r^2}\,S \\ Y &= \frac{6\,\theta\,r^2}{h^2}\,\zeta \\ HY &= \mathfrak{M} = E\,\alpha\,S\,\zeta \end{aligned}\right.$$

nelle quali $\zeta$ è l'eccentricità ed $S$ l'area della distribuzione termica.

Queste formule permettono di passare facilmente alle seguenti espressioni delle tensioni interne:

$$\text{al vertice}\left\{\begin{aligned} \sigma_e &= E\,\alpha\,t_0\left(\frac{h}{r}\mu_e - 6\,\varepsilon\right) \\ \alpha_i &= -E\,\alpha\,t_0\left(\frac{h}{r}\mu_i - 6\,\varepsilon\right) \end{aligned}\right.$$

$$\text{alle imposte}\left\{\begin{aligned} \sigma'_e &= -E\,\alpha\,t_0\left(\frac{h}{r}\mu'_e + 6\,\varepsilon\right) \\ \sigma'_i &= E\,\alpha\,t_0\left(\frac{h}{r}\mu'_i + 6\,\varepsilon\right) \end{aligned}\right.$$

Il segno $+$ indica « tensione » e il segno $-$ indica « pressione ».

Si noti che l'Autore, nel passare dalle formule degli sforzi in funzione della spinta totale $H$ e della sua distanza $Y$ dal baricentro elastico, alle formule finali, ha dimenticato il fattore 6 che moltiplica $\varepsilon$ (1).

Esse si trasformano in quelle del Guidi sostituendo, al termine $6\,\varepsilon\,t_0$, il termine $\frac{\Delta t}{2}$.

Vediamo ora di sostituire ad $\varepsilon$ ed a $t_0$ i valori corrispondenti alle due ipotesi di legge triangolare fino a m 3 dal paramento, fatte al § II.

Si ha:

1) *a serbatoio pieno:*

$$t_0 = \frac{3}{2}\,\frac{t_i}{h} \qquad \zeta = -\left(\frac{h}{2} - 1\right)$$

$$\varepsilon = \frac{\zeta}{h} = \frac{1}{h} - 0{,}50 \text{ (negativo)}$$

e quindi

$$\sigma_e = \frac{3}{2}\,E\,\alpha\,\frac{t_i}{h}\left[\frac{h}{r}\,\mu_e - \left(\frac{6}{h} - 3\right)\right]$$

$$\sigma_i = \ldots\ldots \text{ ecc.}$$

Assumendo per il calcestruzzo:

$$E = 150\,000 \text{ kg/cmq}$$
$$\alpha = 0{,}00001$$

si ha

$$E\,\alpha = \frac{3}{2}$$

e quindi gli sforzi unitari in kg/cmq a serbatoio pieno al vertice:

$$\left\{\begin{aligned} \sigma_e &= \frac{9}{4}\,\frac{t_i}{h}\left(\frac{h}{r}\,\mu_e - \frac{6}{h} + 3\right) \\ \sigma_i &= -\frac{9}{4}\,\frac{t_i}{h}\left(\frac{h}{r}\,\mu_i - \frac{6}{h} + 3\right) \end{aligned}\right.$$

ed alle imposte

$$\left\{\begin{aligned} \sigma'_e &= -\frac{9}{4}\,\frac{t_i}{h}\left(\frac{h}{r}\,\mu'_e + \frac{6}{h} - 3\right) \\ \sigma'_i &= \frac{9}{4}\,\frac{t_i}{h}\left(\frac{h}{r}\,\mu'_i + \frac{6}{h} - 3\right) \end{aligned}\right.$$

per $h \geqq$ m 3

d'inverno $t_i < 0$

d'estate $t_i > 0$

$\left.\begin{matrix} h \\ r \end{matrix}\right\}$ in m

---

(1) G. IPPOLITO: « Sul calcolo delle dighe ad arco ». — Hoepli, 1923, pag. 113.

2) *a serbatoio vuoto :*

L'eccentricità risulta nulla ($\varepsilon = 0$) e si ha:

$$\text{per } h \equiv [3 \ldots 6] \text{ m}, \quad t_0 = \frac{1}{h}\left[3 - \frac{1}{12}(6-h)^2\right] t_i$$

$$\text{per } h > 6 \text{ m}, \quad t_0 = \frac{3\,t_i}{h}$$

e quindi gli sforzi unitari in kg/cmq a serbatoio vuoto sono al vertice:

$$\left\{\begin{aligned} \sigma_e &= \frac{3}{2r}\left[3 - \frac{1}{12}(6-h)^2\right] t_i\,\mu_e \\ \sigma_i &= -\frac{3}{2r}\left[3 - \frac{1}{12}(6-h)^2\right] t_i\,\mu_i \end{aligned}\right.$$

per $h$ compreso fra 3 e 6 m

d'inverno $t_i < 0$

ed alle imposte:

$$\left\{\begin{aligned} \sigma'_e &= -\frac{3}{2r}\left[3 - \frac{1}{12}(6-h)^2\right] t_i\,\mu'_e \\ \sigma'_i &= \frac{3}{2r}\left[3 - \frac{1}{12}(6-h)^2\right] t_i\,\mu'_i \end{aligned}\right.$$

d'estate $t_i > 0$

$h$, $r$ in m

| Quota | | $h$ | $2\varphi_0$ | $r$ | $r/h$ |
|---|---|---|---|---|---|
| max invaso | 442.50 | — | — | — | — |
| ciglio | 435 | 3.00 | 91° | 29.00 | 9.67 |
| | 430 | 4.00 | 91° | 29.50 | 7.38 |
| | 425 | 5.00 | 90° | 30.00 | 6.00 |
| | 420 | 6.00 | 90° | 30.50 | 5.08 |
| | 415 | 7.00 | 80° | 30.75 | 4.38 |
| | 410 | 8.00 | 70° | 31.00 | 3.88 |
| | 405 | 9.00 | 65° | 31.00 | 3.45 |
| | 400 | 10.00 | 62° | 31.00 | 3.10 |
| | 395 | 11.00 | 55° | 30.50 | 2.70 |
| fondazione | 390 | 12.00 | 50° | 30.00 | 2.50 |

Questa diga è progettata con grossi spessori e minime aperture angolari, secondo il criterio usato in passato, di fare la massima economia di beton e di scavo in roccia. La tensione idrostatica massima è intorno a 11 kg/cmq.

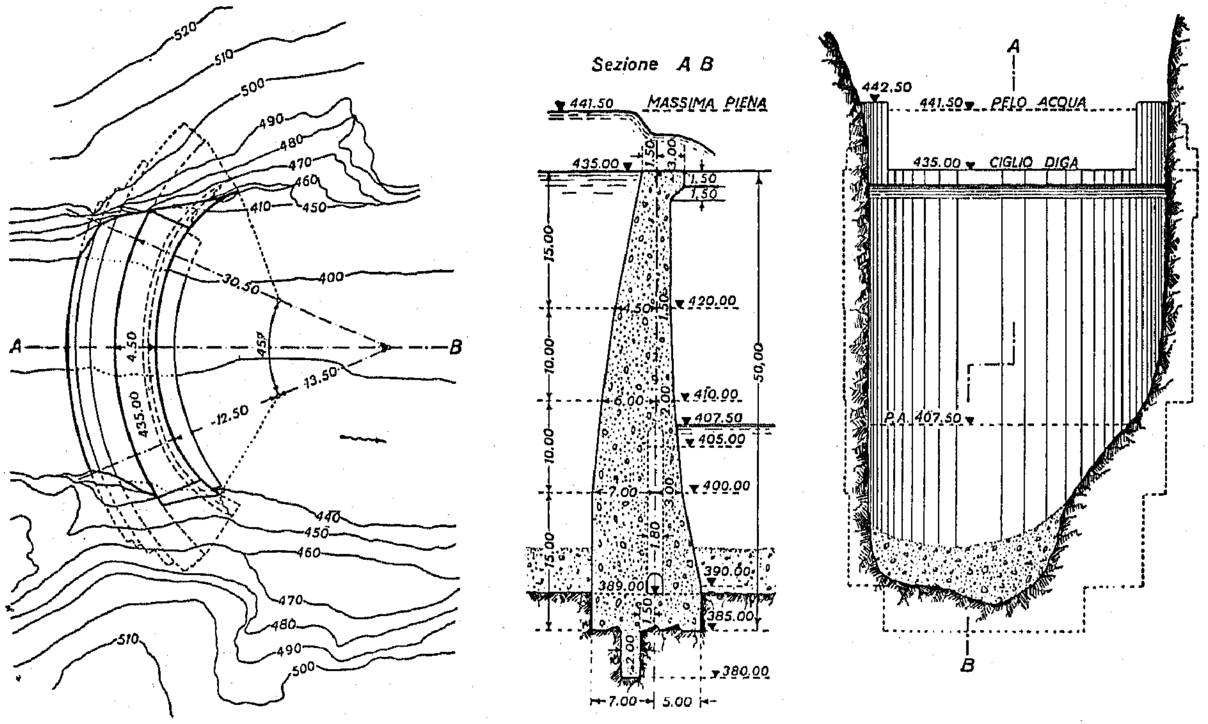



Fig. 13 - Diga per 50 metri di ritenuta, a grandi spessori. Pianta, sezione in chiave, prospetto da valle. (Stretta di Santa Giustina. Basso Noce - Trento).

al vertice:

$$\left\{\begin{aligned} \sigma_e &= \frac{9}{2}\,\frac{1}{r}\,t_i\,\mu_e \\ \sigma_i &= -\frac{9}{2}\,\frac{1}{r}\,t_i\,\mu_i \end{aligned}\right.$$

ed alle imposte: per $h \geqq 6$ metri ($r$ in m)

$$\left\{\begin{aligned} \sigma'_e &= -\frac{9}{2}\,\frac{1}{r}\,t_i\,\mu'_e \\ \sigma'_i &= \frac{9}{2}\,\frac{1}{r}\,t_i\,\mu'_i \end{aligned}\right.$$

Evidentemente, anche per le formule dell'Ippolito e per queste ultime da esse derivate, vale l'osservazione fatta per quelle del Guidi, e cioè che esse trascurano l'effetto locale della non armonicità della distribuzione termica.

## § 5 – Esempio di calcolo di una diga per 50 metri di ritenuta a grandi spessori.

Prendiamo in considerazione una diga a lama stramazzante (fig. 13), definita dai seguenti elementi geometrici:

*A) Sforzi termici negli archi.*

Siano:

$+\ 25^\circ$ il massimo della temperatura media diurna del paramento a valle,

$-\ 5^\circ$ il minimo analogo,

$+\ 10^\circ$ la temperatura media annua.

Nell'ipotesi di chiudere i giunti di contrazione alla temperatura di $+\ 10^\circ$, si ha:

$$t_i = \pm\ 15^\circ$$

Applicando le formule dell'Ippolito, opportunamente trasformate per il caso di diagramma termico triangolare fino a 3 metri dal paramento (vedi § IV), si ottengono i seguenti sforzi unitari negli archi, supposti indipendenti: ($\sigma$ è espresso in kg/cmq e il segno $+$ indica «tensione», $E\alpha = 3/2$).

*Componenti termiche invernali a serbatoio pieno in kg/cmq*

| Quota | Al vertice | | Alle imposte | |
|---|---|---|---|---|
| | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
| 435 | — 15,90 | + 18,10 | + 1,10 | + 0,45 |
| 430 | — 16,60 | + 19,20 | — 1,52 | + 3,21 |
| 425 | — 15,40 | + 18,00 | — 2,30 | + 4,05 |
| 420 | — 13,90 | + 16,65 | — 2,42 | + 4,28 |
| 415 | — 12,25 | + 15,90 | — 1,59 | + 4,28 |
| 410 | — 10,40 | + 14,90 | — 1,39 | + 5,06 |
| 405 | — 8,92 | + 13,82 | — 1,84 | + 5,78 |
| 400 | — 7,82 | + 12,35 | — 2,12 | + 6,00 |
| 395 | — 6,72 | + 11,30 | — 2,67 | + 6,60 |

Le componenti termiche estive a serbatoio pieno hanno il medesimo valore assoluto delle precedenti e segno contrario.

Si noti che questi valori non hanno significato, presi a sè, in quanto si verificano insieme alle componenti idrostatiche.

*Sforzi termici invernali a serbatoio vuoto in kg/cmq*

| Quota | Al vertice | | Alle imposte | |
|---|---|---|---|---|
| | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
| 435 | — 7,15 | + 10,55 | + 18,40 | — 16,15 |
| 430 | — 7,14 | + 11,65 | + 19,90 | — 16,80 |
| 425 | — 6,35 | + 11,50 | + 18,30 | — 15,80 |
| 420 | — 5,26 | + 10,80 | + 17,65 | — 13,90 |
| 415 | — 3,95 | + 11,16 | + 17,40 | — 12,10 |
| 410 | — 1,84 | + 10,88 | + 16,20 | — 8,80 |
| 405 | — 0,34 | + 10,22 | + 13,80 | — 5,92 |
| 400 | + 0,54 | + 8,60 | + 11,98 | — 2,78 |
| 395 | + 1,66 | + 7,52 | + 9,72 | — 1,87 |

Gli sforzi termici estivi a serbatoio vuoto hanno il medesimo valore assoluto e segno contrario.

Facciamo ora qualche ricerca di sforzi termici con le formule del Guidi.

Assumendo, a serbatoio pieno, una differenza di 15° da monte a valle, ed a serbatoio vuoto la medesima temperatura di ± 15° sui due paramenti, si ha:

a pieno $\begin{cases} t_0 = \mp 7°,5 \\ \Delta t = \pm 15° \end{cases}$ a vuoto $\begin{cases} t_0 = \mp 15° \\ \Delta t = 0 \end{cases}$

e quindi le seguenti

*Componenti termiche invernali a serbatoio pieno*

| Quota | Al vertice | | Alle imposte | |
|---|---|---|---|---|
| | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
| 435 | — 15,90 | + 18,10 | + 1,10 | + 0,45 |
| 415 | — 15,85 | + 24,35 | + 9,15 | — 2,85 |
| 395 | — 8,15 | + 25,40 | + 7,05 | + 7,75 |

Le componenti estive a serbatoio pieno sono le precedenti cambiate di segno.

*Sforzi termici invernali a serbatoio vuoto*

| Quota | Al vertice | | Alle imposte | |
|---|---|---|---|---|
| | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
| 435 | — 9,52 | + 14,10 | + 24,50 | — 21,50 |
| 415 | — 9,21 | + 26,20 | + 40,80 | — 28,20 |
| 395 | + 6,25 | + 28,30 | + 36,60 | — 7,07 |

Gli sforzi estivi a serbatoio vuoto sono i precedenti cambiati di segno.

Come si vede, per l'arco in cresta si sono ottenuti gli stessi risultati, mentre per gli archi più profondi e massicci, supposti indipendenti, le tensioni a serbatoio pieno d'inverno sono raddoppiate e le tensioni a serbatoio vuoto d'inverno sono più che triplicate.

Orbene, nè le formule dell'Ippolito nè quelle del Guidi sono sufficienti a dare valori indiziari sulle tensioni termiche massime generate dalle variazioni di temperatura diurne ed annue, negli archi a grandi spessori.

Infatti le prime, mentre assumono diagrammi termici attendibili, non tengono conto della loro curvatura e le seconde, meno imperfette dal punto di vista elastico, assumono però dei dati termici non corrispondenti alla realtà.

È importante osservare che, con le formole dell'Ippolito, si trovano sforzi che vanno diminuendo rapidamente verso le fondazioni, a causa dell'ingrossamento notevole degli archi, che non permette alla variazione termica di penetrare in tutto lo spessore, mentre con le formole del Guidi si ottiene un risultato opposto.

*B) Sforzi idrostatici negli archi secondo le formole del Guidi.*

Gli archi sono a spessore costante, perciò si possono applicare le formule del Guidi per il calcolo degli sforzi interni massimi dovuti alla pressione idrostatica uniforme sull'estradosso.

Si ha al vertice $\begin{cases} \sigma_e = - p \left(\dfrac{r}{h} + \mu_e\right) \\ \sigma_i = - p \left(\dfrac{r}{h} - \mu_i\right) \end{cases}$ con $p = p_e \dfrac{r_e}{r}$

ed alle imposte $\begin{cases} \sigma'_e = - p \left(\dfrac{r}{h} - \mu'_e\right) \\ \sigma'_i = - p \left(\dfrac{r}{h} + \mu'_i\right) \end{cases}$

Supponendo il pelo d'acqua di massima piena alla quota (442,50), le formule precedenti conducono ai seguenti risultati:

*Sforzi idrostatici unitari in kg/cmq (archi indipendenti - pelo acqua (442,50))*

| Quota | $p_e$ | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 442,50 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 435 | 0,75 | — 10,82 | — 3,09 | 0,39 | — 14,53 |
| 430 | 1.25 | — 14,55 | — 2,47 | + 2,74 | — 20,45 |
| 425 | 1,75 | — 17,05 | — 1,33 | + 5,21 | — 24,50 |
| 420 | 2,25 | — 18,57 | — 0,42 | + 7,22 | — 28,10 |
| 415 | 2,75 | — 18,70 | + 2,21 | + 11,05 | — 30,20 |
| 410 | 3,25 | — 17,25 | + 3,85 | + 12,82 | — 28,80 |
| 405 | 3,75 | — 15,45 | + 4,29 | + 12,87 | — 26,80 |
| 400 | 4,25 | — 14,30 | + 4,28 | + 11,10 | — 23,40 |
| 395 | 4,75 | — 11,22 | + 3,93 | + 10,10 | — 19,60 |

Supponendo che durante le massime piene non si verifichino depressioni sul paramento a valle, questi valori, specialmente per la zona sottostante a quota (410), rappresentano dei limiti superiori, poichè ivi interviene l'effetto dell'incastro alla base della diga (come si vedrà più oltre).

*C) Sforzi totali massimi negli archi.*

Supponendo che nei massimi rigori invernali e nei massimi calori estivi il pelo d'acqua non superi la quota (436), ho sommato alle componenti termiche le componenti idrostatiche corrispondenti a quota (436).

*Sforzi totali massimi invernali*
(*serbatoio pieno-pelo acqua* (436))

| Quota | $p_e$ | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 435 | 0,10 | — 17,34 | + 17,69 | + 1,15 | — 1,48 |
| 430 | 0,60 | — 23,57 | + 18,02 | — 0,21 | — 6,59 |
| 425 | 1,10 | — 26,15 | + 17,16 | + 0,99 | — 11,30 |
| 420 | 1,60 | — 27,05 | + 16,55 | + 2,70 | — 15,67 |
| 415 | 2,10 | — 26,55 | + 17,59 | + 6,86 | — 18,82 |
| 410 | 2,60 | — 24,30 | + 17,98 | + 8,86 | — 17,94 |
| 405 | 3,10 | — 21,67 | + 17,37 | + 8,81 | — 16,32 |
| 400 | 3,60 | — 19,92 | — 15,98 | + 7,28 | — 13,80 |

*Sforzi totali massimi estivi*
(*serbatoio pieno-pelo acqua* (436))

| Quota | $p_e$ | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 435 | 0,10 | + 14,46 | — 18,51 | — 1,05 | — 2,38 |
| 430 | 0,60 | + 9,63 | — 20,38 | + 2,83 | — 13,01 |
| 425 | 1,10 | + 4,65 | — 18,84 | + 5,59 | — 19,50 |
| 420 | 1,60 | + 0,75 | — 17,15 | + 7,54 | — 24,23 |
| 415 | 2,10 | — 2,05 | — 14,21 | + 10,04 | — 27,38 |
| 410 | 2,60 | — 3,40 | — 11,82 | + 11,64 | — 28,06 |
| 405 | 3,10 | — 3,83 | — 10,27 | + 12,49 | — 27,88 |
| 400 | 3,60 | — 4,28 | — 8,72 | + 11,52 | — 25,80 |

Dunque risultano i seguenti valori:

a pieno { compressione max = 30 kg/cmq
tensione » = 18 »

a vuoto { tensione max = 20 kg/cmq.

*D*) *Sforzi idrostatici secondo Résal.*

Riuniamo nella seguente tabella gli elementi necessari per il calcolo:

| Quota | $e$ | $b$ | $l$ |
|---|---|---|---|
| 442,50 | 0 | — | — |
| 435 | 3 | 9,25 | 34,00 |
| 430 | 4 | 9,60 | 36,30 |
| 425 | 5 | 9,50 | 35,80 |
| 420 | 6 | 9,50 | 35,80 |
| 415 | 7 | 8,60 | 35,00 |
| 410 | 8 | 8,10 | 34,00 |
| 405 | 9 | 6,10 | 31,50 |
| 400 | 10 | 5,70 | 29,50 |
| 395 | 11 | 4,60 | 28,00 |
| 390 | 12 | 4,25 | 27.00 |

$l$ = corda interna dell'arco
$b$ = freccia interna dell'arco } in m
$e$ = spessore dell'arco in chiave

Applicando le note formule di Résal:

$$S = 1{,}41 \frac{q\, l^2}{(b+e)^2} \qquad \text{e} \qquad R = \frac{3}{4} S$$

per $b \leqq 3{,}75\, e$ si ottengono i seguenti valori:

*Sforzi idrostatici unitari in kg/cmq*
(*archi indipendenti*)

| Quota | Pressione sull'estradosso $q$ | Compressioni massime in chiave $R$ | Compressioni massime alla imposta $S$ |
|---|---|---|---|
| 435 | 0,75 | — 6,20 | — 8,20 |
| 430 | 1,25 | — 9,40 | — 12,50 |
| 425 | 1,75 | — 11,20 | — 15,00 |
| 420 | 2,25 | — 12,70 | — 16,90 |
| 415 | 2,75 | — 14,60 | — 19,50 |
| 410 | 3,25 | — 15,40 | — 20,50 |
| 405 | 3,75 | — 17,20 | — 23,00 |
| 400 | 4,25 | — 15,70 | — 21,00 |
| 395 | 4,75 | — 16,20 | — 21,60 |
| 390 | 5,25 | — 15,40 | — 20,60 |

Risulta dunque che, nell'ipotesi di archi indipendenti resistenti soltanto a pressione, la compressione massima alle imposte, dovuta alla pressione idrostatica, è di 23 kg/cmq nell'arco a quota (405), mentre la teoria dell'arco elastico omogeneo indica una compressione massima di 26,80 kg/cmq alla stessa quota.

Per gli archi massicci vicini al piede, supposti indipendenti, le formule Résal indicano invece compressioni leggermente superiori a quelle dell'arco elastico omogeneo.

È interessante osservare che, anche quando si verificasse una fessurazione orizzontale lungo il piano di incastro alla base e quindi la pressione totale si scaricasse quasi integralmente sulla spalle (ipotesi di archi indipendenti), la diga in esame sarebbe sempre in ottime condizioni di stabilità, poichè gli sforzi massimi di pressione, tenuto conto degli sforzi termici, non supererebbero i 40 kg/cmq.

Tale ipotesi è però assolutamente improbabile, poichè la diga ha spessori e forma tali da fronteggiare con tutta sicurezza l'effetto di mensola.

*E*) *Linea di carico per la mensola centrale.*

Si trova infatti, applicando alla diga la teoria da me istituita nel 1929 e pubblicata in questa Rivista, nell'ipotesi di incastro perfetto alla base, che la linea di ripartizione del carico fra travi ed archi può essere sintetizzata nella formula seguente:

$$p = y \frac{y^2}{h^2}$$

in cui $p$ è la pressione unitaria sopportata dalla mensola in un punto generico alla profondità $y$ sotto il pelo dell'acqua, ed $h = 52{,}50$ è l'altezza totale di ritenuta sulla sezione di incastro a quota (390).

Per $y = 0$ è $p = 0$,
per $y = h$ è $p = \overline{\omega}\ y = 5{,}25$ kg/cmq.

Conosciuta la legge di variazione del carico sulla trave centrale, si deduce immediatamente quella complementare sopportata dagli archi sul vertice.

Per conoscere quale frazione del carico totale $\frac{h^2}{2}$ agente in mezzeria su un metro lineare di diga, viene sopportata dalla mensola e quale dagli archi, basta integrare il diagramma $p = p\,(y)$. Si ha:

$$T_h = \int_0^h p\, dy = \frac{1}{h^5}\int_0^h y^6\, dy = \frac{1}{h^5}\,\frac{h^7}{7} = \frac{h^2}{7}$$ quindi la frazione cercata vale: $\frac{h^2}{7} : \frac{h^2}{2} = 2/7 = 0{,}286.$

Dunque, la trave centrale porta i 2/7 del carico totale e cioè t 390 mentre le rimanenti t 985 si scaricano sui vertici degli archi e quindi sulle pareti della forra.

E poichè la sezione di base è di 12 mq, risulta uno sforzo di taglio medio di $\frac{390}{12} = 32{,}50$ t/mq ed uno sforzo di taglio unitario massimo $\frac{3}{2}\,32.50 = 48{,}70$ t/mq, $= 4{,}87$ kg/cmq, valori del tutto accettabili.

Supponendo che gli archi portino un carico idrostatico uniforme eguale a quello della chiave, si ottiene la seguente tabella:

*Sforzi idrostatici unitari in kg/cmq*
*(archi solidali fra loro)*

| Quota | $p_e$ sull'arco | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 442,50 | — | — | — | — | — |
| 435 | 0,750 | — 10.82 | — 3,09 | + 0,39 | — 14,53 |
| 430 | 1,250 | — 14,55 | — 2,47 | + 2,74 | — 20,45 |
| 425 | 1,750 | — 17,05 | — 1,33 | + 5,21 | — 24,50 |
| 420 | 2,250 | — 18,57 | — 0,42 | + 7,22 | — 28,10 |
| 415 | 2,710 | — 18,35 | + 2,17 | + 10,85 | — 29,70 |
| 410 | 2,960 | — 15,70 | + 3,51 | + 11,65 | — 26,20 |
| 405 | 3,060 | — 12,60 | + 3,50 | + 10,50 | — 21,90 |
| 400 | 2,780 | — 9,37 | + 2,81 | + 7,25 | — 15,35 |
| 395 | 1,850 | — 4,38 | + 1,53 | + 4,28 | — 7,07 |
| 390 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

*F) Sforzi nella trave centrale dovuti alla pressione idrostatica ed al peso proprio. (Curva delle pressioni).*

Stabilita la legge di variazione del carico idrostatico agente sulla mensola centrale, si è tracciato il poligono delle pressioni seguendo il metodo che andiamo ad esporre.

Divisa la mensola in fette orizzontali e calcolate di ogni fetta le forze di massa e di superficie, con un poligono funicolare si collegarono i pesi allo scopo di ottenere le risultanti progressive e con altro poligono funicolare si collegarono le spinte per ottenere le spinte progressive (fig. 14).

Condotta poi dal punto comune alle due risultanti progressive, la parallela alla retta corrispondente del poligono delle forze, si ottenne la linea d'azione della risultante totale sul giunto considerato e quindi anche il centro di pressione sul giunto stesso.

Unendo i diversi centri di pressione con dei segmenti di retta si ottenne il poligono delle pressioni il quale è tutto contenuto entro le linee di nocciolo. Si poterono così calcolare gli sforzi sui giunti orizzontali (tutti di compressione) che coincidono pressochè con gli sforzi principali, in virtù della piccola inclinazione dei paramenti sulla verticale.

*Sforzi massimi a serbatoio pieno sui giunti orizzontali (ideali) della mensola centrale, dovuti alla spinta idrostatica $p = \gamma\, y^6/h^5$ ed al peso proprio.*

| Quota | Componente normale $N$ | Componente tangenziale $T$ | Eccentricità verso valle $\delta$ | Spessore $h$ | Sforzo a monte $\pi_e$ | Sforzo a valle $\pi_i$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | t | t | m | m | kg/cmq | kg/cmq |
| 432 | 55,40 | 0 | 0,56 | 3,60 | — 0,10 | — 2,97 |
| 420 | 230 | 0 | 0,70 | 6,00 | — 1,16 | — 6,52 |
| 410 | 430 | 9 | 0,52 | 8,00 | — 3,28 | — 7,48 |
| 400 | 674 | 87 | 0,62 | 10,00 | — 4,24 | — 9,24 |
| 390 | 927 | 390 | 1,85 | 12,00 | — 0,57 | — 14,87 |

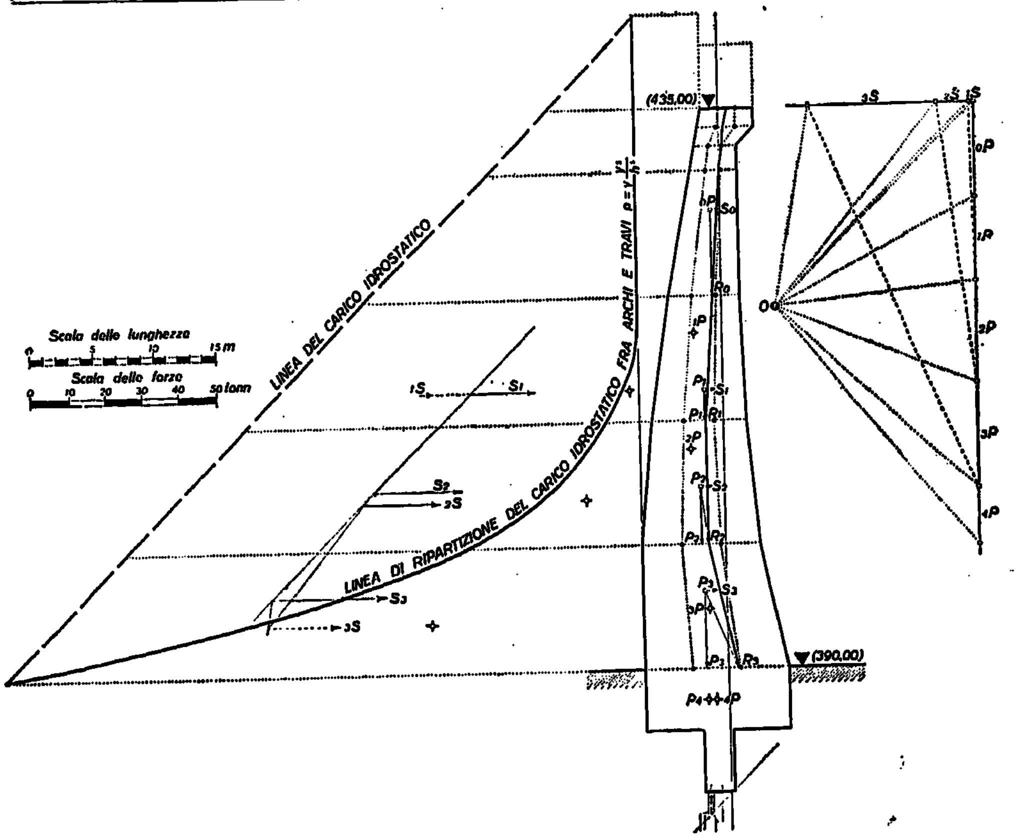



Fig. 14. - Diga per 50 metri di ritenuta a grandi spessori. Linea dei centri di pressione nella trave centrale, supposta libera in sommità e perfettamente incastrata alla base.

Come si vede, la compressione massima al piede è intorno a 15 kg/cmq e la compressione minima è intorno a 0,5 kg/cmq.

Lo sforzo di taglio unitario massimo, sul giunto di incastro a quota (390), risulta di

$\frac{390}{12} \times \frac{3}{2} = 49$ t/mq $= 4{,}90$ kg/cmq, uguale circa al valore 4.87 trovato analiticamente.

## § VI - Esempio di calcolo di una diga per 50 metri di ritenuta a grandi spessori.

Prendiamo in considerazione una diga, a lama stramazzante (fig. 13) definita dai seguenti elementi geometrici:

| Quota | $h$ | $2\,\varphi_0$ | $r$ | $r/h$ |
|---|---|---|---|---|
| 440 (max invaso) | — | — | — | — |
| 430 | 4,48 | 130° | 27,12 | 6,05 |
| 425 | 5,30 | 130° | 27,25 | 5,15 |
| 420 | 6,18 | 125° | 27,37 | 4,43 |
| 415 | 7,12 | 125° | 27,50 | 3,87 |
| 410 | 7,82 | 120° | 27,62 | 3,54 |
| (fondo) 390 | — | — | — | — |

Questa diga, mentre conserva pressochè inalterati gli spessori (grossi) di quella esaminata al paragrafo precedente, ha invece aperture angolari notevolmente maggiori con le quali sono contenuti al disotto di 3 kg/cm² gli sforzi di tensione negli archi dovuti alla sola pressione idrostatica. Gli scavi in roccia, rispetto alla precedente, sono pressochè triplicati ed il beton è aumentato del 50%.

*A*) *Sforzi termici negli archi.*

Applicando le formule del § IV, nell'ipotesi di diagramma termico triangolare fino a m 3 dal paramento, e supponendo una variazione:

$$t_i = \mp 15^\circ$$

si ottengono i seguenti valori:

*Componenti termiche invernali a serbatoio pieno.*

| Quota | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|
| 430 | — 15,10 | + 16,00 | — 7,10 | + 7,40 |
| 425 | — 14,30 | + 15,15 | — 6,60 | + 6,90 |
| 420 | — 13,20 | + 14,30 | — 5,60 | + 6,05 |
| 415 | — 12,20 | + 13,40 | — 5,05 | + 5,62 |
| 410 | — 11,45 | + 12,90 | — 4,35 | + 5,10 |

Le componenti termiche estive a serbatoio pieno sono le stesse e in valore assoluto cambiate di segno.

Si noti che questi valori, presi a sè, non hanno significato, in quanto si verificano insieme alle componenti idrostatiche e devono quindi essere sommati ad esse.

*Sforzi termici invernali a serbatoio vuoto.*

| Quota | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|
| 430 | — 4,65 | + 6,20 | + 10,35 | — 9,85 |
| 425 | — 4,65 | + 6,28 | + 10,55 | — 9,95 |
| 420 | — 4,57 | + 6,75 | + 10,85 | — 10,00 |
| 415 | — 4,05 | + 6,42 | + 10,30 | — 9,15 |
| 410 | — 3,72 | + 6,67 | + 10,65 | — 9,20 |

Gli sforzi estivi a vuoto sono gli stessi cambiati di segno.

*B*) *Sforzi idrostatici negli archi.*

Applicando le formule del Guidi per la pressione uniforme $p_e$ sull'estradosso, si ottiene:

*Sforzi idrostatici in kg/cmq*
(*pelo d'acqua* (440))

| Quota | $p_e$ | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 430 | 1 | — 8,65 | — 3,61 | — 1,66 | — 11,00 |
| 425 | 1,5 | — 11,35 | — 4,13 | — 1,30 | — 14,80 |
| 420 | 2 | — 13,75 | — 3,63 | + 0,22 | — 18,60 |
| 415 | 2,5 | — 15,35 | — 3,35 | + 1,25 | — 21,20 |
| 410 | 3 | — 17,10 | — 2,70 | + 2,70 | — 24,40 |

(Sotto quota (410) interviene l'effetto riduttore del vincolo alla base).

Trattandosi di una diga tracimabile, con lama stramazzante libera, non si devono mettere in conto eventuali depressioni sul paramento a valle, che verrebbero ad aumentare queste sollecitazioni unitarie dovute al pelo di massima piena.

*C*) *Sforzi totali massimi negli archi.*

Tenendo conto che nei massimi rigori invernali e nei massimi calori estivi il pelo d'acqua non può superare la quota (436), cioè un metro di carico sul ciglio della diga, ho sommate alle componenti termiche a pieno, gli sforzi idrostatici con pelo d'acqua (436).

*Sforzi totali massimi invernali*
(*serbatoio pieno-pelo d'acqua* (436))

| Quota | $p_e$ | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 430 | 2 | — 20,30 | + 13,83 | — 8,10 | + 0,80 |
| 425 | 2,5 | — 22,67 | + 12,10 | — 7,56 | — 4,05 |
| 420 | 3 | — 24,20 | + 11,40 | — 5,42 | — 8,80 |
| 415 | 3,5 | — 25,05 | + 10,60 | — 4,00 | — 12,80 |
| 410 | 4 | — 26,30 | + 10,56 | — 2,01 | — 16,10 |

*Sforzi totali massimi estivi*
(*serbatoio pieno-pelo d'acqua* (436))

| Quota | $p_e$ | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 430 | 2 | + 9,90 | — 18,17 | + 6,10 | — 14,00 |
| 425 | 2,50 | + 5,93 | — 18,20 | + 5,64 | — 17,85 |
| 420 | 3 | + 2,20 | — 17,20 | + 5,78 | — 20,90 |
| 415 | 3,50 | — 0,65 | — 16,20 | + 6,10 | — 23,42 |
| 410 | 4 | — 3,40 | — 15,24 | + 6,69 | — 26,30 |

Riassumendo si ottengono i seguenti valori massimi

a pieno { compressione max = 27 kg/cmq
tensione » = 15 »

a vuoto, tensione max = 11 kg/cmq.

**§ VII – Esempio di calcolo di una diga per 50 metri di ritenuta a spessori ridotti.**

Prendiamo in esame una diga a lama stramazzante (fig. 15) definita dai seguenti elementi geometrici:

| Quota | $h$ | $2\,\varphi_0$ | $r$ | $r/h$ |
|---|---|---|---|---|
| 440 (max invaso) | — | — | — | — |
| (ciglio) 435 | 1,90 | 110° | 28,80 | 15,20 |
| 420 | 2,80 | 110° | 28,40 | 10,10 |
| 415 | 3,10 | 110° | 28,25 | 9,10 |
| 410 | 3,40 | 110° | 28,10 | 8,30 |
| 405 | 3,70 | 110° | 27,95 | 7,55 |
| 400 | 4,00 | 110° | 27,80 | 6,95 |
| (fondo) 390 | 5,25 | 100° | 27,20 | 5,20 |

Questa diga ha gli spessori molto minori di quelli esaminati al § VI, ed aperture angolari meno notevoli.
È priva di sforzi idrostatici di tensione negli archi.
La compressione idrostatica minima è di 2 kg/cmq. Il risparmio di scavo e di calcestruzzo è notevole rispetto al caso

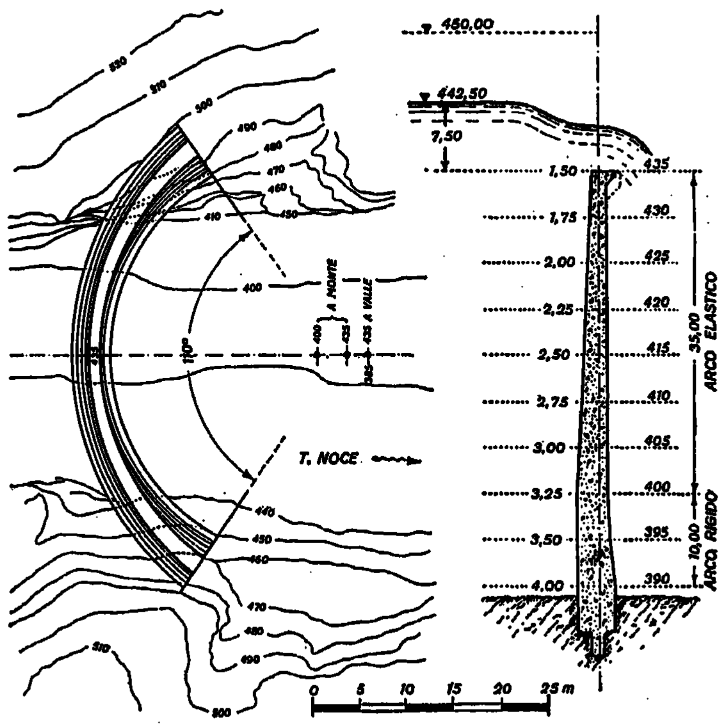


Fig. 15. - Diga per 50 metri di ritenuta a spessori ridotti. Pianta e sezione in chiave. (Stretta di Santa Giustina - Basso Noce - Trento).

precedente (§ VI). Occorre però raggiungere un carico di rottura a compressione di 5 × 55 = 275 kg/cmq, cioè circa il doppio del precedente.

*A) Sforzi termici negli archi.*

Per quanto gli spessori superino tutti i m 2, ho voluto, a titolo di esempio, applicare agli archi le formule termiche del Guidi, supponendo, in accordo con gli esempi precedenti, $t_i = \mp 15^o$. L'oscillazione della temperatura dell'acqua è invece supposta non nulla, ma eguale a 10°. Ne seguono i seguenti valori:

$$\text{a pieno} \begin{cases} t_o = \mp 10^o \\ \Delta t = \pm 10^o \end{cases} \qquad \text{a vuoto} \begin{cases} t_o = \mp 15^o \\ \Delta t = 0. \end{cases}$$

I risultati del calcolo sono riassunti nelle seguenti tabelle:

*Componenti termiche invernali a serbatoio pieno in kg/cmq.*

| Quota | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|
| 420 | — 12,50 | + 13,35 | + 2,85 | — 2,20 |
| 415 | — 12,50 | + 13,95 | + 3,80 | — 2,95 |
| 410 | — 12,80 | + 14,55 | + 4,75 | — 3,70 |
| 405 | — 13,10 | + 15,05 | + 5,70 | — 4,45 |
| 400 | — 13,35 | + 15,70 | + 6,65 | — 5,25 |

Le componenti estive a serbatoio pieno sono le precedenti cambiate di segno.
Si noti che questi valori presi a sè non hanno significato in quanto si verificano contemporaneamente alle componenti idrostatiche e devono quindi essere sommati ad esse.
Se invece delle Guidi, si applicano le formule del § IV (legge triangolare) all'arco a quota (400), si ottiene per $t_i = -15^o$:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 400 | — 15,95 | + 17,30 | — 4,65 | + 5,50 |

Alla chiave le componenti sono pressochè invariate, mentre all'imposta sono invertite di segno.

*Sforzi termici invernali a serbatoio vuoto.*

| Quota | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|
| 420 | — 7,10 | + 8,80 | + 15,50 | — 14,50 |
| 415 | — 7,50 | + 9,70 | + 16,90 | — 15,65 |
| 410 | — 7,90 | + 10,60 | + 18,30 | — 16,80 |
| 405 | — 8,35 | + 11,45 | + 19,70 | — 17,95 |
| 400 | — 8,75 | + 12,30 | + 21,20 | — 19,10 |

Gli sforzi estivi a vuoto sono i precedenti cambiati di segno.
Si noti che, applicando le formule del § IV (legge triangolare) all'arco a quota (400), si ottiene per $t_i = -15^o$.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 400 | — 6,57 | + 9,21 | + 15,90 | — 14,32 |

*B) Sforzi idrostatici negli archi.*

Applicando le formule del Guidi per gli archi circolari incastrati a spessore uniforme, si ottiene:

*Sforzi idrostatici in kg/cmq (pelo acqua (440))*

| Quota | $p_e$ | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 440 | 0 | — | — | — | — |
| 420 | 2,— | — 27,10 | — 12,45 | — 6,22 | — 34,30 |
| 415 | 2,50 | — 31,50 | — 13,60 | — 5,50 | — 40,70 |
| 410 | 3,00 | — 35,60 | — 13,90 | — 4,72 | — 45,80 |
| 405 | 3,50 | — 38,40 | — 13,80 | — 2,98 | — 50,20 |
| 400 | 4,00 | — 41,80 | — 13,70 | — 1,71 | — 54,80 |

(Sotto quota (400) interviene l'effetto riduttore del vincolo alla base)

Risulta dunque che, nell'ipotesi di archi elastici indipendenti, la compressione massima alle imposte, dovuta alla pressione idrostatica, è di 54,80 kg/cmq.
Osserviamo inoltre che sommando questi valori con le componenti termiche, si commetterebbe un errore, poichè il pelo d'acqua, sia nei massimi rigori invernali che nei massimi calori estivi, non può mai essere quello di massima piena (440), ma può tutt'al più raggiungere la quota (436), cioè un metro di carico a monte della soglia della bocca a stramazzo che si identifica col ciglio della diga in esame.

*C) Sforzi totali massimi negli archi.*

In omaggio a questa considerazione ho sommati alle componenti termiche gli sforzi idrostatici corrispondenti al pelo di magra (436).
I risultati sono riassunti nelle seguenti tabelle:

*Sforzi totali massimi invernali*
(*serbatoio pieno-pelo acqua* (436))

| Quota | $p_e$ | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 420 | 1,60 | — 33,80 | + 3,40 | — 2,13 | — 29,60 |
| 415 | 2,10 | — 39,00 | + 2,50 | — 0,82 | — 37,15 |
| 410 | 2,60 | — 43,70 | + 2,50 | + 0,65 | — 43,40 |
| 405 | 3,10 | — 47,10 | + 2,85 | + 3,06 | — 48,95 |
| 400 | 3,60 | — 51,05 | + 3,35 | + 5,11 | — 54,55 |

*Sforzi totali massimi estivi*
(*serbatoio pieno-pelo acqua* (436))

| Quota | $p_e$ | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 420 | 1,60 | — 9,40 | — 23,30 | — 7,83 | — 25,20 |
| 415 | 2,10 | — 14,00 | — 25,40 | — 8,42 | — 31,25 |
| 410 | 2,60 | — 18,10 | — 26,60 | — 8,85 | — 36,00 |
| 405 | 3,10 | — 20,90 | — 27,25 | — 8,34 | — 40,05 |
| 400 | 3,60 | — 24,35 | — 28,05 | — 8,19 | — 43,05 |

Riassumendo si ottengono i seguenti valori (formule del Guidi):

a pieno { compressione max = 55 kg/cmq
tensione » = 5 »

a vuoto, tensione max = 21 kg/cmq.

Questi risultati mettono bene in evidenza che, sostituendo alla struttura massiccia esaminata al § V una diga a spessori ridotti a meno della metà, si può, a parità di volume di scavo, aumentare le aperture angolari e, non solo eliminare completamente gli sforzi idrostatici di tensione (positivi), ma anche realizzare compressioni tali da neutralizzare sensibilmente le tensioni dovute alle variazioni termiche (a serbatoio pieno). A vuoto, la situazione è invece da ritenersi peggiorata rispetto alla diga del § V, poichè l'escursione termica ha una maggiore penetrazione e quindi, nonostante la maggior elasticità dell'arco sottile, le tensioni termiche aumentano, come hanno mostrato le formule del § IV.

## § VIII – Esempio di calcolo di una diga per 140 metri di ritenuta a grandi spessori.

Prendiamo in considerazione una diga (figg. 16, 17, 18) definita dai seguenti elementi geometrici:

| Quota | $h$ | $2\varphi_0$ | $r$ | $r/h$ |
|---|---|---|---|---|
| ciglio 533 | — | — | — | — |
| p. acqua 530 | — | — | — | — |
| 520 | 7,75 | 120° | 46,— | 5,95 |
| 510 | 10,07 | 120° | 45,30 | 4,50 |
| 500 | 12,57 | 120° | 44,40 | 3,54 |
| 490 | 14,35 | 110° | 43,60 | 3,04 |
| 480 | 16,42 | 100° | 42,80 | 2,61 |
| 470 | 17,25 | 100° | 41,20 | 2,38 |
| 460 | 18,42 | 90° | 39,80 | 2,16 |
| 450 | 19,55 | 90° | 38,10 | 1,95 |
| ... | , | | , | , |
| fondaz. 390 | , | | , | , |

Questa diga è progettata con grossi spessori e limitate aperture angolari, col criterio di fare economia di scavo in roccia e di muratura. La tensione idrostatica massima è intorno a 12 kg/cmq.

Il calcolo è stato arrestato per $r/h \simeq 2$, cioè a quota (450).

*A*) *Sforzi termici negli archi.*

Applicando le formule del § IV (diagramma triangolare) e supponendo $t_i = \mp 15^0$ si ottengono i seguenti valori:

*Componenti termiche invernali a serbatoio pieno in kg/cmq*

| Quota | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|
| 520 | — 11,30 | + 11,90 | — 5,80 | + 6,20 |
| 510 | — 9,90 | + 11,70 | — 4,80 | + 5,25 |
| 500 | — 8,50 | + 9,50 | — 3,70 | + 4,30 |
| 490 | — 7,05 | + 8,25 | — 2,65 | + 3,35 |
| 480 | — 6,50 | + 7,85 | — 2,50 | + 3,30 |
| 470 | — 5,95 | + 7,40 | — 2,25 | + 3,25 |
| 460 | — 5,40 | + 7,00 | — 2,10 | + 3,20 |
| 450 | — 4,85 | + 6,55 | — 1,90 | + 3,10 |

(D'estate gli stessi valori con segno cambiato).
Da sommarsi con gli sforzi idrostatici.

*Sforzi termici invernali a serbatoio vuoto in kg/cmq*

| Quota | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|
| 520 | — 3,30 | + 4,55 | + 7,80 | — 7,05 |
| 510 | — 2,90 | + 4,50 | + 7,45 | — 6,50 |
| 500 | — 2,45 | + 4,45 | + 7,10 | — 5,95 |
| 490 | — 2,00 | + 4,40 | + 6,80 | — 5,40 |
| 480 | — 1,60 | + 5,25 | + 6,50 | — 4,70 |
| 470 | — 1,20 | + 4,10 | + 6,15 | — 4,25 |
| 460 | — 0,85 | + 3,95 | + 5,85 | — 3,60 |
| 450 | — 0,45 | + 3,80 | + 5,50 | — 3,00 |

(D'estate gli stessi valori con segno cambiato).

*B*) *Sforzi idrostatici negli archi.*

Applicando le formule del Guidi per archi a spessore uniforme nell'ipotesi di archi indipendenti, si ottiene:

*Sforzi idrostatici in kg/cmq* (*pelo acqua* (530))

| Quota | $p_e$ | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 530 | 0 | — | — | — | — |
| 520 | 1 | — 8,87 | — 2,97 | — 0,76 | — 11,70 |
| 510 | 2 | — 14,15 | — 3,32 | + 0,77 | — 19,45 |
| 500 | 3 | — 17,15 | — 2,74 | + 2,74 | — 25,— |
| 490 | 4 | — 19,80 | — 0,93 | + 6,28 | — 30,25 |
| 480 | 5 | — 20,20 | + 1,19 | + 9,50 | — 32,70 |
| 470 | 6 | — 22,70 | + 1,45 | + 10,87 | — 37,70 |
| 460 | 7 | — 21,50 | + 3,01 | + 12,05 | — 36,10 |
| 450 | 8 | — 21,10 | + 3,52 | + 12,05 | — 37,20 |
| 390 | 14 | — ! | — | — | — |

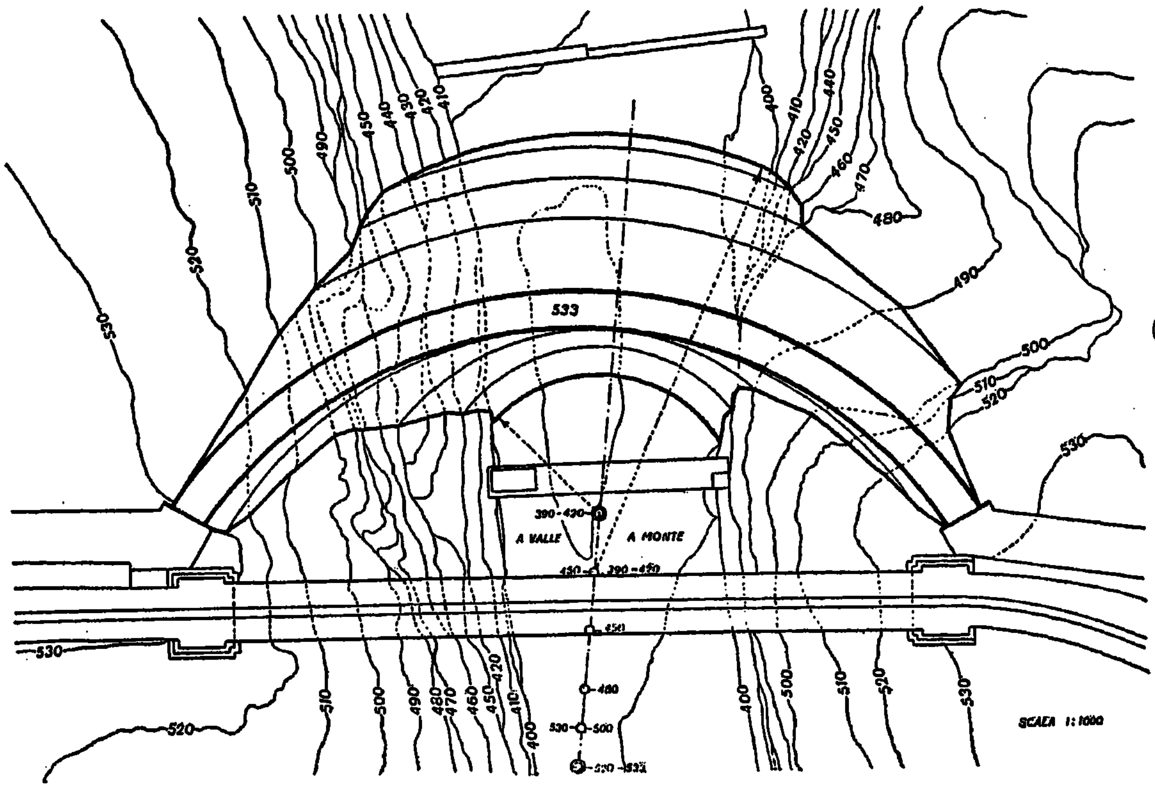
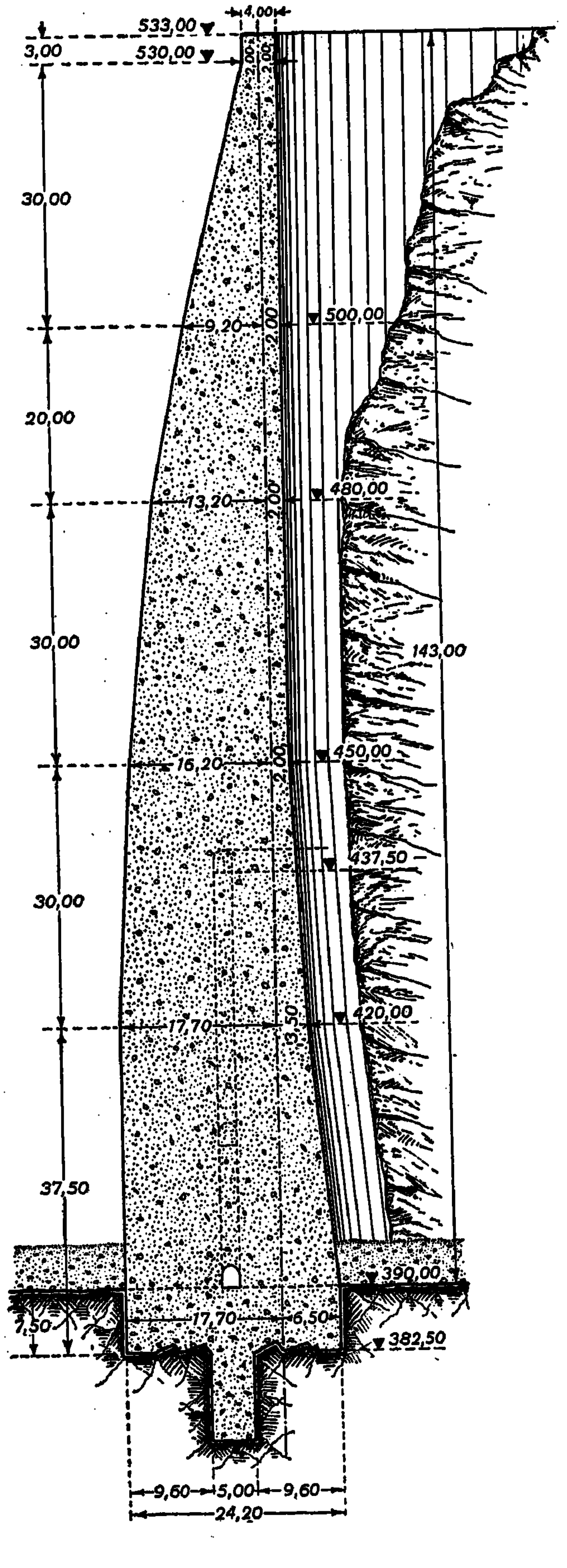



Fig. 16. - Diga per 140 metri di ritenuta a grandi spessori. Pianta. (Stretta di Santa Giustina - Basso Noce - Trento).

Fig. 18. - Diga per 140 metri di ritenuta. Sezione in chiave. (Stretta di Santa Giustina - Basso Noce - Trento).



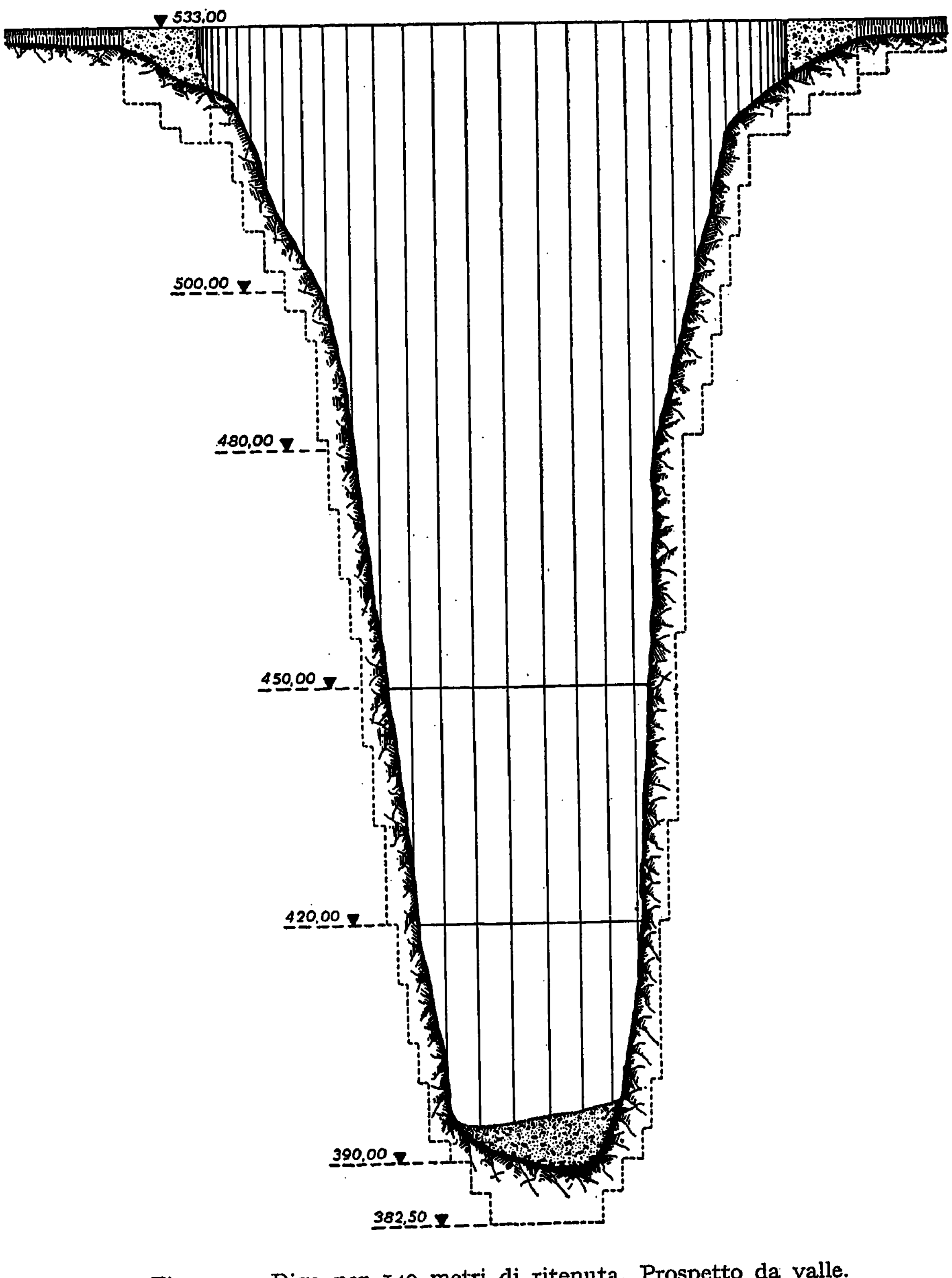




Fig. 17. - Diga per 140 metri di ritenuta. Prospetto da valle. (Stretta di Santa Giustina - Basso Noce - Trento).

Sotto quota (450) interviene l'effetto riduttore del vincolo alla base, il quale a quota (390) riduce a zero gli sforzi orizzontali negli archi.

Si incontrano invece in questa zona gli sforzi massimi verticali di compressione, i quali sono intorno ai 35 kg/cmq, tenuto conto della spinta dell'acqua sulla trave centrale.

*C) Sforzi totali massimi negli archi.*

Escludendo gli effetti del ritiro, che continua anche dopo la chiusura dei giunti di contrazione, e trascurando gli effetti della non linearità della distribuzione della variazione termica, si ottengono i seguenti sforzi massimi:

*Sforzi totali massimi invernali in kg/cmq (serbatoio pieno pelo acqua (530))*

| Quota | $p_e$ | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 530 | 0 | — | — | — | — |
| 520 | 1 | — 20,17 | + 8,93 | — 6,56 | — 5,50 |
| 510 | 2 | — 24,05 | + 8,38 | — 4,03 | — 14,20 |
| 500 | 3 | — 25,65 | + 6,76 | — 0,96 | — 20,70 |
| 490 | 4 | — 26,85 | + 7,32 | + 3,63 | — 26,90 |
| 480 | 5 | — 26,70 | + 9,04 | + 7,00 | — 29,40 |
| 470 | 6 | — 28,65 | + 8,85 | + 8,62 | — 34,45 |
| 460 | 7 | — 26,90 | + 10,01 | + 9,95 | — 32,90 |
| 450 | 8 | — 25,95 | + 10,07 | + 10,15 | — 34,10 |
| 390 | 14 | — | — | — | — |

*Sforzi totali massimi estivi (serbatoio pieno)*

| Quota | $p_e$ | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 530 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 520 | 1 | — 2,43 | — 14,87 | + 5,04 | — 17,90 |
| 510 | 2 | — 4,25 | — 15,02 | + 5,57 | — 24,70 |
| 500 | 3 | — 8,65 | — 12,24 | + 6,44 | — 29,30 |
| 490 | 4 | — 12,75 | — 9,18 | + 8,93 | — 33,60 |
| 480 | 5 | — 13,70 | — 6,66 | + 12,00 | — 36,00 |
| 470 | 6 | — 16,75 | — 5,95 | + 13,12 | — 40,95 |
| 460 | 7 | — 16,10 | — 3,99 | + 14,15 | — 39,30 |
| 450 | 8 | — 16,25 | — 3,03 | + 13,95 | — 40,30 |
| 390 | 14 | — | — | — | — |

Riassumendo si ottengono i seguenti valori massimi

a pieno { compressione max=41 kg/cmq
tensione » =14 »

a vuoto, tensione » = 8 »

Mettendo in conto l'effetto del peso proprio e ripartendo il carico fra travi ed archi, si arriva a compressioni massime verticali dell'ordine di 35 kg/cmq.

**§ IX - Esempio di calcolo di una diga per 140 metri di ritenuta a grandi spessori.**

Prendiamo in considerazione una diga (figg. 16, 17, 18) definita dai seguenti elementi geometrici:

| Quota | $h$ | $2\,\varphi_0$ | $r$ | $r/h$ |
|---|---|---|---|---|
| ciglio 533 | — | — | — | — |
| p. acqua 530 | , | , | , | , |
| 520 | 7,75 | 130° | 46,— | 5,95 |
| 510 | 10,07 | 130° | 45,30 | 4,50 |
| 500 | 12,57 | 130° | 44,40 | 3,54 |
| 490 | 14,35 | 130° | 43,60 | 3,04 |
| 480 | 16,42 | 140° | 42,80 | 2,61 |
| 470 | 17,25 | 140° | 41,20 | 2,38 |
| 460 | 18,42 | 140° | 39,80 | 2,16 |
| 450 | 19,55 | 140° | 38,10 | 1,95 |
| ... | , | — | , | — |
| fondaz. 390 | — | — | — | — |

Questa diga, mentre conserva inalterati gli spessori grossi di quella precedente, ha invece aperture angolari notevolmente maggiori, con le quali sono contenuti al disotto di 3 kg/cmq gli sforzi di tensione negli archi, dovuti alla sola pressione idrostatica, e ciò per la porzione di volta sovrastante a quota (450), alla quale ho applicate le formule del Guidi, con le debite riserve fatte al § III.

*A) Sforzi termici negli archi.*

Si ottiene per $t_i = \mp 15°$ con le formule del § IV:

*Componenti termiche invernali a serbatoio pieno*

| Quota | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|
| 520 | — 11,10 | + 11,60 | — 6,40 | + 6,60 |
| 510 | — 9,40 | + 10,— | — 4,95 | + 5,26 |
| 500 | — 7,90 | + 8,50 | — 3,90 | + 4,25 |
| 490 | — 7,10 | + 7,80 | — 3,35 | + 3,70 |
| 480 | — 6,25 | + 6,90 | — 3,15 | + 3,30 |
| 470 | — 6,00 | + 6,65 | — 2,90 | + 3,05 |
| 460 | — 5,55 | + 6,30 | — 2,70 | + 2,95 |
| 450 | — 5,25 | + 6,00 | — 2,55 | + 2,75 |

Le componenti termiche sono da sommarsi con gli sforzi idrostatici.

(D'estate gli stessi valori con segno cambiato).

*Sforzi termici invernali a serbatoio vuoto*

| Quota | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma_e'$ | $\sigma_i'$ |
|---|---|---|---|---|
| 520 | — 2,85 | + 3,85 | + 6,60 | — 6,15 |
| 510 | — 2,60 | + 3,80 | + 6,25 | — 5,65 |
| 500 | — 2,40 | + 3,65 | + 5,75 | — 5,00 |
| 490 | — 2,00 | + 3,50 | + 5,40 | — 4,70 |
| 480 | — 1,65 | + 2,95 | + 4,50 | — 4,20 |
| 470 | — 1,55 | + 2,90 | + 4,60 | — 4,25 |
| 460 | — 1,30 | + 2,80 | + 4,40 | — 3,90 |
| 450 | — 1,15 | + 2,75 | + 4,20 | — 3,75 |

(D'estate gli stessi valori con segno cambiato).

*B) Sforzi idrostatici negli archi.*

Applicando le formule del Guidi nell'ipotesi di archi indipendenti, si ottengono i seguenti valori:

*Sforzi idrostatici in kg/cmq*
(*pelo acqua* (530))

| Quota | $p_e$ | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 530 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 520 | 1 | — 8,45 | — 3,57 | — 1,62 | — 11,05 |
| 510 | 2 | — 13,70 | — 4,42 | — 0,55 | — 18,35 |
| 500 | 3 | — 17,15 | — 3,95 | + 1,03 | — 23,60 |
| 490 | 4 | — 20,00 | — 3,72 | + 2,10 | — 28,40 |
| 480 | 5 | — 21,70 | — 4,16 | + 1,78 | — 30,90 |
| 470 | 6 | — 24,30 | — 4,36 | + 2,54 | — 34,90 |
| 460 | 7 | — 24,50 | — 4,31 | + 3,01 | — 37,90 |
| 450 | 8 | — 26,10 | — 4,02 | + 3,02 | — 38,70 |

Sotto quota (450) interviene l'effetto riduttore del vincolo alla base, il quale a quota (390) riduce a zero gli sforzi orizzontali negli archi.

Si incontrano invece in questa zona gli sforzi massimi verticali di compressione, i quali sono intorno ai 35 kg/cmq, tenuto conto del peso proprio e della spinta dell'acqua sulla trave centrale.

*Sforzi totali massimi estivi*
(*a serbatoio pieno-pelo acqua* (530))

| Quota | $p_e$ | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 520 | 1 | + 2,65 | — 15,17 | + 4,78 | — 17,65 |
| 510 | 2 | — 4,30 | — 14,42 | — 4,40 | — 23,61 |
| 500 | 3 | — 9,25 | — 12,45 | + 4,93 | — 27,85 |
| 490 | 4 | — 12,90 | — 11,52 | + 5,45 | — 32,10 |
| 480 | 5 | — 15,45 | — 11,06 | + 4,93 | — 34,20 |
| 470 | 6 | — 18,30 | — 11,01 | + 5,44 | — 37,95 |
| 460 | 7 | — 18,90 | — 10,61 | + 5,71 | — 40,85 |
| 450 | 8 | — 20,85 | — 10,02 | + 5,57 | — 41,45 |
| 390 | 14 | — | — | — | — |

Riassumendo si ottengono i seguenti valori massimi

a pieno { compressione max = 41 kg/cmq
tensione » = 8 »

a vuoto, tensione » = 7 »

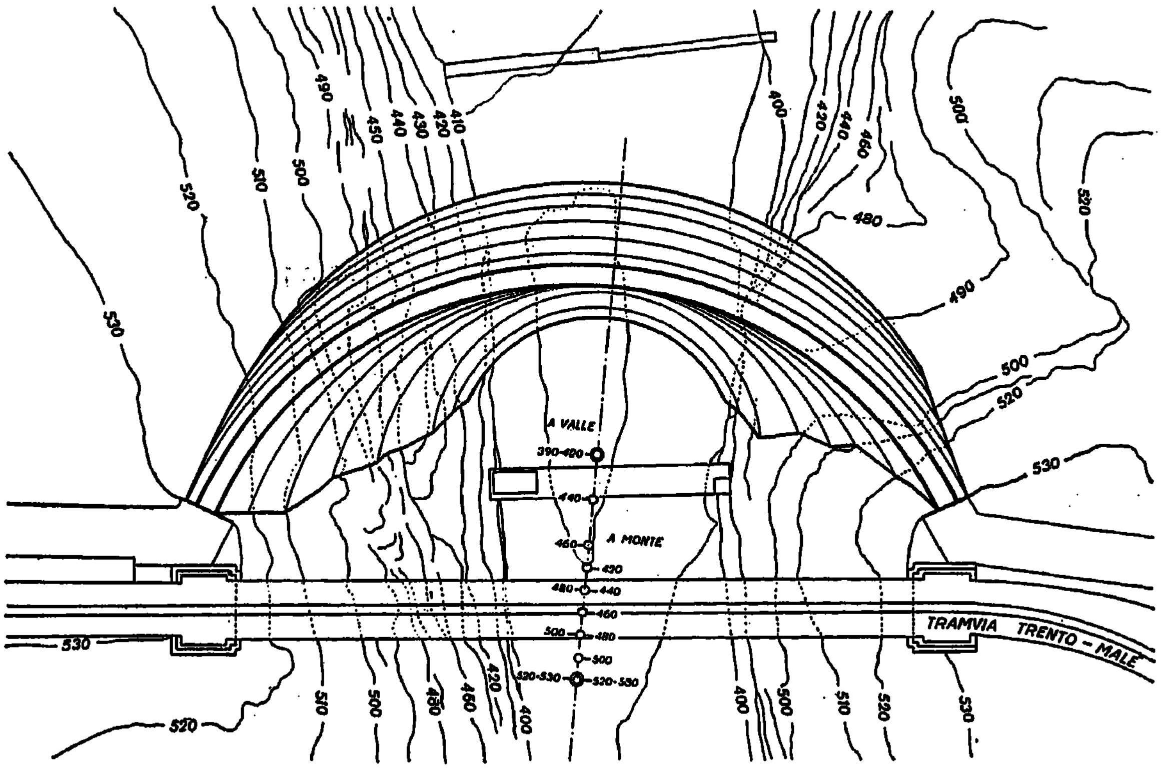



Fig. 19. - Diga per 140 metri di ritenuta a spessori ridotti. Pianta.
(Stretta di Santa Giustina - Basso Noce - Trento).

C) *Sforzi totali massimi negli archi.*

Escludendo gli effetti del ritiro e della non linearità della distribuzione termica, si ottengono i seguenti sforzi massimi:

*Sforzi totali massimi invernali*
(*a serbatoio pieno-pelo acqua* (530))

| Quota | $p_e$ | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 520 | 1 | — 19,55 | + 8,03 | — 8,02 | — 4,45 |
| 510 | 2 | — 23,10 | + 5,58 | — 5,50 | — 13,09 |
| 500 | 3 | — 25,05 | + 4,55 | — 2,87 | — 19,35 |
| 490 | 4 | — 27,10 | + 4,08 | — 1,25 | — 24,70 |
| 480 | 5 | — 27,95 | + 2,74 | — 1,37 | — 27,60 |
| 470 | 6 | — 30,30 | + 2,29 | — 0,36 | — 31,85 |
| 460 | 7 | — 30,05 | + 1,99 | + 0,31 | — 34,95 |
| 450 | 8 | — 31,35 | + 1,98 | + 0,47 | — 35,95 |
| 390 | 14 | — | — | — | — |

§ X – **Esempio di calcolo di una diga per 140 metri di ritenuta a spessori ridotti.**

Prendiamo in considerazione una diga (figg. 17, 19 e 20) definita dai seguenti elementi geometrici:

| Quota | $h$ | $2\varphi_0$ | $r$ | $r/h$ |
|---|---|---|---|---|
| max invaso 530 | 2,00 | 120° | 40,30 | 20,15 |
| 520 | 3,00 | 120° | 40,90 | 13,65 |
| 500 | 4,80 | 130° | 37,30 | 7,78 |
| 480 | 6,40 | 130° | 33,60 | 5,25 |
| 460 | 8,00 | 130° | 29,80 | 3,73 |
| 440 | 9,25 | 130° | 25,90 | 2,80 |
| 420 | 11,00 | 130° | 21,80 | 1,98 |
| 400 | 12,50 | 130° | 21,05 | 1,68 |
| 390 | 13,50 | — | — | — |

Questa diga ha spessori metà dei precedenti (§ IX) ed aperture angolari un po' minori.

Sopra quota (450) gli sforzi idrostatici di tensione sono inferiori a 3 kg/cmq. Estendendo il calcolo del Guidi fino a $r/h = 1{,}68$ cioè fino a quota (400), la tensione idrostatica massima non supera i 7 kg/cmq. Il risparmio di scavi è molto notevole rispetto al caso precedente (§ IX) e così pure il risparmio di calcestruzzo.

Occorre però raggiungere un carico di rottura a compressione di $5 \times 65 = 325$ kg/cmq, cioè circa il 160% del precedente.

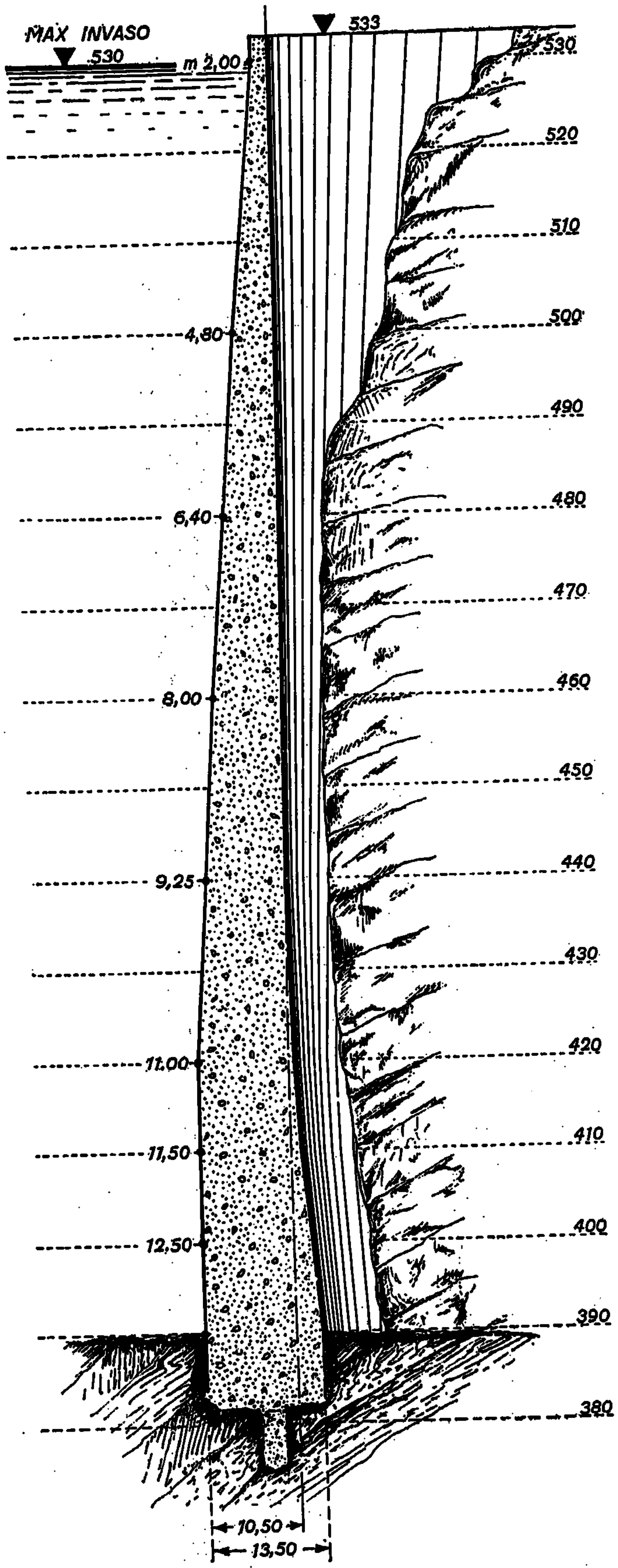



Fig. 20. - Diga per 140 metri di ritenuta a spessori ridotti. Sezione in chiave. (Stretta di S. Giustina - Basso Noce - Trento).

*A*) *Sforzi termici negli archi.*

Si ottiene per $t_i = \mp 15^\circ$ con le formule del § IV:

*Componenti termiche invernali a serbatoio pieno.*

| Quota | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|
| 520 | — 13,60 | + 13,95 | — 6,40 | + 6,55 |
| 500 | — 14,30 | + 14,75 | — 8,10 | + 8,25 |
| 480 | — 12,75 | + 13,50 | — 6,50 | + 6,75 |
| 460 | — 11,25 | + 12,25 | — 5,15 | + 5,52 |
| 440 | — 10,03 | + 11,40 | — 4,27 | + 4,78 |
| 420 | — 8,70 | + 10,60 | — 3,65 | + 4,12 |
| 400 | — 7,80 | + 9,30 | — 3,43 | + 3,92 |

(D'estate gli stessi valori con segno contrario).

Da sommarsi con gli sforzi idrostatici:

*Sforzi termici invernali a serbatoio vuoto.*

| Quota | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|
| 520 | — 3,51 | + 4,04 | + 7,22 | — 7,00 |
| 500 | — 3,78 | + 4,68 | + 8,05 | — 7,90 |
| 480 | — 3,82 | + 5,21 | + 8,75 | — 8,22 |
| 460 | — 3,57 | + 5,42 | + 8,68 | — 7,92 |
| 440 | — 3,12 | + 5,60 | + 8,61 | — 7,55 |
| 420 | — 2,32 | + 6,20 | + 7,72 | — 6,80 |
| 400 | — 2,00 | + 5,00 | + 6,75 | — 5,78 |

(D'estate gli stessi valori con segno cambiato).

*B*) *Sforzi idrostatici negli archi.*

Applicando le formule del Guidi nell'ipotesi di archi indipendenti si ottiene:

*Sforzi idrostatici in kg/cmq*
(*pelo acqua* (530))

| Quota | $p_e$ | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 530 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 520 | 1 | — 16,80 | — 10,80 | — 8,20 | — 19,90 |
| 500 | 3 | — 31,90 | — 16,25 | — 8,62 | — 39,20 |
| 480 | 5 | — 39,30 | — 14,75 | — 4,92 | — 51,10 |
| 460 | 7 | — 42,20 | — 10,35 | + 1,19 | — 57,60 |
| 440 | 9 | — 43,40 | — 7,42 | + 5,30 | — 61,00 |
| 420 | 11 | — 37,20 | — 4,13 | + 6,90 | — 58,50 |
| 400 | 13 | — 38,00 | — 3,38 | + 7,60 | — 62,50 |
| 390 | 14 | — | — | — | — |

Sotto quota (420) interviene l'effetto riduttore del vincolo alla base.

Gli sforzi massimi verticali di compressione nella mensola centrale, tenuto conto del peso e della frazione di spinta idrostatica, raggiungono i 40 kg/cmq.

*C*) *Sforzi totali massimi negli archi.*

Escludendo l'effetto del ritiro e della non linearità della distribuzione termica, si ottengono i seguenti sforzi massimi:

*Sforzi totali massimi invernali in kg/cmq*
(*a serbatoio pieno*)

| Quota | $p_e$ | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 520 | 1 | — 30,40 | + 3,15 | — 14,60 | — 13,35 |
| 500 | 3 | — 46,20 | — 1,50 | — 16,72 | — 30,95 |
| 480 | 5 | — 52,05 | — 1,25 | — 11,42 | — 44,35 |
| 460 | 7 | — 53,45 | + 1,90 | — 3,96 | — 52,08 |
| 440 | 9 | — 53,43 | + 3,98 | + 1,03 | — 56,22 |
| 420 | 11 | — 45,90 | + 6,47 | + 3,25 | — 54,38 |
| 400 | 13 | — 45,80 | + 5,92 | + 4,17 | — 58,58 |

*Sforzi totali massimi estivi*
(*a serbatoio pieno*)

| Quota | $p_e$ | $\sigma_e$ | $\sigma_i$ | $\sigma'_e$ | $\sigma'_i$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 520 | 1 | — 3,20 | — 24,75 | — 1,80 | — 26,45 |
| 500 | 3 | — 17,60 | — 31,00 | — 0,52 | — 47,45 |
| 480 | 5 | — 26,55 | — 28,25 | + 1,58 | — 57,85 |
| 460 | 7 | — 30,95 | — 22,60 | + 6,34 | — 63,12 |
| 440 | 9 | — 33,37 | — 18,82 | + 9,57 | — 65,78 |
| 420 | 11 | — 28,50 | — 14,73 | + 10,55 | — 62,62 |
| 400 | 13 | — 30,20 | — 12,68 | + 11,03 | — 66,42 |

Riassumendo, si ottengono i seguenti valori massimi:

a pieno { compressione max = 67 kg/cm²
tensione » = 11 »

a vuoto, tensione » = 9 »

serbatoi stagionali e giornalieri, quella di realizzare salti notevoli e portate cospicue, anche nei periodi di magra, permetteranno un'alta utilizzazione idroelettrica della valle che, ad impianti ultimati, arriverà ad un miliardo di kWh regolati e continui, in gran parte utilizzabili con una concentrazione di 3000 ore annue.

Di tutte le concessioni è titolare un unico Ente, la Società Generale Elettrica Tridentina (S.G.E.T.), ciò che permetterà uno sviluppo coordinato degli impianti e, quindi, la massima utilizzazione della potenza idraulica disponibile (1). Sono già in avanzata costruzione, nell'alto corso del Noce, l'impianto del Careser e l'impianto di Cogolo; nel basso Noce, l'impianto di Mezzocorona.

Subito a monte di quest'ultimo, è previsto il grandioso impianto di Santa Giustina avente un serbatoio artificiale di 180 milioni di mc, un bacino imbrifero di 1050 kmq ed un salto medio di 150 metri.

Detto serbatoio sarà ottenuto sbarrando l'angusta forra di Santa Giustina con un'altissima diga di ritenuta a volta unica in calcestruzzo di cemento (figg. 21, 22).

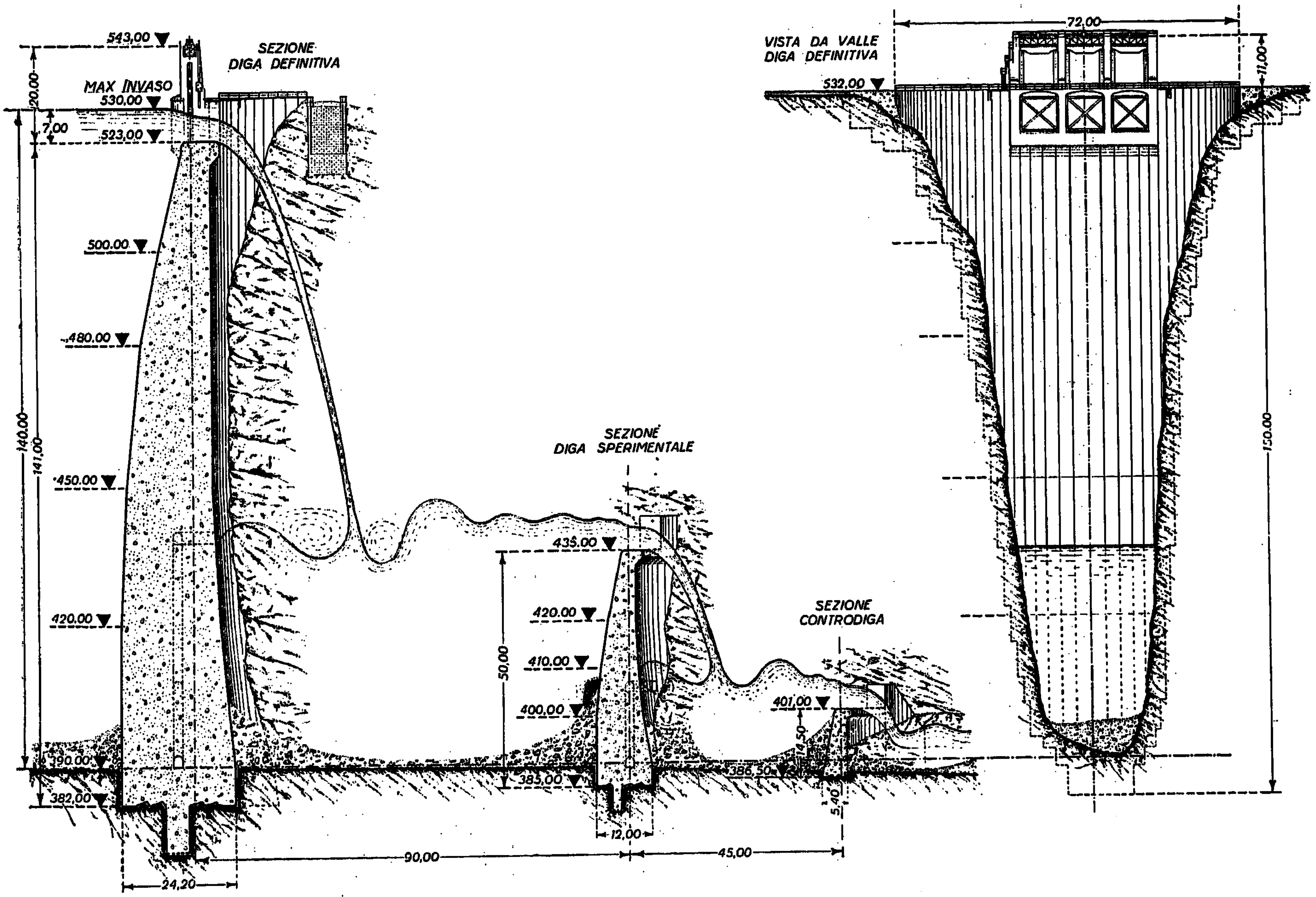



Fig. 21. - Stretta di Santa Giustina (Basso Noce - Trento). Progetto di massima delle tre dighe di ritenuta disposte in cascata. Sezione in chiave. Prospetto da valle della diga altissima.

## § XI – Le grandi dighe a volta unica, progettate dalla S.G.E.T., nella forra di Santa Giustina (Noce-Trento).

*A*) *Generalità.*

Fra le valli del Trentino, una delle più importanti dal punto di vista idroelettrico è quella del Noce, affluente di destra dell'Adige, nel quale sfocia a Zambana circa 10 km a monte di Trento.

Esso ha un bacino imbrifero di 1380 kmq che si estende dai gruppi del Cevedale, della Presanella, del Brenta, ricchi di ghiacciai, alla conca dell'Anaunia. La possibilità di costruire

La forra citata presenta condizioni particolarmente favorevoli per detto tipo di costruzione, avendo sul fondo una larghezza di 25 metri, a 90 metri dal fondo una larghezza di 30 metri, ed a 140 metri dal fondo una larghezza di soli 60 metri.

Essa è stata scavata dal Noce, nella dolomia principale, roccia notevolmente resistente, quindi dal lato della stabilità le condizioni di impostazione della volta sono ottime. A monte di essa esiste poi una vastissima conca, quasi tutta nelle marne

(1) Parte di queste notizie si trovano in un opuscolo pubblicato dalla S.G.E.T. nel 1929, in occasione del Congresso della UNFIEL.

e poco abitata, che si presta egregiamente alla creazione di un grande lago artificiale. La roccia dolomitica costituente la forra, a monte della località più conveniente per la costruzione della diga, presenta invece faglie, diaclasi, distacchi fra banco e banco, che non permettono di affrontare immediatamente la costruzione di un'opera eccezionale di 140 metri di

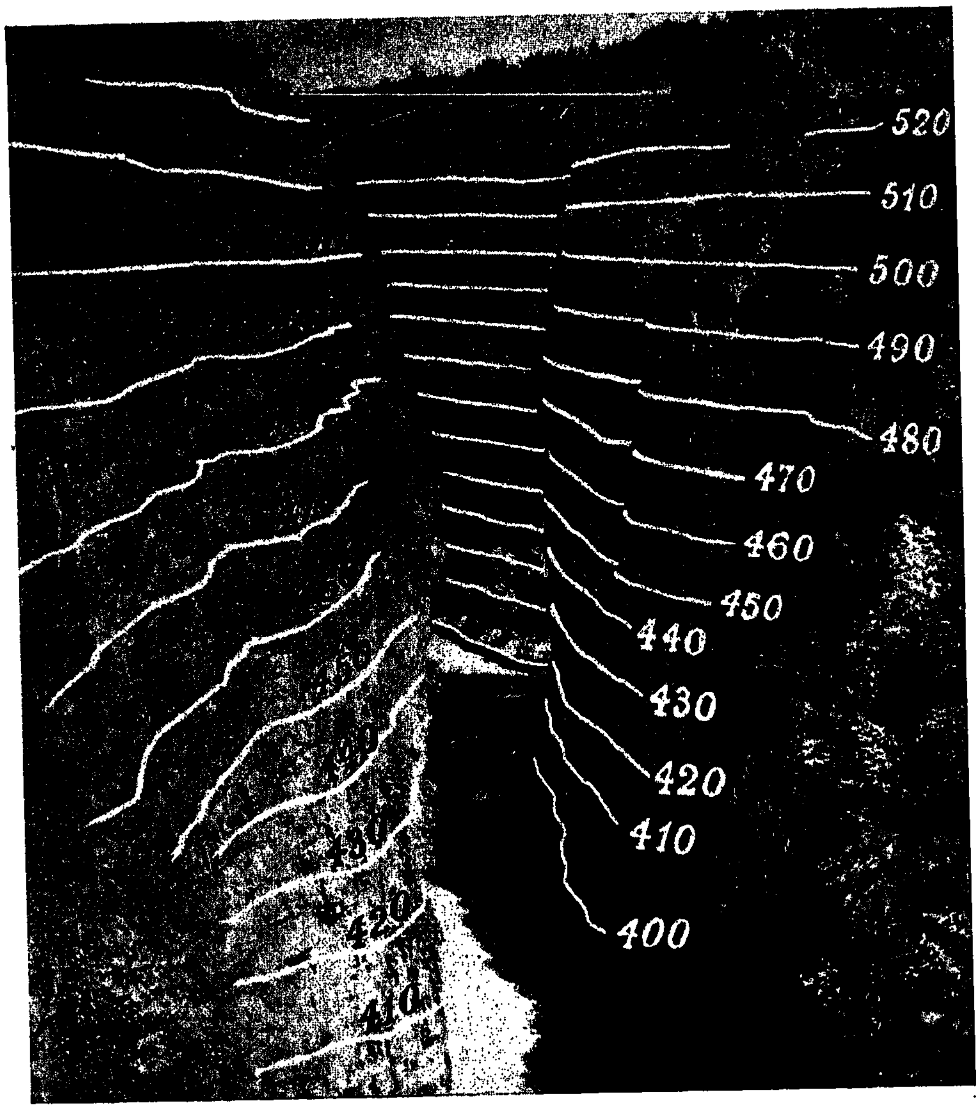



Fig. 22. - La stretta di Santa Giustina vista da valle. Località scelta per lo sbarramento. Curve di livello da quota 400 a quota 520 sul livello del mare.

altezza. D'altra parte, i sondaggi, le gallerie ed i pozzi eseguiti per studiare la struttura della roccia, mentre hanno dato ampie garanzie di stabilità, non hanno potuto risolvere il problema della tenuta del serbatoio.

Si è perciò pensato di costruire una diga sperimentale, tracimabile, alta m 50 sull'alveo attuale e munita di controdiga, al fine di esaminare il comportamento idraulico della roccia e di cercare quali siano i migliori provvedimenti atti a eliminare o ridurre le filtrazioni.

Tale diga sperimentale, finchè non sarà costruita la diga definitiva, creerà un serbatoio della capacità utile di circa 6 milioni di metri cubi, il quale funzionerà temporaneamente da bacino giornaliero e settimanale per il sottostante impianto di Mezzocorona, conferendogli una grande elasticità di esercizio, ed eventualmente potrà servire, nel caso poco probabile di abbandono del progetto della grande diga, da bacino di presa dell'impianto di Taio, ed infine da bacino di trattenuta delle portate solide, per un periodo almeno trentennale. In vista di ciò, il R. Magistrato alle Acque ha offerto un notevole contributo finanziario.

La S.G.E.T. spera che le trattative in corso possano portare alla realizzazione di questa « prima fase » e che ad essa possa seguire immediatamente la costruzione della diga altissima.

Poichè le acque del serbatoio di Santa Giustina saranno utilizzate su un salto di m 300 (compreso quello di Mezzocorona), esse produrranno 100 milioni di kWh invernali di integrazione.

La posizione più conveniente per la diga altissima è quella subito a monte del ponte metallico; d'altra parte, avendo escluso per ragioni di stabilità, di incorporarvi la diga sperimentale, si è dovuto prevedere quest'ultima ad una certa distanza dalla prima.

Dopo numerosi studi, è prevalso il concetto di costruirla a valle, con l'intendimento di assegnarle l'importante funzione di « controdiga » rispetto all'opera definitiva, ricavandone in pari tempo molti altri vantaggi, mentre se fosse costruita a monte, verrebbe sommersa ed inutilizzata dopo la costruzione della diga definitiva. Il progetto delle tre dighe, a lama tracimante, in cascata, che, a lavori ultimati, costituiranno il grande sbarramento di Santa Giustina, è stato presentato al Ministero dei Lavori Pubblici a firma del sottoscritto: Ing. Eugenio Campini e dell'Ing. Bruno Bonfioli, Direttore Centrale della Società Generale Elettrica Tridentina.

Le opere sono state progettate seguendo criteri di grandissima prudenza e potranno subire ulteriore modificazione dopo l'esperimento al vero della prima coppia di dighe.

*B) Ricerche sperimentali con modelli idraulici.*

Nell'intento di determinare i valori delle pressioni idrodinamiche sulla diga sperimentale e di studiare i fenomeni connessi col deflusso di piena, la S.G.E.T. ha predisposte ed eseguite nell'anno 1929 numerose ed accurate esperienze su modelli degli sbarramenti di Santa Giustina (figg. 23, 24).

È noto che il metodo presuppone che il modello sia geometricamente simile alla costruzione effettiva e che gli elementi meccanici siano pure dinamicamente simili.

In altri termini le pressioni, le velocità, ecc. dei punti omologhi debbono avere il medesimo orientamento nello spazio e stare tra loro in un rapporto costante.

Se $l$ ed $L$ sono due dimensioni lineari omologhe del modello e del manufatto effettivo, si avrà che le altezze rappresentatrici delle velocità dovranno stare nel rapporto:

$\lambda = \frac{l}{L} = \frac{v^2}{2g} : \frac{V^2}{2g}$ e quindi le velocità nel rapporto:

$$\frac{v}{V} = \lambda^{1/2}.$$

Se $\sigma$ e $\Sigma$ sono due sezioni omologhe di velocità medie $v$ e $V$, le portate che le attraversano sono

$$q = \sigma v \quad e \quad Q = \Sigma V$$

e quindi dovranno stare nel rapporto

$$\frac{q}{Q} = \frac{\sigma v}{\Sigma V} = \frac{l^2}{L^2} \lambda^{1/2} = \lambda^{5/2}$$

Questa espressione, nota sotto il nome di « regola di Froude può essere presa per base dello studio sperimentale, poich nel caso in esame, i fenomeni connessi con le variazioni di ene gia cinetica del liquido sono di un ordine di grandezza notev rispetto a quelli connessi son l'attrito interno.

Ciò è stato confermato da molti sperimentatori (1).

(1) « Modellversuche über die zweckmässigste Gestaltung einzel Bauwerke » Mittlere Isar A. Ges. - Monaco di Baviera, 1923.

« Die Wasserbaulaboratorien Europas », V. D. I. Verlag, Berli 1926.

De Marchi-Marchetti: « Determinazione sperimentale delle dite all'imbocco e allo sbocco di un sifone ». « Esperienze su mod in piccola scala ». *Annali dei Lavori Pubblici*. Anno 1927, fasc. I

De Marchi: « Studio delle questioni idrodinamiche con l'a di prove di laboratorio su modelli in scala ridotta. - Confronto t risultati di queste prove e quelli dell'osservazione diretta dei fe

Citerò ad esempio:

1°) il caso dei tubi a gomito di 90°, disposti orizzontalmente e con diametri crescenti da 0,5 fino a cm 24, nei quali le portate e le pressioni lungo la generatrice esterna orizzontale corrispondevano bene a quelli indicati dalla legge predetta;

2°) il caso dei sifoni autolivellatori studiato in modo perfetto ed esauriente dal De Marchi e dal Marchetti;

3°) il caso di dighe tracimabili a lame aderenti, studiato da vari sperimentatori, fra i quali ricorderò: Meyer-Peter, Camichel ed Escande, Smrček.

Tutti gli sperimentatori sono concordi nell'affermare che i risultati sono molto soddisfacenti per le pressioni e per le portate, anche dal lato quantitativo, purchè i modelli siano in scala notevole $\left(\frac{1}{50} \div \frac{1}{25}\right)$ e siano costruiti con grande accuratezza.

Nei riguardi delle erosioni e dei depositi prodotti dalle correnti, essi forniscono soltanto risultati di larga approssimazione.

Per quanto suesposto si è ritenuto opportuno costruire un modello accuratissimo in scala 1:50 e studiare i fenomeni connessi col deflusso di piena in base ai seguenti rapporti di riduzione:

Fig. 23. - Dighe di Santa Giustina (in progetto). Modello idraulico degli sbarramenti in cascata. (Scala delle lunghezze 1:50). Deflusso nullo.

Dimensioni lineari $l$, altezze piezometriche $\frac{p}{\gamma}$ ed altezze

cinetiche $\frac{v^2}{2g}$ .......................... $\lambda = 0{,}02$

Velocità .......................... $\lambda^{1/2} = 0{,}1414$

Portate .......................... $\lambda^{5/2} = 0{,}00005657$

Poichè la portata massima a Santa Giustina è valutata in 900 mc/s, il modello ad 1/50 è stato fornito di portate fino a

$$q = 0{,}00005657 \times 900 = 0{,}051 \text{ mc/s}$$

Per poter esaminare attraverso lastre di vetro l'andamento dei filetti liquidi e le traiettorie percorse dai materiali in sospensione (sabbia, ghiaietta) esistenti nel cuscino d'acqua compreso fra la diga sperimentale e quella definitiva, si è previsto un altro modello in scala $\frac{1}{100}$ in base ai seguenti coefficienti di riduzione:

$$\lambda = 0{,}01 \qquad \lambda^{1/2} = 0{,}10 \qquad \lambda^{5/2} = 0{,}00001$$

e quindi in base alla portata:

$$q = 0{,}00001 \times 900 = 0{,}009 \text{ mc/s}$$

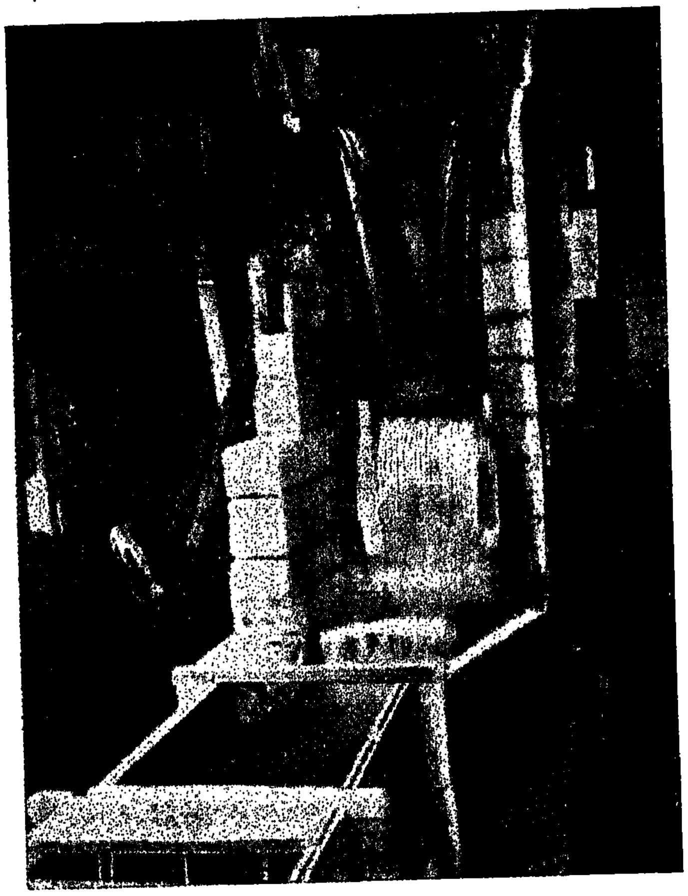


Fig. 24. - Dighe di Santa Giustina (in progetto). Modello idraulico degli sbarramenti in cascata. (Scala delle lunghezze 1:50). Portata massima del modello 50 litri al secondo. Portata massima nell'originale: 900 metri cubi al secondo. Deflusso suddiviso in due lame stramazzanti aderenti alla roccia, a valle.

Lo schema delle installazioni sperimentali era il seguente:

Presa, nel canale di scarico della centrale di Mezzocorona.
Tubo di aspirazione e moto-pompa centrifuga per 60 l/s.
Vasca a carico costante con sfioratore.
Saracinesca di regolazione.
Vasca di calma a monte della diga definitiva.
Diga definitiva, diga sperimentale e controdiga } incastrate in un modello a 1/50 della gola rocciosa di Santa Giustina, costruito in legno e gesso.
Vasca di calma con reti metalliche e grata di legno.
Stramazzo triangolare (retto) col vertice in basso (Thompson), di portata

$$Q = 1{,}34\ H^{2{,}48} \text{ mc/s } (H \text{ variabile da } 0 \text{ a m } 0{,}28)$$

Nel modello in scala 1:100, posto in derivazione sul precedente, le dighe erano invece incastrate fra una parete simile geometricamente alla roccia, ed una parete piana, verticale, di vetro, al fine di poter studiare l'andamento dei filetti liquidi.

I risultati sono stati di grande interesse pratico e di essi sarà fatta un'esposizione dettagliata su questa Rivista.

Dirò qui soltanto che essi hanno messo bene in luce quanto segue:

1°) Che le pressioni idrodinamiche medie locali sul paramento a monte della diga sperimentale, durante lo stramaz-

---

meni naturali, al fine di stabilire, tra l'altro, le condizioni e i limiti di validità della legge di similitudine ». (Rapporto al XV Congresso Internazionale di Navigazione Interna e Marittima). *L'Energia Elettrica*, settembre 1931.

M. Marchetti: « Ricerche sperimentali sui sifoni autolivellatori ». *L'Energia Elettrica*, ottobre-novembre 1931.

zare dell'acqua dalla soglia della diga definitiva, si mantenevano dello stesso ordine di quelle idrostatiche.

Le variazioni da zona a zona, in più od in meno, erano soltanto di qualche metro (riferito all'originale) rispetto al valore statico di $(30 \div 40)$ m.

Ciò è in accordo col teorema delle quantità di moto applicato al cuscino d'acqua smorzatore; infatti la componente orizzontale della differenza fra la quantità di moto entrante e quella uscente era molto piccola, e ciò perchè la vena stramazzante era pressochè verticale.

Le differenze in meno si spiegano con la presenza di un'emulsione di acqua e di aria durante il deflusso.

La pulsazione notevole della pressione, cioè l'oscillazione periodica nel tempo dovuta al moto ondoso, era ben rivelata dai piezometri, le cui escursioni avevano la stessa periodicità, ma ampiezza notevolmente ridotta.

2°) Che gli effetti dinamici di erosione sul fondo e di trascinamento dei materiali, venivano fortemente attenuati se con opportuno dispositivo si frazionava la vena stramazzante, in modo da ridurre al minimo il suo effetto penetrante nel cuscino d'acqua smorzatore, esistente fra la diga sperimentale e la diga definitiva (fig. 24).

*C) Calcoli statici.*

I calcoli statici sono stati fatti seguendo i concetti e le teorie da me esposte in questa Rivista negli anni 1928-1929, trattando il problema statico delle dighe a volta unica, in modo generale (1).

Le volte, in prima approssimazione, sono state considerate come un complesso di archi indipendenti a spessore variabile dalla chiave alle imposte e ad esse sono state applicate le seguenti teorie.

1°) Per la pressione idrostatica:
- *a*) cilindro cavo rigido,
- *b*) arco resistente soltanto a pressione (Résal),
- *c*) arco elastico omogeneo perfettamente incastrato (Guidi).

2°) Per le variazioni di temperatura:
- *a*) arco incastrato con variazione lineare sul raggio (Guidi),
- *b*) arco incastrato con variazione triangolare sul raggio (Campini).

Passando poi alla considerazione delle fibre verticali, ho ricercate le linee di ripartizione del carico idrostatico per la trave centrale nelle due ipotesi estreme di trave incernierata e di trave incastrata alla base, seguendo la via analitica esposta nelle memorie sopracitate (1).

Gli effetti del ritiro sono stati fronteggiati mediante opportuni giunti radiali di contrazione, da chiudersi con getto di beton liquido negli appositi pozzetti ed iniezioni di cemento.

Affinchè gli sforzi idrostatici fossero tutti di compressione, abbiamo progettati gli archi con aperture di $130^{\circ} \div 140^{\circ}$ (sessagesimali) ed assicurato il contatto dell'acqua con tutto il paramento a monte, affinchè vi fosse piena corrispondenza con le ipotesi di carico, fatte nella teoria.

Le componenti termiche, a serbatoio pieno, dovute ai vincoli d'incastro teorici, e risultanti dalla teoria semplificata esposta in questa nota al § IV, sono state ridotte del 50 % prima di venire sommate con gli sforzi idrostatici, poichè evidentemente non possono avere la stessa importanza, essendo stati previsti i giunti di contrazione (che non si riesce mai a saldare perfettamente) ed anche in vista dell'elasticità delle imposte.

Il progetto esecutivo della diga sperimentale e controdiga relativa, dopo alcune lievi varianti, è stato approvato dal Servizio Dighe e dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici nell'anno 1930. Esso è molto vicino a quello studiato nel § VI di questo capitolo.

Il progetto esecutivo della diga definitiva verrà studiato in un secondo tempo, e cioè quando la diga sperimentale avrà fornito, con una ritenuta di m 50, tutti gli elementi geologici, idraulici e statici necessari per garantire la perfetta riuscita del grande serbatoio definitivo.

Gli esempi di calcolo svolti ai §§ VIII, IX, X riflettono questa grandiosa opera e possono considerarsi come un primo passo verso detta soluzione definitiva, per m 140 di ritenuta e 180 milioni di metri cubi di invaso.

§ XII – **Eventuale protezione termica delle volte.**

Nel caso di sbarramento situato in alta montagna, a clima rigidissimo, un mezzo di protezione termica potrebbe essere fornito da una parete muraria verticale, collocata ad una certa distanza dal paramento a valle e costituita da un ordinario solaio in cemento armato e volterrane.

Si hanno esempi di tal genere nei serbatoi pensili per acqua potabile, nei quali il serbatoio vero e proprio è sempre collocato sotto una sottile campana di calcestruzzo armato, sostenuta da opportune mensole: ed altri esempi analoghi si hanno nelle terrazze a camera d'aria sovrastanti a locali di abitazione.

Farò qui seguire alcuni calcoli di termotecnica, per dimostrare come un'oscillazione di 30° dei valori medi diurni della temperatura del paramento a valle attorno alla media annua, con questo provvedimento possa essere ridotta circa a metà.

Consideriamo a tal uopo un arco di spessore $h_s =$ m 3 soggetto ad un regime permanente di trasmissione di calore dal mezzo « aria » a valle, al « mezzo acqua » a monte.

È noto che, per spessori inferiori ai m 3 detto regime permanente può realizzarsi.

Senza alterare la generalità dei risultati finali, possiamo riferire tutte le temperature alla media annua e considerare costante ed eguale a zero la temperatura del paramento bagnato (che può ritenersi poco diversa da quella dell'acqua).

Chiamiamo:

$T_1$ la temperatura dell'aria a valle della parete di protezione,
$t_1$ la temperatura del paramento a valle della parete in cemento armato di spessore $h_1 =$ m 0,10,
$t_2$ la temperatura analoga nel paramento a monte,
$T_2$ la temperatura della prima camera d'aria delle volterrane,
$t_3$ la temperatura del paramento a valle del primo setto,
$t_4$ la temperatura del paramento a monte del primo setto,
$T_3$ la temperatura della seconda camera d'aria delle volterrane,
$t_5$ la temperatura del paramento a valle del secondo setto,
$t_6$ la temperatura del paramento a monte del secondo setto,
$T_4$ la temperatura della terza camera d'aria situata fra le volterrane e la diga,
$t_7$ la temperatura del paramento a valle della diga,
$t_8 = 0^{\circ}$ la temperatura del paramento a monte della diga,
$K_1 = 15$ il coefficiente di trasmissione termica dell'aria esterna al paramento a valle della parete di protezione,
$K_2 = 6$ il coefficiente di trasmissione termica dalle camere d'aria interne alle pareti dei setti,
$C = 2$ il coefficiente di conducibilità attraverso la soletta di spessore $h_1 =$ m 0,10 ed attraverso i setti di spessore $h_2 =$ m 0,01.

(1) E. CAMPINI: « Sul limite superiore imposto agli sforzi di trazione nelle dighe di ritenuta a volta unica ». *L'Energia Elettrica*, settembre 1928.
E. CAMPINI: « La legge lineare delle tensioni normali negli archi della diga Stevenson ». (Polemica con L. Kambo). *L'Energia Elettrica*, dicembre 1928.
E. CAMPINI: « La ripartizione del carico idrostatico fra travi ed archi nelle dighe di ritenuta a volta unica ». *L'Energia Elettrica*, novembre 1929.

Utilizzando la nota legge di proporzionalità diretta fra flusso di calore e caduta di temperatura, attraverso la superficie di separazione di due mezzi:

$$Q = K\ (T - t)$$

e l'altra legge, pure di proporzionalità diretta fra flusso di calore e caduta di temperatura attraverso un mezzo di spessore $h$,

$$Q = c\ \frac{t'' - t'}{h}$$

scriviamo che, in regime permanente, la quantità di calore che l'aria esterna cede alla parete di protezione è uguale a quella che il paramento a valle della diga cede al paramento a monte (per ipotesi a temperatura 0° eguale a quella dell'acqua).

Si ottengono così, tenendo conto dei diversi mezzi e delle diverse superficie di separazione, le seguenti 10 equazioni a 10 incognite che, risolute, permettono di conoscere la temperatura $t_7$ del paramento a valle della diga, in funzione della temperatura $T_1$ dell'aria a valle della parete di protezione:

$$K_1\ (T_1 - t_1) = c\ \frac{t_1 - t_2}{h_1}$$

$$c\ \frac{t_1 - t_2}{h_1} = K_2\ (t_2 - T_2)$$

$$K_2\ (t_2 - T_2) = K_2\ (T_2 - t_3)$$

$$K_2\ (T_2 - t_3) = c\ \frac{t_3 - t_4}{h_2}$$

$$c\ \frac{t_3 - t_4}{h_2} = K_2\ (t_4 - T_3)$$

$$K_2\ (t_4 - T_3) = K_2\ (T_3 - t_5)$$

$$K_2\ (T_3 - t_5) = c\ \frac{t_5 - t_6}{h_2}$$

$$c\ \frac{t_5 - t_6}{h_2} = K_2\ (t_6 - T_4)$$

$$K_2\ (t_6 - T_4) = K_2\ (T_4 - t_7)$$

$$K_2\ (T_4 - t_7) = c\ \frac{t_7 - 0}{h_2}$$

Sostituendo ai coefficienti letterali i loro valori numerici e risolvendo, si ottiene:

$$\begin{aligned} t_1 &= 0{,}977\ T_1 \\ t_2 &= 0{,}983\ t_1 \\ T_2 &= 0{,}942\ t_2 \\ t_3 &= 0{,}938\ T_2 \\ t_4 &= 0{,}998\ t_3 \\ T_3 &= 0{,}924\ t_4 \\ t_5 &= 0{,}918\ T_3 \\ t_6 &= 0{,}999\ t_5 \\ t_7 &= 0{,}900\ T_4 \end{aligned}$$

da cui risulta infine:

$$t_7 = 0{,}587\ T_1$$

e quindi, con $T_1 = 15°$ si ha $t_7 = 8°{,}80$.

Possiamo quindi affermare che la parete di protezione prevista avrà l'effetto di ridurre l'oscillazione di 30°, della temperatura dell'aria esterna, ad un valore assai prossimo ai 17°,60.

## § XIII - Fattori che limitano gli sforzi dovuti alla spinta termica.

Prima di trarre qualche conclusione ricordiamo che vi sono fatti ben noti che lasciano in dubbio circa la validità della teoria dell'arco elastico omogeneo perfettamente incastrato ed in particolare delle formule che da essa discendono: sopratutto l'elasticità delle imposte e la grande variabilità del modulo di elasticità a tensione del calcestruzzo al crescere dello sforzo.

Noi non sappiamo ancora quanto sia l'influenza limitatrice dell'elasticità dell'imposta, ma essa interviene indubbiamente a favore della stabilità (1).

D'altra parte con manufatti in calcestruzzo semplice il calcolo perde di valore se si oltrepassa il limite di proporzionalità fra sforzi e deformazioni.

Ciò avviene spesso quando gli allungamenti unitari, indicati dal calcolo, oltrepassano il valore $\varepsilon = 0{,}00002$ e gli sforzi il valore $\sigma = E\,\varepsilon = 150\,000 \times 0{,}00002 = 3$ kg/cmq.

Queste anomalie del calcolo sono evidentemente in relazione all'aver assunto un « carico di rottura » (facilmente determinabile) in sostituzione di un « allungamento di rottura » (valutabile soltanto con delicate misure di laboratorio).

Nelle dighe esaminate nei paragrafi precedenti, astraendo dalla pressione idrostatica e dal ritiro del beton, si è arrivati invece ad allungamenti unitari $\varepsilon = 0{,}00012$.

Questa situazione sarebbe tale da produrre sicuramente qualche rottura del calcestruzzo nelle zone tese.

Ancora si deve osservare che la spinta dell'acqua è la sollecitazione dominante, che non si attenua se avvengono deformazioni elastiche o permanenti del sistema, mentre la spinta termica può essere grandemente ridotta da tali deformazioni.

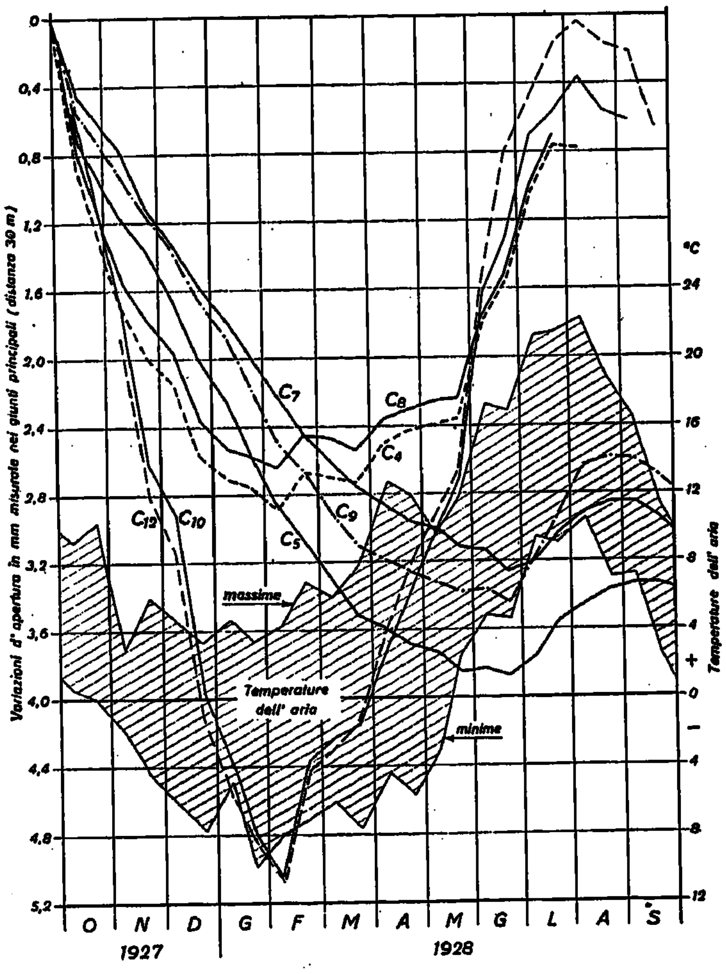



Fig. 25. - Diga di Cignana. Variazioni di apertura dei giunti principali (valori medi quindicinali).

Osservando i diagrammi di tre apparecchi posti su uno stesso giunto, si vede che le deformazioni delle facce estreme di un prisma compreso tra due giunti successivi, non variano linearmente dal basso all'alto, ma il piano del giunto si deforma secondo superficie curve.

I movimenti dei paramenti seguono abbastanza sincronicamente le variazioni di temperatura dell'aria ed in misura tanto più pronunciata quanto più la diga è sottile.

Nei primi quattro mesi di osservazione la zona terminale della diga presentò una rapidissima e rimarchevole contrazione: mm 5,05 su 30 metri, pari a 0,168 mm per metro che, con un coefficiente termico 0,00001, corrisponde ad un abbassamento di temperatura di circa 17°.

In realtà lo scarto di temperatura fu intorno ai 18°. Nella zona interna non si trova più corrispondenza fra il valore misurato e quello calcolato; infatti il secondo risulta circa doppio del primo.

Inoltre accade frequentemente che i quattro fattori, acqua, temperatura, ritiro (fig. 25) e cedimento permanente, producano

(1) Si vedano in proposito le interessanti osservazioni fatte dal Ganassini fin dal 1920: « Cenni storici sulle dighe in muratura a secco e sulle dighe ad archi multipli ». Conferenza del 23 luglio 1920, pubblicata su *L'Elettrotecnica* del 25 settembre 1920.

soluzioni di continuità nelle dighe di sbarramento in beton semplice, per cui esse, in breve volgere di tempo divengono non monolitiche, con un regime statico interno alquanto diverso da quello supposto nei calcoli. Per quanto sia grande la cura del costruttore, le crinature si presentano quasi sempre.

L'abilità consiste nel farle avvenire normalmente alla curva delle pressioni e là dove essa ha la minima eccentricità, creando preventivamente zone di minor resistenza (giunti di contrazione) da chiudersi poi con iniezioni di cemento liquido ad assestamento avvenuto.

Però, ripristinata la continuità dei manufatti, le nuove sollecitazioni riproducono spesso le crinature, sebbene in maniera meno sentita, per cui, invece che monolitiche, le dighe in calcestruzzo semplice o debolmente armato risultano composte di tanti cunei o lastroni curvi accostati.

È allora molto evidente che gli sforzi termici non possono assumere valori elevati, poichè è consentita una certa libertà di movimento alle diverse porzioni di volta.

Più precisamente, in virtù della presenza delle soluzioni di continuità, si ha che:

1°) A serbatoio vuoto le deformazioni termiche invernali non generano sforzi di tensione e aprono notevolmente le fessurazioni verticali.

Al sopraggiungere della piena può quindi accadere che le mensole verticali, originariamente monolitiche, si snervino alla base, prima che gli archi portino la loro frazione di carico idrostatico.

2°) A serbatoio pieno le deformazioni termiche trasformano notevolmente il diagramma degli sforzi interni che sarebbe prodotto dalla sola pressione idrostatica, generando:

d'inverno maggiori compressioni all'estradosso al vertice e minori compressioni all'intradosso alle imposte;

d'estate minori compressioni all'estradosso al vertice e maggiori compressioni all'intradosso alle imposte.

## § XIV – **Conclusioni.**

Si vede dunque che le strutture in beton semplice, che noi contrapponiamo alle enormi masse di acqua contenute nei laghi artificiali, non possono avere la proprietà essenziale di resistere agli sforzi di tensione che sarebbe vano richiedere al calcestruzzo non armato.

Esse devono quindi, in mancanza di meglio, essere essenzialmente capaci di creare nel loro interno zone continue tutte compresse, lontane dal limite di rottura, sia per compressione che per scorrimento. E questo risultato si ottiene aumentando tanto gli spessori quanto la concavità del paramento a valle.

Queste considerazioni concordano, in parte, con quanto è affermato da alcuni che si dichiarano nettamente favorevoli al concetto di contrapporre notevole quantità di massa muraria alla insidiosa massa idrostatica.

In quest'ordine di idee dobbiamo allora fissare la nostra attenzione sugli sforzi di pressione o di taglio che ci vengono segnalati dalla teoria dell'arco elastico, e non su quelli di tensione.

Diviene così pressochè superflua la ricerca degli sforzi termici a serbatoio vuoto, mentre resta utilissima la ricerca degli sforzi idrostatici e termici, di pressione a serbatoio pieno, fatta con le formule sovraesposte basate sull'ipotesi (non reale) di arco continuo, solidale con le spalle ed omogeneo.

Il calcolo degli sforzi di tensione resta pur sempre utile, sia per condurci alla migliore configurazione geometrica, sia per indicarci, con precisione, le zone in cui l'acqua avrà la tendenza ad introdursi nel manufatto.

Queste considerazioni sulle variazioni di temperatura, pur non risolvendo pienamente il problema degli sforzi da esse generati, mettono tuttavia bene in luce che essi sono di due ordini e cioè:

*a*) Gli sforzi dovuti alla spinta termica, dipendente dal vincolo teorico di incastro perfetto, i quali vanno diminuendo con l'aumentare degli spessori e per archi di una decina di metri di spessore sono intorno ai 10 kg/cmq, mentre per archi sottili, intorno ai due metri, possono raggiungere i 20 kg/cmq.

*b*) Gli sforzi dovuti alla non linearità della distribuzione termica spaziale, i quali non dipendono dai vincoli esterni e, allo stato della teoria, non sono calcolabili neanche approssimativamente.

Si deve quindi supporre, a favore della stabilità, che essi siano distribuiti uniformemente in tutta la muratura e con valori non trascurabili. Se a queste preoccupazioni si aggiungono quelle del ritiro, altro fattore insidioso, nonostante la previsione dei giunti di contrazione, quelle del gelo, dell'acqua di permeazione, dei cedimenti permanenti delle imposte e delle fondazioni, si arriva a concludere che non è possibile calcolare il grado di stabilità di una diga in calcestruzzo semplice, poichè in essa il procedimento costruttivo contiene tante e tali incognite che sfuggono a qualsiasi indagine teorica. La mente del progettista si orienta dunque preferibilmente verso le dighe a volta unica monolitiche, prudenzialmente slanciate, in calcestruzzo fortemente armato, solidali coi piani d'imposta e di fondazione, nelle quali le deformazioni effettive sono molto più vicine a quelle supposte nei calcoli, i quali assumono una certa rispondenza fisica e forniscono una base seria sulla quale calcolare il coefficiente di stabilità sopra citato.

Dette costruzioni hanno anche il grande pregio di consentire al beton dilatazioni due o tre volte maggiori di quelle del beton semplice, a parità di tensione unitaria di rottura, e quindi in esse il beton può essere spinto a sforzi *teorici* di tensione anche di 20 kg/cmq (calcolati con un rapporto fra i moduli di elasticità del ferro e del calcestruzzo $m = \dfrac{E_f}{E_c} = 10$) senza pregiudizio della sua continuità. È poi evidente che una fitta rete di armature, poste secondo le tre direzioni spaziali (generatrici, direttrici, raggi della volta) e distribuite razionalmente nello spessore del beton, mentre non varia sensibilmente il costo dell'opera, mette al coperto contro qualsiasi sollecitazione di tensione e di taglio derivante da cause accidentali. Detto costo non varia praticamente, poichè la maggior spesa per il ferro e per l'aumento di dosaggio del calcestruzzo è pressochè uguale al risparmio degli scavi e dei volumi dei getti rispetto al caso di beton semplice.

Detto aumento di dosaggio è richiesto evidentemente da forti carichi di compressione, i quali, per dighe a spessori ridotti in calcestruzzo armato, possono raggiungere anche i 60 kg/cmq.

Il corrispondente carico di rottura cubica non dovrà in tal caso essere inferiore ai 300 kg/cmq.

Dott. Ing. Eugenio Campini.

ING. ALESSANDRO LODOLO
DELLA SOCIETÀ TERNI

# Prove sistematiche sugli isolatori durante l'esercizio (1)

L'importanza sempre maggiore assunta dalle moderne linee di trasporto e dai sistemi d'interconnessione, e la conseguente gravità dei danni che guasti improvvisi ed imprevisti provocano, impone a tutti gli esercenti un continuo controllo degli isolatori, che sono senza dubbio il punto debole delle linee suddette.

È necessario poter individuare per tempo quegli elementi che per una causa qualsiasi incominciano ad essere meno efficienti e che, lasciati in opera, diverrebbero presto o tardi causa di interruzioni nel servizio.

È pure indispensabile verificare periodicamente i valori delle terre, specialmente nelle località più abitate, e prendere tutte le precauzioni possibili per poter rapidamente localizzare un guasto, ove questo disgraziatamente si verifichi.

Scopo di queste note è una descrizione riassuntiva dei sistemi impiegati dalla Soc. Terni con un cenno ai risultati ottenuti.

Se altri, seguendo l'esempio, vorranno rendere noti i risultati da loro raggiunti e le conseguenti deduzioni pratiche, onde arricchire, mediante dati controllati, l'esperienza di chi deve occuparsi dell'esercizio, mi riterrò pienamente soddisfatto.

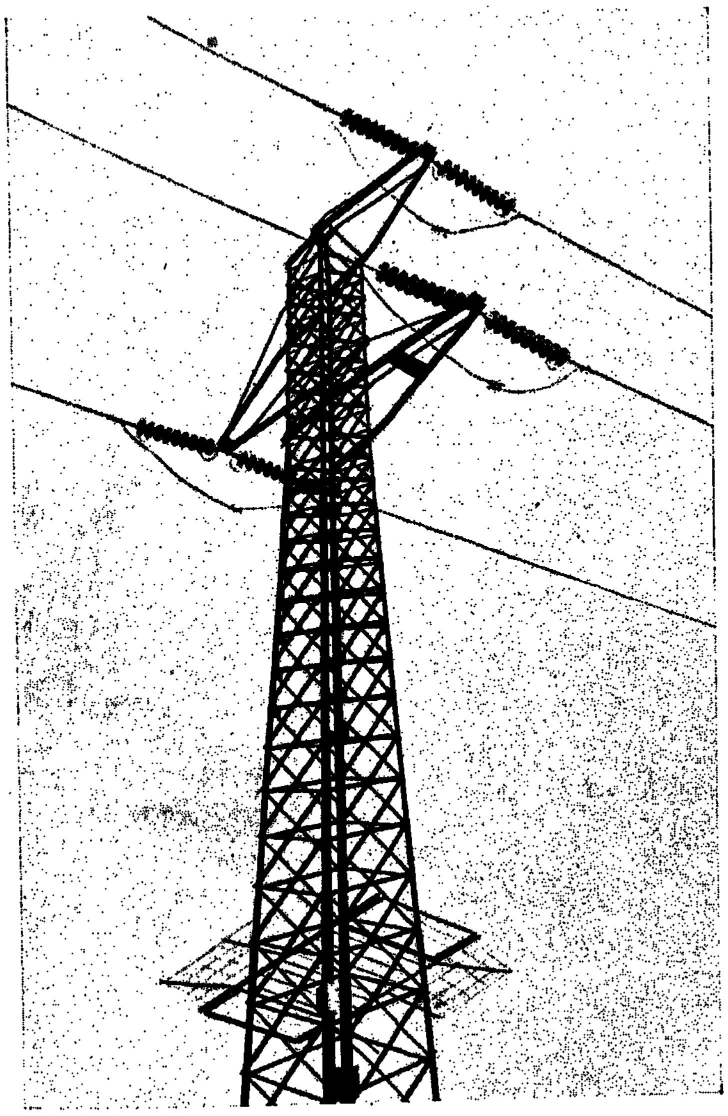


Fig. 1. - Palo normale di amarraggio, munito di morsetti di sezionamento montati sui colli morti.

Per la rapida localizzazione dei guasti, che improvvisamente si possono verificare sono stati presi i seguenti provvedimenti.

1° Costruzione nei punti più importanti della rete di piccole cabine di sezionamento, costituite da un fabbricato capace di ospitare due guardiafili con le relative famiglie, da una cabina telefonica centrale, e portante una soprastruttura in cemento armato, per sorreggere un sezionatore tripolare a comando simultaneo e munito di sei lame di terra.

Le manovre vengono eseguite a mezzo di volantini, che trovano posto nella cabinetta telefonica.

2° Installazione sui tralicci di ancoraggio o su cavalletti, capaci di ricevere in futuro un sezionatore tripolare, situati nelle immediate vicinanze delle strade carrozzabili, di speciali morsetti di sezionamento.

Questi vengono fissati ai colli morti e, come si può facilmente vedere nelle figg. 1 e 2, permettono la divisione della conduttura con uno svitamento semplice facilitato dalle maniglie, operazione che può eseguire un solo operaio, senza bisogno di alcun attrezzo.

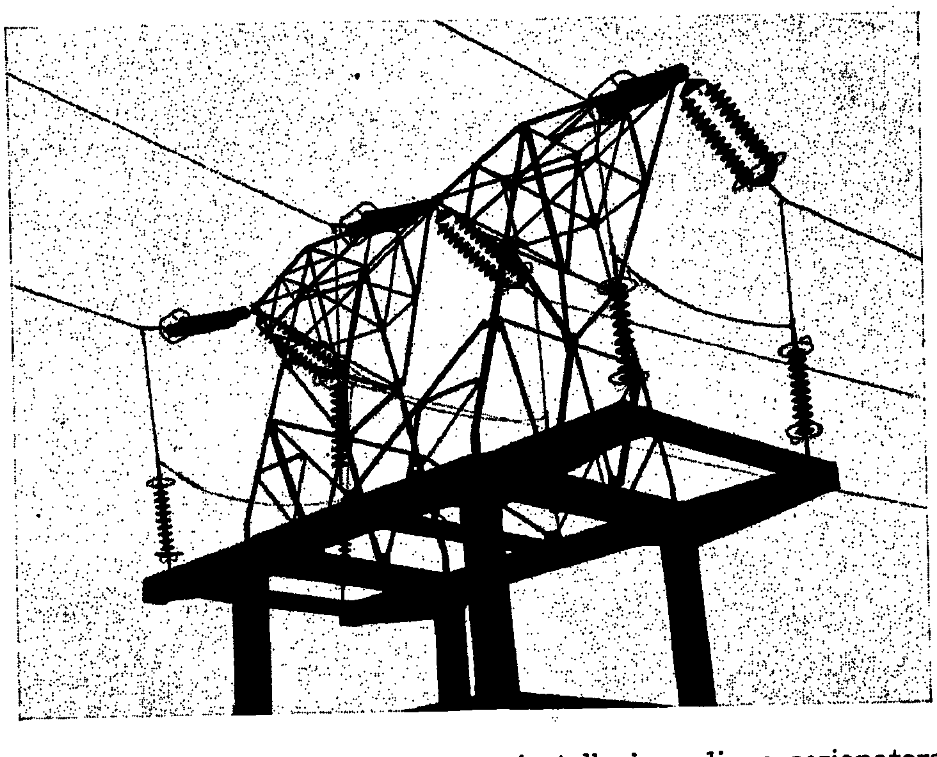


Fig. 2. - Cavalletto predisposto per installazione di un sezionatore tripolare a comando simultaneo, e provvisto provvisoriamente di morsetti di sezionamento.

Il morsetto (fig. 3) è costruito in modo da impedire il possibile distacco di qualche pezzo che, cadendo dal traliccio, potrebbe essere causa di ritardo nelle manovre, che devono naturalmente essere fatte con la linea a terra.

Dovrà usarsi una sola precauzione: quella di fissare mediante una catenella metallica alla puntina del sostegno su cui si vuole eseguire il sezionamento un uncino di ferro col quale il guardia-

(1) Relazione presentata alla Commissione « Trasporto e Distribuzione » della *Unfiel* nella seduta del 3 marzo 1932-X.

fili possa raggiungere dall'alto della mensola il collo morto, e tirare a se il morsetto.

È stato pensato a questo mezzo economico di sezionamento, per poterlo usare su larga scala, a distanze non superiori agli (8 ÷ 12) km a seconda delle località.

Ripetute prove eseguite hanno dimostrato che un bravo operaio può compiere la manovra di sezionamento in un tempo non superiore ai 15 minuti.

ispezione che, specialmente in zone montagnose e non percorse da strade, è particolarmente lunga. Se tutte queste precauzioni sono doverose, ancor più necessario è tuttavia il provvedere a che siano, per quanto umanamente possibile, evitati i guasti, mediante un'accurata opera di prevenzione.

A questa è stata dedicata la massima attenzione.

La periodica misura della resistenza delle terre viene eseguita col metodo della terra ausiliaria a mezzo di ohmetro a corrente

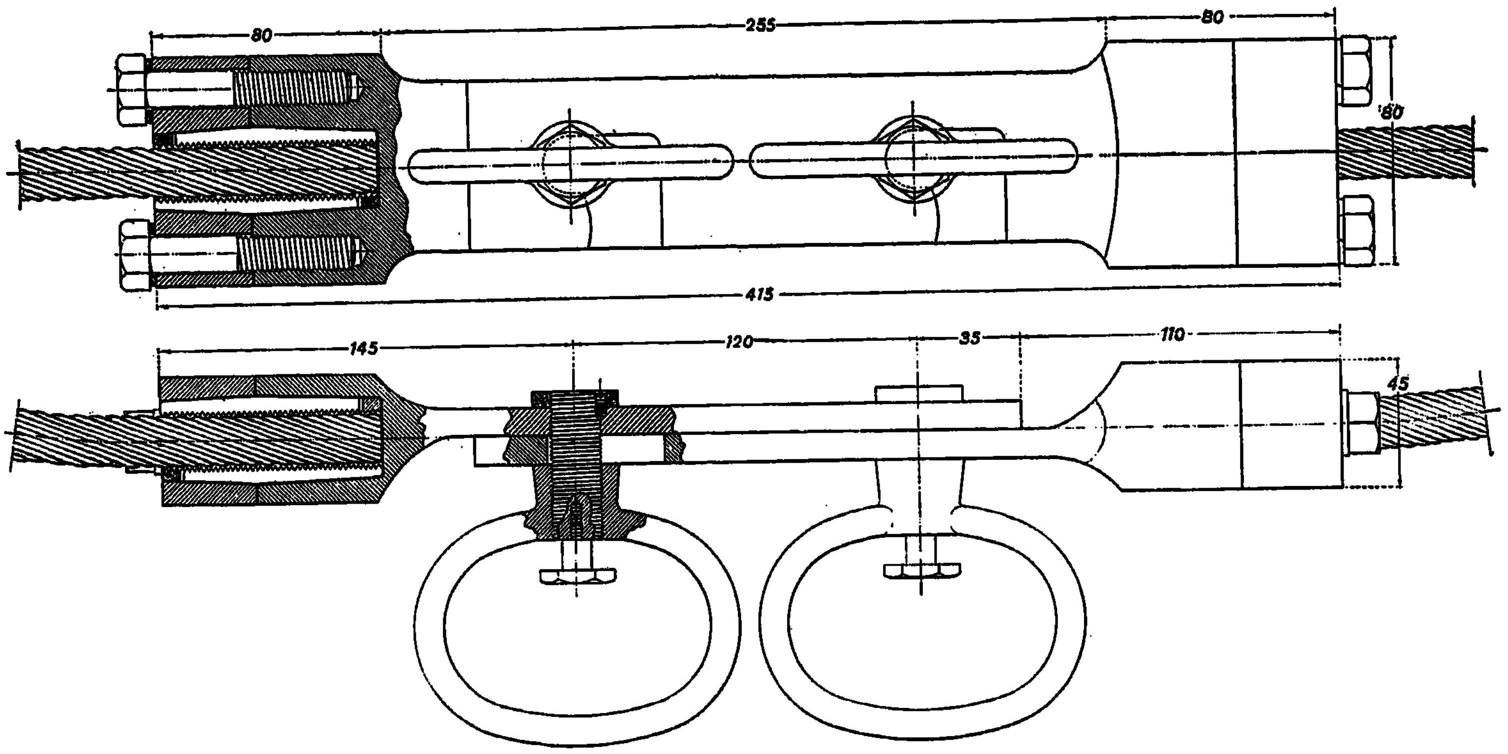



Fig. 3. - Particolare di un morsetto di sezionamento.

alternata, che non risente l'effetto di eventuali correnti vagabonde.

Il controllo degl'isolatori è fatto normalmente per tutte le linee due volte all'anno dai guardiafili di servizio sotto la sorveglianza di un capotecnico.

3° È stato sistemato nel Laboratorio Misure Elettriche un apparecchio localizzatore Siemens (Vedi *L'Energia Elettrica,* fasc. IX - anno 1931).

La felice ubicazione degl'impianti Terni, grandemente concentrati intorno a Papigno, nei pressi della grande Centrale Galleto, dalla quale hanno origine le più importanti linee di trasmissione, ha facilitato la costruzione di una linea aerea isolata per 10 kV che, partendo dal laboratorio, il quale occupa una posizione centrale, e raggiungendo la cabina di smistamento della centrale stessa, corre parallelamente alle partenze delle grandi elettro-condutture.

Mediante questa speciale disposizione è possibile collegare in pochi istanti, a mezzo di conduttori flessibili già preparati, la linea da provare al localizzatore dei guasti, che serve quindi a tutti gli scopi e per tutte le trasmissioni.

Naturalmente il laboratorio è direttamente allacciato alle telefoniche di servizio per le disposizioni del caso.

4° Sono state impartite istruzioni, affinchè nei posti centrali di sezionamento provvisti di coltelli a comando simultaneo, sia sempre presente uno almeno dei due guardiafili che abitano il posto stesso, che è corredato anche di un autocarro veloce e delle casse attrezzi necessarie per eventuali riparazioni.

Parimenti i turni di normale ispezione per il personale scaglionato lungo le linee sono stati studiati in modo da avere sempre disponibile e pronti al telefono alternativamente uno ogni due guardiafili.

Da quanto sopra esposto è evidente come un possibile difetto possa venire localizzato con piena sicurezza ed in poco tempo.

Normalmente ciò viene fatto a mezzo del localizzatore Siemens; se questo per una ragione qualsiasi non funzionasse, si ricorre ai sezionamenti.

Dato il loro numero rilevante, bastano anche, nelle peggiori ipotesi, poche prove per individuare la località ove il guasto è avvenuto.

Ciò fatto la riparazione può essere eseguita in brevissimo tempo, poichè viene risparmiata la ricerca del difetto mediante

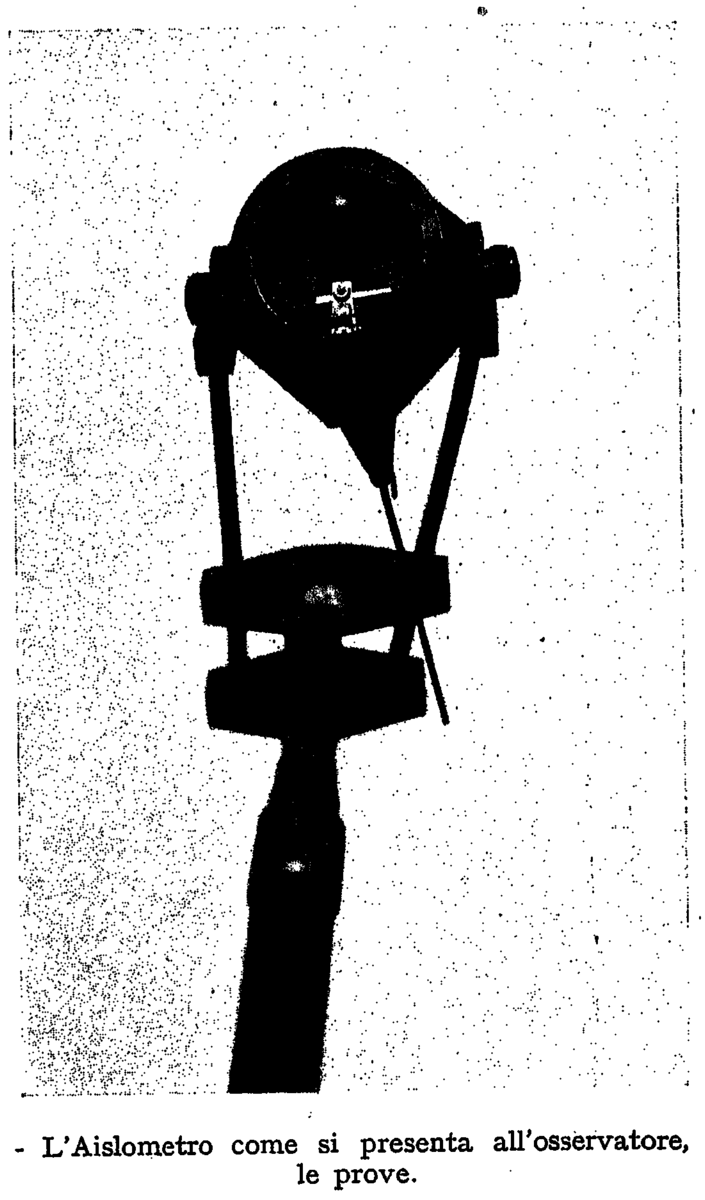


Fig. 4. - L'Aislometro come si presenta all'osservatore, durante le prove.

mezzi usati sono:

a) il Megger da 10 000 M Ω e da 2500 V;
b) il voltmetro elettrostatico « Aislometro » (fig. 4);
c) il fioretto acustico Venturini.

l primo ha dato risultati veramente buoni, per quanto uralmente esiga di essere adoperato con le dovute cautele. e le prove vengono eseguite in estate con tempo asciutto è icile sbagliare, ma se si ha cura di non badare ai valori as- iti dell'isolamento, bensì a quelli relativi, scartando cioè solo gli elementi che presentano una deficenza in confronto agli i montati sullo stesso traliccio, il selezionamento può farsi ottima probabilità anche in condizioni meno propizie.

Per evitare errori è buona norma ripetere la prova dopo aver ificato l'isolamento dei cavetti mediante distacco del fio- to, quando si ha un'indicazione deficiente.

Le squadre adibite a controlli del genere sono costituite da persone: una ha in consegna l'apparecchio, eseguisce le ture e prende nota delle anormalità, le altre due, munite trambe di cinghia di sicurezza e di fioretto, si danno il cam- nell'ascesa sui tralicci, che è esercizio faticoso e richiede tempo di quello necessario alla misura vera e propria del- solamento.

Evidentemente se il tracciato si svolgesse in pianura le cose muterebbero.

Per quanto i risultati ottenuti col Megger siano stati oltremodo lusinghieri, pur tuttavia occorrendo mettere la linea a terra per poter eseguire i controlli, questi, a causa del citato motivo, che urta in difficoltà di esercizio, non avrebbero potuto essere fatti con quella regolarità e frequenza tale da lasciare completamente tranquilli, quindi questo primo metodo è stato riservato solo ai casi in cui è possibile avere una linea fuori tensione e sopratutto è tenuto come metodo di controllo.

Più precisamente, individuati gl'isolatori guasti coi sistemi che descriverò appresso, al momento del ricambio, prima dell'inizio del lavoro, le catene del traliccio vengono provate in pochi minuti col Megger per avere una conferma della misura eseguita in antecedenza.

Il secondo sistema di prova, — quella dell'Aislometro — costituisce la base dei periodici controlli eseguiti, come detto, due volte all'anno su tutte le linee della Soc. Terni.

Non è qui il caso di descrivere l'apparecchio, perchè largamente conosciuto dai tecnici.

Dirò solo che le misure vengono eseguite da una coppia di operai sotto la sorveglianza di un capotecnico.

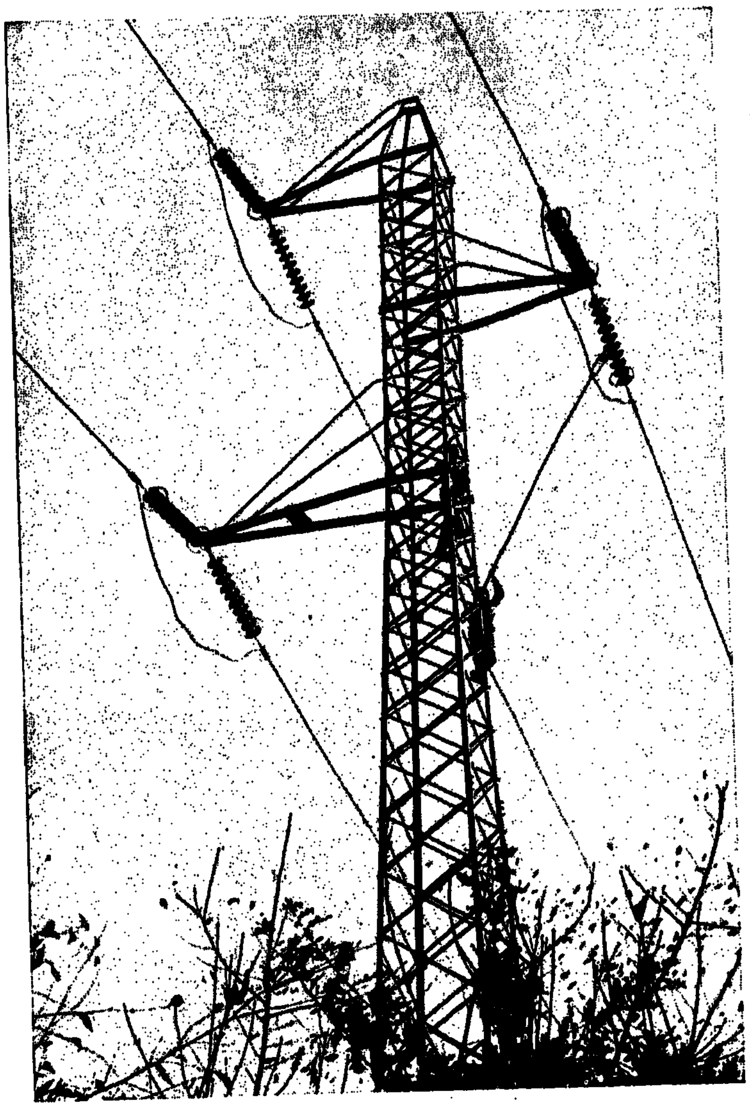


Fig. 5. - Prove con l'Aislometro su di una linea a 120 kV.

Fig. 6. - L'Aislometro montato sul fioretto munito di catenella per la messa a terra e per il sostegno di peso.

Per facilitare il compito del personale sono stati stampati appositi moduli sui quali è impressa la figura del traliccio, mentre gl'isolatori sono indicati da tanti cerchietti; l'operatore non ha quindi che da segnare sui suddetti moduli il numero d'ordine del sostegno, le anormalità riscontrate e colorare in rosso con una matita il cerchietto corrispondente all'elemento risultato decisamente cattivo ed in altro colore quello indicato deficiente.

L'esperienza ha dimostrato che in 8÷10 ore una di queste squadre è capace di controllare in terreno accidentato circa 20 tralicci ad una terna di conduttori isolati per 120 kV.

Se la linea fosse a 6 fili la prova non richiederebbe un periodo molto più lungo, perchè la maggior perdita di tempo s'incontra nel passare da un sostegno all'altro.

Come può osservarsi nelle figg. 5 e 6 l'asta isolante che porta l'Aislometro è sorretta da una catenella metallica fissata al traliccio dall'operaio che, nell'interno dello stesso, ha la mansione di guidare la misura e di annotarne i risultati.

L'altro guardiafili, che si trova più in basso, ha il compito di guidare il fioretto e di far passare l'apparecchio successivamente a cavallo di tutti gli isolatori della catena.

Questa operazione è resa facile dal fatto che il peso dell'asta è completamente sostenuto dalla catenella, che ha anche lo scopo di proteggere l'operatore, mettendo a terra l'apposito anello di guardia che limita la parte di fioretto che può essere toccata.

Perchè la misura riesca esatta è bene fare una doppia prova per ogni catena. Più precisamente occorre verificare la deviazione della linguetta dell'apparecchio per tutti gl'isolatori, tenendo l'Aislometro coll'equipaggio mobile rivolto verso il filo e segnare sui moduli, già ricordati, quegli elementi per cui non si ha deviazione o si ha una deviazione non completa.

Si ripete poi l'operazione coll'apparecchio rovesciato, ossia con l'equipaggio mobile dalla parte della mensola.

Sono da considerarsi guasti o difettosi quegli elementi indicati come tali in entrambe le prove.

È indispensabile attenersi a questa precauzione, poichè in caso contrario i risultati possono essere completamente errati.

Il terzo sistema di prova, quello del fioretto acustico, è usato solamente per gl'isolatori rigidi e per quelli a sospensione di vecchia costruzione tipo Ginori N. 17313, ai quali male si adatta l'uso del Megger e dell'Aislometro. Occorre registrare differentemente la distanza spinterometrica delle sferette per ogni tipo d'isolatore da controllare, e naturalmente è bene determinare questa costante in laboratorio, ove è possibile eseguire le prove con tutta calma e comodità.

L'uso del fioretto è poi come tutti sanno semplicissimo. Basta far passare successivamente il polo dello stesso dal conduttore sino alla mensola, attraverso i vari elementi, se trattasi d'isolatori sospesi, od attraverso alle varie campane, se ci si trova di fronte ad isolatori rigidi.

In condizioni normali il rumore della scarica allo spinterometro deve essere avvertito solo per determinati elementi, se si ode detta scarica anche in posizione diversa da quella normale, se ne deve dedurre la presenza di una anormalità, per cui la catena o l'isolatore deve essere cambiato.

Tutti i bollettini di prova vengono radunati, esaminati ed i dati in essi contenuti accuratamente annotati in registri nei quali è riservato un certo spazio ad ogni sostegno.

Nei suddetti registri figura quindi il numero degli elementi guasti o difettosi, individuati in ogni controllo periodico, e quello degl'isolatori che, eseguito il ricambio, sono stati in laboratorio riscontrati effettivamente guasti o difettosi.

Parimenti vengono annotate tutte le anormalità che si verificano durante l'esercizio, di conseguenza è possibile in ogni momento avere sott'occhio non solo il numero dei guasti, degl'inconvenienti ecc., ma anche la loro distribuzione lungo la linea, in modo che riesca facile individuare quali sono i tratti più deficienti e più sollecitati.

Ho detto che, eseguito il ricambio, che viene generalmente esteso a tutta la catena, anche quando solo uno o due elementi sono stati individuati come guasti, gl'isolatori vengono sottoposti in laboratorio ad un accurato esame per controllare le indicazioni date dagli apparecchi usati per le prove. Tale esame viene normalmente eseguito mediante prova in vasca e misura delle perdite nel dielettrico. Si fanno anche numerosi saggi meccanici di tiro.

L'esperienza ha dimostrato che in pratica tutti gli elementi individuati come completamente guasti presentano piccole fessurazioni radiali, che partono dalla cappa. Queste screpolature sono anche visibili ad occhio, se attentamente esaminate.

A seconda dell'entità di queste fessure ed a seconda dello stato di pulizia, la tensione di perforazione oscilla in questi casi da 10 a 25 kV.

La resistenza meccanica al tiro è ridotta ad 1/3 circa.

Le prove eseguite hanno inoltre dimostrato che quegl'isolatori individuati difettosi coi metodi sopra descritti, presentano angoli di perdita rilevanti, cosa questa assolutamente nociva ed anormale.

Ciò conferma ancora una volta la bontà dei sistemi di selezione adottati durante l'esercizio, perchè col loro aiuto è possibile non solo eliminare gli elementi fessurati e quindi pericolosissimi, per la perduta efficenza elettrica e più ancora per la diminuita resistenza meccanica, ma è possibile ancora individuare ed eliminare quegli elementi che, presentando anormalità od angolo di perdita rilevanti, possono in un tempo relativamente breve diventare pericolosi.

Non è possibile per il momento affermare se gl'isolatori che hanno notevoli perdite sono nati cattivi o lo sono divenuti durante l'esercizio.

Ciò si potrà vedere in futuro, perchè attualmente, prima di mettere in opera nuovi isolatori, questi verranno provati al banco della misura dell'angolo di perdita.

Nel 1931 nella rete della Soc. Terni sopra un numero di 68500 isolatori sospesi si sono avuti nelle periodiche ispezioni i risultati raggruppati nella sottostante tabella:

| | Col Megger | | Con l'Aislometro | |
|---|---|---|---|---|
| | in ancoraggio | in sospensione | in ancoraggio | in sospensione |
| Isolatori individuati come guasti, ossia fessurati .... | 291 | 78 | 897 | 104 |
| Isolatori riscontrati effettivamente guasti in laboratorio .................. | 284 | 76 | 880 | 102 |
| Isolatori individuati difettosi | 7 | 40 | 31 | 19 |
| Isolatori risultati effettivamente difettosi ......... | 3 | 23 | 24 | 8 |
| Isolatori trovati guasti o difettosi nelle prove di laboratorio e non individuati nelle normali ispezioni .. | 15 | — | 118 | 37 |

Questi dati stanno a dimostrare l'assoluta necessità di sistematici controlli degl'isolatori e la bontà dei sistemi adottati, non solo considerati in se stessi, ma anche dal punto di vista dell'esercizio.

Infatti, malgrado il rilevante numero di avarie verificatesi in questi due ultimi anni negl'isolatori, su 355 km di linee ad alta e ad altissima tensione, si sono avuti a lamentare solamente 4 *guasti dovuti agl'isolatori* stessi e che hanno provocato una improvvisa ed imprevista interruzione del servizio. Ciò significa che fortunatamente gli elementi che incominciano a deteriorarsi non divengono subito pericolosissimi, ed è possibile individuarli e cambiarli prima che diano luogo a gravi inconvenienti.

Per linee molto vicine al mare l'uso del Megger è poco consigliabile, ma credo che l'Aislometro possa dare buoni risultati, specialmente se usato dopo la pulizia, che in tali casi si è soliti eseguire.

Coll'aiuto del suddetto apparecchio deve essere possibile individuare gl'isolatori leggermente fessurati o comunque difettosi, che altrimenti non possono venire scoperti.

Non porto dati relativi ai risultati ottenuti col fioretto acustico, perchè solo da poco tempo esso è stato messo in uso, e la stessa cosa ripeto per il fioretto spinterometrico Siemens.

Altra considerazione pratica, che può dedursi dalle cifre sopra riportate, è che l'enorme maggioranza dei guasti si sono avuti per gl'isolatori in amarraggio.

Ciò dimostra una volta di più quanto sia nocivo alla durata dell'isolatore lo sforzo meccanico, che nel nostro caso non è neppure esagerato perchè per gli elementi in ancoraggio esso non supera il quinto od il sesto del carico di rottura. Da qui l'opportunità di usare doppie catene negli amarraggi, che è bene limitare e sostituire per quanto possibile con attacchi a doppia sospensione su tralicci rinforzati.

ING. ALESSANDRO LODOLO.

ING. ETTORE CESÀRI
DIRETTORE DELL'« UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE »

# L'industria elettrica all'estero

## (America latina)

## Argentina

**aratteri dell'industria.** Quando si parla della Repubblica Argentina bisogna distinguere la Capitale dalle Proıcie. La prima infatti oltre ad avere caratteristiche proprie una importanza grandissima in confronto delle Provincie. Così avviene che più di due terzi della produzione si effettuano la sola Buenos Ayres. In questa città distribuiscono energia e grandi Imprese: la « Chade » (Compañia Hispano-Americana Electricidad), controllata dalla « Sofina » di Bruxelles, e la ompañia Italo-Argentina de Electricidad » a capitale itano, argentino e svizzero. Altra Società, a capitale nord-amerino, è la « Compañia Anglo-Argentina de Electricidad ». Il capile nord-americano invade lentamente anche le Imprese minori. L'industria tende rapidamente alla concentrazione.

**Risorse naturali.** L'Argentina possiede forze idrauliche nelle Ande, sulle quali tuttavia non si hanno dati molto precisi: in comune col rasile ha le cascate dell'Iguassù, che nell'ultimo suo tratto ima dello sbocco nel Paranà forma confine fra i due Stati. ure in comune col Brasile sono le rapide di Apipè sul Paranà: con l'Uruguay quelle di Salto Grande. L'utilizzazione di queste ponenti forze idrauliche esige quindi accordi internazionali on facili a raggiungersi.

Secondo studi del Governo argentino si potrebbero avere Buenos Ayres 250 000 kW dall'Iguassù, distante 1200 km, 15 000 da Apipè, distante 1000 km, e 200 000 da Salto Grande, istante 450 km. Va notato tuttavia che i corsi d'acqua sunnoinati hanno regimi molto variabili, e che le potenze previste on rappresentano i minimi disponibili in modo continuo: osicchè è ancora da dimostrare la convenienza economica di osì colossali impianti.

Quanto alle forze delle Ande, per ora non v'è gran probabilità he vengano utilizzate per la loro distanza dai grandi centri.

Secondo il Geological Survey, il patrimonio idraulico argenino sarebbe di sei milioni di HP. Stando a quanto riferì l'Ing. Piaggio al Congresso di Berlino della W. P. C., una non trascuabile risorsa sarebbe rappresentata dalle forti maree (superanti gli otto metri) che si manifestano sulle coste della Patagonia settentrionale. Una situazione favorevole sarebbe nella baia di San José, che si dovrebbe sbarrare con una diga di 7 km di unghezza creando un lago di 780 kmq. Il dislivello utile alle turbine sarebbe in pratica di due metri come massimo: arrivando ad utilizzare tale dislivello fino a m 0,50, le turbine marcerebbero durante 20 ore sulle 24 quotidiane. L'energia fornita sarebbe di 10 milioni di kWh quotidiani con punte di un milione di kW. La località dista 1100 km da Buenos Ayres.

Altra situazione analoga si troverebbe alla foce del fiume Deseado, ma di importanza assai più modesta, potendo fornire al massimo una diecina di migliaia di kW.

Trattasi evidentemente di progetti vaghi e di lontanissima realizzazione.

È accertata la presenza di carboni fossili poveri, di scisti bituminosi e di ligniti. Qualche utilizzazione se ne è fatta a Salagata, ma con risultati modesti. Il consumo annuale è di 3,2 milioni di tonn, quasi interamente importate.

Vaste torbiere sono segnalate in Patagonia e nella Terra del Fuoco, dove sembra esistano 150 milioni di tonnellate di quel combustibile. Ma la distanza dai centri abitati è tale da escluderne per ora l'utilizzazione per produrre energia.

Esiste invece in Argentina il petrolio: esso è segnalato in Patagonia (Chubrat), nel territorio di Neuquen, a Cacheuta (Mendoza) e al Nord sulle zone subandine di Salta e di Jujuy.

La prima produce da sola i 4/5 del totale, sebbene sia sfruttata per poco più di un quinto della superficie. I pozzi appartengono parte al Demanio, parte a Società private. Il petrolio è in prevalenza costituito da oli pesanti.

L'Argentina è al decimo posto fra le nazioni che producono petrolio. Nel 1929 la produzione fu di 1 440 000 tonn, per 2/5 prodotti da Società private e per 3/5 dagli impianti demaniali. Ciononostante la produzione non ha coperto il consumo che in parte, essendosi nel 1929 importato petrolio greggio e derivati per un miliardo e mezzo di lire italiane.

Non sembra quindi che, per ora, i combustibili liquidi possano costituire la base di impianti generatori d'energia.

**Gli impianti produttori.** Nel 1927 la « Associazione Argentina degli Elettrotecnici » ha pubblicato una statistica delle centrali e sottostazioni della Repubblica. Da questa si rileva che le centrali erano a quell'epoca:

| | | |
|---|---|---|
| nella Provincia di Buenos Ayres | N. | 153 |
| » » » Catamarca | » | 1 |
| » » » Cordoba | » | 108 |
| » » » Corrientes | » | 10 |
| » » » Entro Rios | » | 33 |
| » » » Jujuy | » | 8 |
| » » » La Rioja | » | 3 |
| » » » Mendoza | » | 12 |
| » » » Salta | » | 13 |
| » » » San Juan | » | 2 |
| » » » San Luis | » | 4 |
| » » » Santa Fè | » | 97 |
| » » » Santiago del Estero | » | 7 |
| » » » Tucuman | » | 12 |
| nel territorio del Chaco | » | 5 |
| » » » Chubut | » | 5 |
| » » di Formosa | » | 1 |
| » » della Pampa | » | 25 |
| » » di Misiones | » | 2 |
| » » » Neuquen | » | 5 |
| » » » Rio Negro | » | 4 |
| » » » Santa Cruz | » | 5 |
| nella Capitale federale (Buenos Ayres) | » | 37 |
| In totale | N. | 552 |

Nella grandissima maggioranza sono assai modeste, e prevalentemente a corrente continua. Regioni immense sono ancora sprovviste di qualsiasi impianto. Il maggior numero è equipaggiato con motori a combustione interna.

La potenza installata nelle Provincie è valutata in 140 470 HP a vapore, 125 240 HP di motori a combustione interna, di 39 648 HP idraulici. Trattasi in gran parte di piccoli impianti, poichè la potenza media per motore raggiunge appena 233 HP.

La Capitale possiede due grandi centrali termiche. Quella della Compañia Hispano-Americana (Chade), inaugurata nel 1929, nel Porto nuovo, attualmente possiede un impianto di macchinario per 150 000 HP, da aumetarsi definitivamente a 300 000 HP (47 kg per cmq e 410°); e quella della Italo-Argentina, sul Plata, prevista per 350 000 HP, dei quali 105 000 in montaggio (36 kg per cmq e 450°). Quest'ultima funzionerà fra breve impiegando nafta. Queste due centrali vengono ad aggiungersi a quelle esistenti: la dotazione complessiva di macchinario generatore comprende circa 700 000 kW.

**Produzione e consumo dell'energia.**

La produzione di energia elettrica è in rapido aumento. Nella città di Buenos Ayres nel 1920 si consumarono 280 milioni di kWh che nel 1929 erano già saliti a 577 milioni, corrispondenti a 281 kWh per abitante.

La produzione complessiva viene stimata intorno al miliardo di kWh annui.

**L'elettrificazione ferroviaria.**

Fin dal 1916 si iniziò l'elettrificazione delle linee suburbane di Buenos Ayres mediante corrente continua ad 800 Volt e terza rotaia. I primi due tronchi (Buenos Ayres-Moreno e Buenos Ayres-Victoria-Tigre) funzionano dal 1923 e rispettivamente dal 1916, con 36,5 km di linea a triplice binario e con 57 km di linea per la maggior parte a binario unico. La rete elettrica suburbana si va completando (Buenos Ayres-Coghlan-Tigre e Coghlan-Villa Ballester) per un complesso di circa 42 km. A S. Fernando è stata creata una apposita centrale termica, che fra breve avrà una potenza totale di 30 000 kW.

A queste linee si aggiungerà un tronco sotterraneo destinato a portare i passeggieri ed i prodotti destinati ai mercati nel centro della città. Questa linea di penetrazione servirà oltre che alle linee già elettrificate, anche ad altri tronchi eserciti a vapore.

**Tariffe e prezzi.**

A Buenos Ayres il prezzo dell'energia luce è uguale per le due Società (Chade ed Italo-Argentina): e corrisponde a Lit. 2,05 per kWh per le prime 30 ore mensili (quoziente del consumo in kWh pei kW installati), ed alla metà per l'eccedenza. La Chade fa largo uso di contratti speciali pattuiti caso per caso. L'I. A. serve anche i sobborghi di Avellaneda, Lomas de Zamora e Quilmes, nei quali è mantenuto lo stesso tipo di tariffa, ma con prezzi base rispettivamente di Lit. 2,28, di Lit. 2,40 e di Lit. 2,58.

Per forza motrice, Lit. 1,65 per le prime 30 ore e Lit. 1,20 per l'eccedenza. I clienti industriali preferiscono d'ordinario prodursi l'energia da sè, sopratutto mediante motori Diesel.

In provincia si hanno prezzi maggiori: per la luce si giunge a Lit. 3,20 ed a Lit. 2 per le piccole forze.

**Produzione e importazione di materiale elettrico.**

L'impiego dell'energia elettrica si va diffondendo rapidamente. Solo una dozzina di centri possiedono un impianto a gas, cosicchè l'impiego dell'energia nelle cucine va aumentando. Così dicasi dei piccoli motori. D'altra parte l'Argentina non è ancora una nazione industriale: quindi essa rappresenta un buon mercato per l'importazione, sopratutto per gli apparecchi per impianti luce, per le applicazioni domestiche e per il macchinario occorrente alle piccole industrie: vi è pure particolare richiesta di frigoriferi grandi e piccoli.

Non va dimenticato che l'industria della distribuzione di energia è in Argentina nelle mani di capitalisti stranieri: i quali naturalmente esercitano una influenza sulla scelta dei fornitori di materiali e di apparecchi.

Nel 1930 le importazioni di materiale elettrico furono le seguenti:

| | *in Tonnellate* |
|---|---|
| Cavi nudi | 3 845 |
| » sottopiombo | 4 284 |
| Dinamo e motori | 5 660 |
| Accumulatori | 2 528 |
| Apparecchiature da quadro | 575 |
| Lampade a incandescenza | 790 |
| Tubi isolanti | 4 380 |
| | *in numero di pezzi* |
| Ventilatori | 36 530 |
| Apparecchi di misura | 9 644 |
| Contatori | 6 210 |

Quanto ai paesi d'origine, primeggiano gli Stati Uniti, la Germania e l'Inghilterra. L'Italia nel 1929 figura per 2956 tonn di cavi sotterranei e per 9184 ventilatori. Certamente, dati i rapporti fra i due Paesi, le importazioni italiane potrebbero essere maggiori.

# Brasile

**Caratteri dell'industria.**

Il Brasile aveva già nel 1890 due impianti della potenza complessiva di 10350 HP: la città di Campos possedeva una centrale già nel 1887. Esso fu dunque fra i primi paesi che abbiano posseduto una industria elettrica. Questa andò accrescendosi lentamente, limitata ai centri più importanti, finanziata prevalentemente da capitale straniero, specialmente negli ultimi anni.

La caratteristica più spiccata dell'industria elettrica brasiliana sta nella grande importanza che finora vi ha avuto l'alimentazione di pubblici servizi: l'illuminazione pubblica vi rappresenta il 40 % del consumo totale, la fornitura a dipartimenti pubblici per altri usi il 6 %, e soltanto il 54 % rimanente è coperto dall'illuminazione privata e dalle applicazioni industriali. Il 22 % delle centrali (102 su 471 - dati del 1928) appartengono ad enti pubblici, ma sono quasi tutte di assai modesta importanza e in piccoli centri che non hanno invogliato ad occuparsene il capitale privato. Il solo capitale straniero possedeva alla fine del 1928 il 72 % della potenza termica ed il 60 % di quella idraulica. Di queste un solo gruppo (Brazilian Traction Light and Power Co.) disponeva del 58 % della potenza idraulica, e la sua produzione, limitata agli Stati di Rio de Janeiro e S. Paolo, rappresentava il 71 % della produzione nei due Stati. Anche la trazione tranviaria è quasi totalmente in mano a Società straniere.

Il gruppo finanziario suddetto (canadese) va continuamente affermando la propria superiorità, accaparrando zone e forze idrauliche, creando vaste reti di interconnessione, assumendo contratti con enti pubblici, assorbendo piccole imprese. Un altro gruppo (American and Foreign Power Co., Inc. - New York) prosegue una azione analoga negli Stati minori, e costituisce più che una impresa industriale una colonna avanzata della penetrazione finanziaria e industriale degli Stati Uniti

insieme a questa e con fini analoghi opera la « Electric Bond and Shares Co. ». Questi gruppi controllano le « Emprezas electricas brazileiras », attraverso le quali hanno assorbito una decina di Società minori: la potenza delle centrali controllate era alla fine del 1928 di circa 360 000 cavalli. Parallelamente gli stessi gruppi finanziano industrie cementizie, bonifiche, telefoni, impianti di gas. La loro azione è particolarmente importante nello Stato di S. Paolo. Attraverso le « Empresas » l'azione nordamericana va estendendosi sugli altri Stati, e principalmente in quelli di Paranà, di Rio Grande do Sul e Minas Geraes. Anche nello Stato di Rio de Janeiro, sotto il nome di « Compagnia Brasiliana di energia elettrica » il capitale nordamericano è in prevalenza.

Lo Stato ha assistito impassibile quando non ha favorito questa invasione: la quale realmente è stata condotta con grandi mezzi (si valuta in 6,5 miliardi di lire italiane il capitale importato) e con metodi abilissimi di penetrazione, tali da non toccare il sentimento nazionale. Il risultato poi è stato innegabilmente benefico in un paese dove su cento centri abitati 29,4 non hanno illuminazione di sorta, 21,4 sono illuminati a petrolio, e 32,4 soltanto a luce elettrica: i rimanenti usano l'acetilene e l'alcool.

Alla testa dell'elettrificazione è lo Stato di S. Paolo: segue poi quello di Rio de Janeiro. Nel primo si ha un embrione di impiego dell'energia elettrica in zone agricole: 1220 fazende ne usano, su parecchie decine di migliaia esistenti.

In conclusione, l'industria elettrica brasiliana è in mano quasi totalmente al capitale nordamericano, e in minor proporzione al capitale di altri gruppi stranieri: nè vi è probabilità che le cose possano per lungo tempo cambiare. Essa trovasi ancora in uno stadio di avviamento, sia come numero e importanza di centri occupati, sia per lo sviluppo della vendita.

### Risorse naturali.

Il Brasile è fra i paesi del mondo più ricchi di forze idrauliche: e non si può ancora stabilirne con precisione una valutazione completa, molte di esse trovandosi in territori ancora quasi inesplorati. Secondo il Geological Survey il patrimonio di forze idrauliche sarebbe di 26 000 000 di cavalli: ma è indubbio che esso è di molto più importante. Secondo il Servizio geologico brasiliano le sole forze superiori a 1000 HP e nelle regioni civilizzate salirebbero a circa 12 milioni e mezzo di cavalli: ma in questo calcolo manca l'elemento principale che è costituito dall'intero bacino dell'Amazzone che, in zona tropicale, misura due milioni di kmq. Si è certi di non sbagliare valutando il patrimonio complessivo ad almeno 40 milioni di cavalli, e secondo alcuni a 60 milioni. Celebri sono alcune cascate brasiliane, paragonabili a quelle del Niagara e dello Zambese: tale è quella di Guayra o delle sette cascate (Sete Quedas) sul Paranà, alta centotto metri con portata variamente valutata, ma che non può essere minore di 5 000 mc/sec in magra mentre sembra raggiungere 81 000 mc/sec in piena. Anche le cascate dell'Iguassù godono la fama di emule del Niagara e potrebbero fornire più di 200 000 kW in magra. Queste ed altre anche più imponenti sono tuttavia troppo lontane da centri importanti e per ora non possono essere economicamente utilizzate.

Delle tre zone nelle quali si può dividere il Brasile avuto riguardo alle forze idrauliche quella centrale (che comprende parte degli Stati di Rio de Janeiro, S. Paolo, Minas Geraes, Paranà e S. Caterina) è la più sfruttata, sebbene moltissimo sia ancora da fare.

Povero, in proporzione dell'enorme superficie della Confederazione, il patrimonio di combustibili fossili. Questi si trovano negli Stati del Sud e sono di qualità scadente. Secondo i dati dell'Annuario della Società delle Nazioni il consumo di combustibile, ragguagliato ad un tipo di carbone da 7 500 calorie, fu di 2,5 milioni di tonn. nel 1928, mentre nello stesso anno se ne estrassero sole 250 000 tonn. Anche per il petrolio il Brasile è dipendente dall'estero. Non è quindi probabile che i combustibili fossili possano divenire una risorsa importante per la produzione di energia elettrica. Una risorsa non trascurabile è il legname, sebbene la sua utilizzazione non possa prestarsi che ad alimentare piccoli impianti locali.

### Gli impianti esistenti.

Nel 1920 esistevano 356 impianti di produzione con una potenza complessiva di 475 652 HP: alla fine del 1928 si era giunti a 484 impianti con circa 675 000 cavalli. Di questi ultimi 192 erano termici con 108 394 HP e 292 idraulici con 565 887 HP.

I motori impiegati erano a vapore (167 con 94 062 HP); Diesel (74 con 11 516 HP); turbine idrauliche (303 con 298 162 HP); ruote Pelton (37 con 71 942 HP).

Il maggiore impianto idraulico (Cubatao) fra Santos e S. Paolo possiede ora 250 000 HP di macchinario e avrà al completo una potenza di 750 000 HP; la maggiore centrale termica (Rio de Janeiro) ha 30 000 HP di macchinario.

I salti utilizzati in alcuni impianti sono considerevoli come quelli di Santos (664 m) e Piray (310 m). Caratteristica delle centrali brasiliane è la brevità dei canali: su 163 centrali importanti solo 29 hanno più di 500 m di canale. Rimarchevoli le condotte forzate dell'impianto di S. Paolo (diam. m 4,75).

La maggior parte degli impianti però usufruisce di piccoli salti, come si desume dalle cifre seguenti.

| *Salto* | *Numero delle centrali* | *Potenza installata in HP* |
|---|---|---|
| < 11 metri | 44 | 20 175 |
| da 11 a 20 metri | 52 | 40 056 |
| da 21 a 30 » | 31 | 39 750 |
| da 31 a 50 » | 29 | 36 288 |
| da 51 a 70 « | 11 | 19 703 |
| da 71 a 100 » | 15 | 30 120 |
| da 101 a 150 » | 10 | 23 340 |
| oltre 150 » | 8 | 157 227 |

L'impianto di Cubatao già nominato avrà in un secondo tempo un serbatoio di un miliardo di mc che renderà possibile l'accumulo di tre miliardi e mezzo di kWh: altri serbatoi sono allo studio.

Altro importante impianto è quello sul fiume Parahyba, all'isola dei Pombos che ha un salto di m 33,30 sviluppa 116 000 HP, da portarsi presto a 204 000. Esso serve la città di Rio Janeiro attraverso una linea a 132 kV lunga 153 km.

### La produzione e il consumo dell'energia.

Le statistiche brasiliane non danno molti particolari sulla produzione, attribuendo la maggiore importanza alla potenzialità degli impianti. Nel 1929, secondo dati nordamericani, la produzione fu di circa 1,2 miliardi di kWh: di questi, 860 milioni furono prodotti dalle Società della « Brazilian Traction Light and Power Co. ».

I consumi della Città di Rio de Janeiro furono i seguenti fra il 1921 e il 1926:

(*migliaia di kWh*)

| *Anno* | *Totale* | *pubblico* | *privato* |
|---|---|---|---|
| 1921 | 48 865 | 21 967 | 26 898 |
| 1922 | 53 303 | 24 343 | 28 960 |
| 1923 | 56 670 | 25 584 | 31 086 |
| 1924 | 59 720 | 27 594 | 32 126 |
| 1925 | 63 897 | 30 264 | 33 633 |
| 1926 | 69 305 | 31 152 | 38 153 |

Pel futuro si prevedono rapidi aumenti come conseguenza del lavoro di propaganda delle Imprese interessate. Un promettente avvenire sembra doversi avere l'industria elettrochimica, per la disponibilità di energia idraulica di basso costo e di minerali adatti.

**La trasmissione dell'energia.** Le linee di trasporto e di interconnessione, delle quali non esiste un catasto esatto, si vanno sviluppando in Brasile: nel 1929 il loro sviluppo era stimato a circa 6 000 km. Le reti di distribuzione sono pure importanti, per la vastità dei maggiori centri abitati: così Rio de Janeiro aveva 7 474 km di linee di distribuzione e S. Paolo 2422 km. Oltre la linea a 132 kV già citata esistono linee ad 88 kV, a 45 kV, a 33, 30 e 20 kV.

La distribuzione si fa a tensioni varie, con prevalenza del 125/220. Si hanno frequenze di 50 e 60 periodi: la prima è in prevalenza.

**Prezzi dell'energia.** La recente svalutazione subita dalla moneta brasiliana, causata dalle vicende economiche degli ultimi tempi, non permette di stabilire un sicuro raffronto in lire italiane dei prezzi di vendita. Si può calcolare che il milreis valga oggi Lit. 1,15: ma tale valore può facilmente cambiare. Quindi conviene tenere le cifre in *milreis*, avvertendo che tale moneta quando era alla parità valeva circa Lit. 2,27.

I prezzi sono dati in milreis per kWh.

| | *per luce* | *per forza* |
|---|---|---|
| Bahia | 0,6 | 0,4 ÷ 0,6 |
| Florianopolis | 0,6 | 0,3 |
| Manaos | 0,7 | 0,4 ÷ 0,7 |
| Parà | 1 ÷ 0,15 | 0,2 ÷ 0,12 |
| Piracicaba | 0,8 | 0,4 ÷ 0,1 |
| Rio de Janeiro | 0,285 | 0,2 ÷ 0,045 |

I prezzi per Rio de Janeiro vanno intesi per metà in milreis carta e per metà in oro.

A S. Paolo si paga in base alla valuta oro: circa Lit. 1,20 per la luce e Lit. 0,70 per la forza.

**La trazione ferroviaria.** Fra il 1921 e il 1928 fu elettrificata la Rete Paulista man mano che dallo scartamento di un metro i vari tronchi venivano trasformati a scartamento normale: l'elettrificazione seguirà anche in avvenire tale trasformazione.

Attualmente su quella rete sono elettrificati circa 330 km di linea con 410 km di binario: il sistema adottato è a corrente continua, filo aereo, 3 000 Volt.

La « Ferrovia Occidentale di Minas » ha pure elettrificato un tronco (Barra Mansa-Augusto Pestana) della lunghezza di 74 km e dello scartamento di un metro, pure a corrente continua e linea aerea, a 1500 Volt.

La « Ferrovia di San Paolo » (Santos-Jundiahy) sta studiando l'elettrificazione della parte montagnosa della rete. Pure allo studio è l'elettrificazione della Curityba-Paranaga (rete della San Paolo-Rio Grande) lunga 109 km. Entrambi questi tronchi hanno pendenze del 30 ‰.

Il consumo d'energia per le due reti in esercizio fu nello scorso anno di circa 34 milioni di kWh.

**Produzione e importazione di materiale elettrico.** A Rio de Janeiro ed a S. Paolo esistono fabbriche di isolatori, fili isolati, cavi e lampade. Si ha pure una modesta produzione di piccolo macchinario e di articoli per illuminazione. Le lampade sono fabbricate da uno stabilimento appartenente alla General Electric. Sembra tuttavia che la qualità di tutti questi prodotti lasci a desiderare. Il controllo sugli impianti di produzione e di distribuzione rende poi facile agli americani del Nord di imporsi anche sul mercato dei materiali e nella produzione locale.

Da qualche tempo si è pure iniziata anche qui la politica protezionista.

Una grande casa produttrice italiana ha al Brasile una propria organizzazione: la richiesta di piccoli motori e di apparecchi per applicazioni domestiche è intensa e merita l'attenzione dei nostri produttori.

Nel 1929 le importazioni furono le seguenti:

| | *in milioni di Lire italiane* |
|---|---|
| Filo rame isolato | 11,6 |
| Cavi | 37,5 |
| Dinamo e alternatori | 26,3 |
| Ferri da stiro | 2,15 |
| Lampadine | 19,— |
| Motori | 31,— |
| Trasformatori | 35,8 |
| Isolatori | 8,4 |

Notevole il fatto che mentre le altre importazioni stavano declinando quelle di materiale elettrico erano in aumento.

Il mercato è dominato dagli Stati Uniti, dall'Inghiltera e dalla Germania. L'importazione italiana, limitata quasi esclusivamente ai conduttori isolati, cavi e motori, è assai modesta: anche la Svizzera importa sopratutto motori ma in assai piccola quantità.

## Cile

**Caratteri dell'industria.** Il Cile ha attraversato e sta tuttora attraversando un periodo critico. Le principali risorse erano i nitrati che ormai si vanno sostituendo dai prodotti della fissazione dell'azoto atmosferico mediante i moderni processi che tutti conoscono, le lane ed il rame, cioè due dei prodotti che più hanno subito le tristi vicende della crisi economica mondiale.

Fino a qualche anno fa il mercato era dominato dagli Inglesi, i quali pure controllavano la principale Impresa elettrica cilena attraverso la « Whitehall electric investments, Ltd ». Nel 1929 tale controllo passò nelle mani della « American and Foreign Power Co. of New-York », cioè degli Stati Uniti.

L'industria elettrica cilena ebbe le sue origini nel 1898 con la costruzione dell'impianto di Santiago, eseguito dalla « Chilean Electric Tramway and Light Co. » di Londra. La prima centrale fu termica; la distribuzione si accrebbe poi considerevolmente, ed è oggi alimentata da un impianto idroelettrico sul fiume Maipo ed affluenti. Vennero poi altri impianti nelle città minori, tutte ormai fornite di distribuzioni d'energia. Numerosi sono gli impianti tranviari e le linee elettriche interurbane.

La situazione del Cile è simile a quella degli altri maggiori Stati sudamericani dove dovunque prevale il capitale straniero.

Esiste tuttavia una Società importante di iniziativa locale, la « Compagnia generale di elettricità industriale », che possiede numerose reti in città di second'ordine.

**Risorse naturali.** Il Cile, posto sul declivio occidentale delle Ande, cioè sopra un terreno a forte pendenza dominato da cime di considerevoli altezze, è ricco di forze idrauliche. Con una larghezza media di 185 km fra lo spartiacque ed il mare esso raggiunge quote superiori ai 3000 metri. La regione più ricca di buone situazioni per la creazione di impianti idroelettrici è quella centro-meridionale, dove ha pure notevole sviluppo l'irrigazione. Le portate dei corsi d'acqua crescono dal nord al sud, la precipitazione facendosi più intensa man mano che ci si allontana dall'equatore: nella parte meridionale numerosi laghi rendono più regolari i deflussi. Il Geological Survey attribuisce al Cile un patrimonio di 2,5 milioni di HP, valutazione certamente inferiore al vero.

Il Cile possiede pure un discreto patrimonio di combustibili, alutato dal Frech in 3.048 milioni di tonnellate (litantraci). 'estrazione del carbone impiega circa 11.000 operai nelle proincie di Concepciòn e Valdivia e sul territorio di Magellano. maggior centro minerario pel carbone è Arauco (Concepciòn). 'estrazione annua è di poco inferiore a 1,4 milioni di tonnelate e non è sufficiente ai bisogni del paese, che ne importa all'Inghilterra, dagli Stati Uniti e dall'Australia. Non possiede ombustibili liquidi, che importa in quantità sempre crescenti.

Alcuni dei giacimenti di litantrace più lontani dal Centro otranno forse un giorno essere utilizzati per la produzione l'energia.

**Gli impianti esistenti.** Sono in funzione al Cile impianti a vapore, a motori Diesel ed idraulici. I primi hanno in generale poca importanza: notevole sviluppo ebbero i secondi sopratutto nei centri minerari.

Fra gli impianti a vapore, oltre il vecchio impianto di Santiago, va citato quello della « Chile Exploration Co. » nel porto di Tocopilla, che mediante 140 Km. di linea serve anche le miniere di rame di Chuquicamata. Le caldaie sono azionate a nafta.

Pure presso Tocopilla esiste una importante centrale con motori Diesel (Centrale Maria Elena), che insieme ad altra pure con motori Diesel posta a Lantaro (Pedro di Valdivia) fornisce energia ad un gruppo di miniere di nitrati della « Anglo-Chilean Nitrate Corporation of New-York ». Complessivamente le due centrali possiedono macchinario per 45.000 cavalli.

La Compagnia Cilena di Elettricità che distribuisce a Santiago ed è affiliata alla Compagnia di Elettricità di Valparaiso possiede tre impianti idroelettrici: uno a Florida, sopra un canale d'irrigazione derivato dal Maipo, uno a Maitenes sul Colorado, affluenti dello stesso Maipo, uno a Queltehues. Le piccole città sparse lungo l'arteria ferroviaria principale hanno impianti idroelettrici locali.

Il distretto industriale più importante è quello di Concepciòn, che trovandosi in vicinanza delle miniere di carbone meglio coltivate è servito principalmente da Centrali termiche: in esso trovasi il lago di Laja l'emissario del quale discende di circa 700 m su uno sviluppo di 15 Km. Ne è allo studio l'utilizzazione.

**La produzione dell'energia.** La produzione di energia elettrica delle centrali appartenenti a 140 imprese pubbliche fu nel 1929 di 220 milioni di kWh.

Numerosi sono gli impianti elettrici ad uso proprio d'industrie e secondo una statistica americana che teneva conto anche di quest'ultimi la produzione di energia elettrica ammontava fin dal 1928 a circa un miliardo di kWh ossia a 230 kWh per abitante.

**Trasmissione dell'energia.** Esistono al Cile importanti linee per la trasmissione dell'energia, sia idraulica che termica: sono impiegate le tensioni di 110.000 Volts pei grandi trasporti e di 12000 Volts per le reti di alimentazione.

**Trazione ferroviaria.** Oltre a numerose reti di tramvie urbane e provinciali nel Cile diversi tronchi ferroviari furono elettrificati, sia in conseguenza delle forti pendenze da superare, sia per la difficoltà di avere acqua per l'alimentazione delle locomotive, specialmente nel Nord, sia per il costo elevato del combustibile in alcune regioni. L'iniziativa della elettrificazione fu presa fin dal 1916 dalle Compagnie minerarie che possiedono alcuni tronchi di ferrovia.

Così la « Anglo-Chilean Cons. Nitrate Corporation » ha elettrificato nel 1927 la Tocopilla-Tigre, con 39 Km di linea a semplice binario (corrente continua 1500 Volt e linea aerea). La « Bethlehem-Chile Iron Mines Railway » al servizio delle miniere di ferro elettrificò fino dal 1916 la Tofo-Cruz Grande, lunga 24 Km. (corrente continua a 2400 Volt e linea aerea). Nel 1926 la « Chile Exploration Co. » elettrificò la linea di Chuquicamata, lunga 51 Km. (corrente continua 660 Volt, terza rotaia e linea aerea).

Le Ferrovie dello Stato cileno nel 1924 hanno elettrificato la Valparaiso-Los Angelos-Santiago, linea di grande traffico lunga 232 Km. (corrente continua 3000 Volt, linea aerea): e la Ferrovia transandina ha adottato le stesse caratteristiche (che saranno in seguito adottate anche dall'Argentina dall'altro lato delle Ande) su circa 37 Km di linea di alta montagna, in parte ad aderenza artificiale.

Il consumo totale d'energia nel 1929 fu di circa 48 milioni di kWh, dei quali 34 milioni furono impiegati dalle sole Ferrovie dello Stato.

**Tariffe e prezzi.** A Concepciòn l'energia per luce è pagata in ragione di Lit. 2,10, e per forza motrice e riscaldamento di L. 1,40. A Santiago si va per la luce da L. 2,30 a L. 1,05, per la forza da L. 1,56 a L. 0,26; pel riscaldamento (cucine) L. 0,58. A Valparaiso si va da L. 2.80 a L. 1.25 per la luce e da L. 1.83 a L. 0.55 per la forza.

**Importazione di materiale elettrico.** Nonostante che il Cile abbia adottato da tempo tariffe protettive che variano dal 20 al 35 % « ad valorem », la costruzione di macchinario e di materiale elettrico vi è trascurabile. Nel 1929 furono importati complessivamente per 110 milioni di lire di tali macchinari e materiali, ma tale cifra rimase sensibilmente ridotta nel 1930. Nel 1929 le importazioni furono le seguenti:

| | (*valore in milioni di Lire italiane*) |
|---|---|
| Motori elettrici | 12,2 |
| Dinamo e trasformatori | 8,5 |
| Cavi | 28,5 |
| Lampade | 8,5 |
| Apparecchi d'illuminazione e diversi | 22,8 |

Pei motori prevalgono come importatori gli Stati Uniti (50%), seguiti dalla Germania (35%). Per le dinamo e trasformatori gli stessi, rispettivamente col 60 e 22,5%, e così pure per i cavi (47 e 25%). Per le lampade prevale la Germania seguita dagli Stati Uniti (41 e 26%). A queste due nazioni importatrici segue da lontano l'Inghilterra.

## Perù

**Caratteri dell'industria.** Non molto diversa da quella di altri Stati Sud-americani è la situazione dell'industria elettrica peruviana. Essa ha raggiunto un certo sviluppo: nel 1929 esistevano già reti di distribuzione in 63 città quasi tutti di minima importanza. Per noi è interessante sapere che una delle principali Imprese elettriche peruviane è una filiazione della « Società Imprese elettriche dell'America Latina » con sede in Milano, la quale esercita anche linee tranviarie nei dintorni di Lima.

Anche nel Perù si manifesta una crescente influenza del capitale nordamericano in tutti i campi, non escluso il nostro. Lo Stato ed i Comuni finora non si sono interessati sull'industria elettrica, che è libera.

**Risorse naturali.** Secondo il *Geological Survey* il Perù possiederebbe 4 500 000 di cavalli idraulici utilizzabili. Esso è uno dei Paesi al mondo più ricchi di ogni sorta di minerali,

compresi i combustibili. Fra questi vanno segnalati ricchi giacimenti di petrolio nella parte settentrionale, presso Piura.

Nel 1928 si estrassero 178 000 tonnellate di carbone e nel 1930 tonn 1 648 000 di petrolio: di questo si fa esportazione. Il Frech stima in 2039 milioni di tonnellate (dei quali circa 700 di antracite e il resto di litantrace) il patrimonio di combustibili del Perù.

**Gli impianti esistenti.** La maggior parte degli impianti peruviani ha carattere locale: molti sono a corrente continua. Parecchi hanno importanza minima: su 63 segnalati ben 36 non arrivano a 100 kW di potenza: di questi la maggior parte è azionata da motori Diesel.

Il più importante è quello di Lima, che come si è detto appartiene alle « Impresas elèctricas associadas », Società finanziata da italiani. Esso comprende due Centrali idrauliche sul fiume Rimac (Chosica 5980 kVA e Yanacolo 17 125 kVA) ed una termica (S. Rosa 24 400 kVA) presso la città di Lima. La prima ha 48 m di caduta con un massimo di 14 mc/sec di portata e la seconda 78 m e 15 mc/sec. Il fiume ha carattere torrentizio, con piene disastrose che rendono elevata la spesa di manutenzione. Il trasporto dell'energia si effettua a 33 000 Volts (circa 40 km complessivi di linea). Altra centrale importante è quella di Oroya, con 11250 kW di macchinario. Complessivamente sono utilizzati circa 40 000 HP idraulici.

**La produzione dell'energia.** L'energia elettrica prodotta nelle centrali appartenenti alla Lima Light Power and Tramway Co. si aggirò in questi ultimi anni intorno agli 80 milioni di kWh. Non si hanno dati statistici precisi sulla produzione totale di energia elettrica nel Perù, ma si può ritenere ch'essa abbia raggiunto i 120 milioni di kWh annui.

**Tariffe e prezzi.** Prevale per l'illuminazione la tariffa a *forfait*: la lampada da 25 Watt paga circa Lit. 9,65 al mese. Il prezzo per kWh, per luce, è a Lima e Callao di Lit. 1,60: per forza motrice varia fra Lit. 1,60 e Lit. 0,638 per kWh. Per cucina ed applicazioni varie di riscaldamento da Lit. 0,92 a Lit. 0,265 per kWh.

**Importazioni di macchinario e materiale elettrico.** Nel 1929 le importazioni furono le seguenti:

| | *migliaia di lire italiane* |
|---|---|
| Accumulatori e pile | 1430 |
| Filo di rame | 1820 |
| Apparecchi per appl. domestiche | 1390 |
| Cavi sotterranei | 818 |

In complesso, compresi i macchinari, si importò per poco più di 25 milioni di lire italiane.

Dall'Italia entrarono fili isolati, cavi, ventilatori, turbine idrauliche, macchinario elettrico diverso.

La presenza del capitale italiano dovrebbe facilitare l'introduzione nel Perù dei nostri prodotti.

---

# Uruguay

**Caratteri dell'industria.** Con l'Unione sovietica l'Uruguay è il solo paese nel quale l'industria elettrica costituisce un monopolio di Stato. Con una Legge del 1912 fu creata l'« Amministrazione Generale delle Officine elettriche dello Stato », che possiede la quasi totalità degli impianti: in mano ai privati sono ancora poche e modeste centrali per le quali esistevano concessioni di data anteriore e che alle scadenze successive di queste passano man mano a far parte degli impianti statali.

L'Uruguay ha una popolazione di circa 2 milioni d'abitanti con una superficie pari a quasi due terzi dell'Italia. Circa un terzo della popolazione trovasi a Montevideo, il resto in una quarantina di centri minori e in numerose fattorie e villaggi agricoli. Si comprende come in queste condizioni lo sviluppo dell'industria elettrica sia stato finora assai lento, salvo nella capitale: tanto più che il paese ha uno sviluppo industriale limitatissimo e non possiede miniere.

Fra le piccole centrali non ancora assunte dallo Stato ve ne sono diverse municipali, destinate anch'esse entro il 1935 a passare tutte in proprietà statale.

**Risorse naturali.** Nel 1929 fu costruita una « Commissione nazionale di studi idroelettrici » composta di ingegneri del luogo e presieduta dal Prof. Ludin di Berlino per studiare il problema idroelettrico. Le forze idrauliche di possibile utilizzazione sono due: quella di Salto Grande sul fiume Uruguay, che in quel tratto segna il confine fra l'Argentina e la Repubblica dell'Uruguay, e quella del Rio Negro.

A Salto Grande si potranno produrre circa 3 miliardi di kWh, dei quali 1,5 utilizzabili nell'Uruguay, l'altra metà spettanti all'Argentina. Sul Rio Negro sono state progettate diverse centrali, la prima delle quali (distante 260 Km da Montevideo) sarebbe del tipo centrale-diga ed utilizzarebbe circa 360 mc/s di portata massima sopra un salto variabile fra m 18,70 e m 25,20. Si noti che i fiumi Uruguay e Rio Negro hanno portate variabilissime, e sopratutto piene imponenti.

Comunque questi due impianti produrrebbero già una quantità d'energia esuberante ai bisogni del paese, cosicchè si pensa già fin d'ora di collocarne parte nei paesi vicini: il che, secondo il Presidente della Commissione, rappresenta un « serio problema ».

In conclusione, non si è ancora deciso nulla, ma si sono soltanto invitate diverse ditte straniere a presentare offerte per la costruzione ed il finanziamento degli impianti progettati.

Effettivamente però il patrimonio idraulico dell'Uruguay può valutarsi in quasi tre miliardi di kWh, ad utilizzazione completa del Rio Negro mediante tre o quattro centrali-diga a basse cadute.

Quanto ai combustibili fossili non esiste in alcuna statistica una valutazione del patrimonio probabile. Non esistono miniere, ed il paese è tributario dell'estero per tutto il combustibile consumato.

**Gli impianti esistenti.** La più importante centrale è quella recentemente costruita a Montevideo. Trattasi di una centrale termica moderna, costruita in vicinanza della antica, detta dell'« Arrozo Seco », divenuta insufficiente sebbene con ampliamenti successivi abbia già raggiunto una potenza di 40000 kW (con cos $\varphi$ = 0,8). La pressione prescelta fu di 35 Kg/cmq con 425° di temperatura alle valvole d'ammissione delle turbine. È prevista per una potenza di 120 000 kW (cos $\varphi$ = 0,8) dei quali 50 000 kW già in funzione. Può essere alimentata con carbone naturale o polverizzato.

Altre 28 centrali, tutte piccolissime, erano possedute dallo Stato, e 4 erano ancora in mano a privati nel 1929: tre erano in costruzione. Trattasi quasi ovunque di impianti con motori Diesel, che di rado raggiungono la potenza di 300 kW.

Non esiste ancora nel territorio uruguaiano alcuna centrale idraulica.

**La produzione dell'energia.** Nella città di Montevideo la produzione fu di 95 milioni kWh nell'esercizio 1926-27, di 106 milioni kWh nell'esercizio 1927-28 e di

118 milioni nel 1928-29. Le centrali di provincia, produssero nell'esercizio 1928-29 circa 8 milioni di kWh.

La produzione è interamente termica.

**Tariffe e prezzi.**

A Montevideo l'energia per illuminazione si vendeva nel 1929 a ragione di Lit. 2.35 per kWh per le abitazioni, di Lit. 1,82 per gli uffici comunali, di Lit. 1.07 per gli uffici statali, di Lit. 0.685 per la forza motrice, di Lit. 0.59 per applicazioni domestiche varie, di Lit. 0.39 per le cucine.

**Importazione di materiale elettrico.**

Il mercato uruguaino è assai povero: sebbene tutto il materiale e macchinario elettrico sia da importare, le quantità sono delle più modeste. Nel 1927 il valore dei motori importati non raggiunse i tre milioni di lire, ed il resto superò di poco, i 26 milioni.

Alla testa delle nazioni importatrici è la Germania, seguita dagli Stati Uniti e dal Belgio. L'Italia nel 1927 figurò per 750.000 lire di motori e per poco più di un milione di altri materiali. Il macchinario per la nuova centrale termica di Montevideo fu fornito dalla Vickers inglese. Il mercato è per noi molto difficile.

---

# Messico

**Caratteri dell'Industria.**

Fra gli Stati dell'America latina il Messico può considerarsi quello dove, in ragione della popolazione e dell'importanza e vastità del territorio, l'industria elettrica, e particolarmente la produzione idroelettrica, ebbero maggiore sviluppo.

Paese ricco di ogni sorta di risorse e di grandissimo avvenire avrebbe raggiunto una posizione di prim'ordine fra gli Stati del mondo se disgraziate vicende politiche non ne avessero troppo di frequente turbato il tranquillo sviluppo.

I primi impianti elettrici messicani datano dall'ultimo decennio dello scorso secolo. Il Governo ha sempre cercato di favorire l'industria elettrica, e con la Legge del 6 marzo 1926 ha inteso darle un assetto definitivo. Premuto da un lato dagli statizzatori e dall'altro dai liberisti il Governo messicano se l'è cavata con un espediente non privo di saggezza: infatti la Legge approvata nei primi due articoli stabilisce come principio che la regolamentazione, il controllo e la vigilanza dell'industria elettrica sono *di giurisdizione federale*; ma poi negli articoli successivi la cosa viene ridotta ai modesti termini di alcune disposizioni di carattere tecnico e di sicurezza.

Il Regolamento 15 Agosto 1928 aggiunge solo una disposizione, per la quale ad intervalli non minori di cinque anni può essere richiesta dal Ministero competente una revisione delle tariffe. Disposizione così imprecisa che difficilmente potrà avere in pratica una applicazione, e che ha destato critiche fra gli stessi utenti i quali vi vedono più un pericolo che un vantaggio.

La Legge sulle Acque (7 agosto 1929) è evidentemente ispirata alla nostra.

Esistono nel Messico numerose Società elettriche delle quali alcune importanti. Le principali di queste (Compañia Mexicana de Luz y Fuerza motriz), già in mano a capitali inglesi, è stata rilevata insieme a diverse altre fra le più importanti da un Sindacato americano, (American Bond and Share Co.) cosicchè oggi può dirsi che il controllo di tutta l'industria elettrica messicana appartiene agli Stati Uniti, che sono riusciti ad accaparrarsi anche le antiche interessenze tedesche e francesi. L'investimento di capitali è valutato a 3.750 milioni di lire.

Sono in moto potenti influenze per ottenere modificazioni alle attuali disposizioni di Legge, quali sarebbero desiderate dall'industria. L'attività costruttiva è ancora ben visibile nonostante la crisi che ha colpito il Messico principalmente con la svalutazione dell'argento.

Il Messico è paese di sicuro avvenire, e tutto fa credere che anche l'industria elettrica, passata la crisi, vi avrà importantissimo sviluppo.

**Risorse naturali.**

Il Messico è uno dei paesi più ricchi di risorse naturali: il che da un lato ne ha favorito il progresso, ma dall'altro gli ha attirato più volte invidie e noie.

Importante è il suo patrimonio idroelettrico. Il Geological Survey lo fa salire a *sei* milioni di cavalli, ma studi più recenti lo aumentano a non meno di *dieci* milioni, forse a *dodici*, calcolati basandosi sulle magre. Il paese (di sedici milioni di abitanti) trovasi in grado di poter utilizzare nelle miniere e nelle industrie chimiche e metallurgiche una ingente quantità d'energia, cosicchè è da ritenersi che questa importante risorsa sia destinata a venir gradualmente realizzata.

Non meno ricco è il Messico di combustibili, specialmente liquidi. Esso possiede giacimenti di carbon fossile molto importanti nello Stato di Coahuila: poco sfruttato essendo più conveniente l'impiego della nafta, della legna e in qualche caso dell'energia elettrica d'origine idraulica. Anche le Ferrovie impiegano nafta. L'estrazione di carbone raggiunse nel 1929 tonnellate 1.060.000.

La ricchezza in combustibili liquidi è grandissima: nel primo dopoguerra il Messico occupava il secondo posto come nazione produttrice di petrolio. L'estrazione però è andata continuamente scemando: da circa 29 milioni di tonnellate del 1921 si è scesi a circa 6 milioni nel 1930.

L'estensione di terreno petrolifero è di 600 000 kmq, di cui piccola parte soltanto è sfruttata. In media su due pozzi forati uno è riccamente produttivo: se ne sono forati più di quattromila.

L'enorme disponibilità di petrolio fa ritenere che in qualche caso particolare esso potrà essere utilizzato in centrali termoelettriche, specialmente in alcune regioni del nord e nelle vicinanze di pozzi: così pure potrà riuscire conveniente l'impiego del carbone in centrali costruite sui luoghi di estrazione.

**Gli impianti esistenti.**

Il maggiore sviluppo dell'industria elettrica si ha in una zona lunga un migliaio di chilometri e larga 320 lungo il litorale del Pacifico, fra gli Stati di Vera Cruz e di Nayarit. In essa sono comprese le città più importanti, i centri minerari più ricchi e le forze idrauliche maggiori. Questa zona possiede una vasta rete di collegamento paragonabile alle nostre, mentre nel resto del territorio prevalgono gli impianti a carattere locale.

Nella zona anzidetta esistono 350 impianti della potenza complessiva di 300 000 kW: altri 650 minori si trovano nel rimanente del paese. Complessivamente le potenze installate sommano a poco meno di mezzo milione di kW, dei quali circa 300 000 (il 60%) idraulici. L'impianto idraulico più importante è quello di Necaxa con 60 000 kW di potenza installata, e fra quelli termici il più importante è quello di Nonoalco con 30 000 kW.

Quando entrerà in funzione a pieno invaso il grande sbarramento del Lerea l'impianto relativo avrà una potenza installata di 136 000 kW: ora si stanno montando i primi due gruppi, con una potenza di 34000 kW ciascuno. Il serbatoio può già essere utilizzato per un invaso di 160 milioni di mc., che diventeranno 500 milioni ad opera ultimata. L'energia ottenibile sarà utilizzata sulla rete di Città di Messico.

**La produzione e il consumo dell'energia.**

La produzione annua (1930) fu presunta in circa 1 800 milioni di kWh. Non si hanno notizie più precise mancando completamente dati statistici sulle centrali piccole che sono assai numerose. Secondo l'ing. J. Herrera y Lasso al quale ho attinto la maggior parte delle notizie sul Messico, le potenze e le produzioni delle diverse classi di centrali sono approssimativamente classificabili nel modo seguente:

| | *kW install.* (*migliaia*) | *kWh prodotti* (*milioni*) |
|---|---|---|
| Grandi imprese distributrici ... | 295 | 1250 |
| Piccole imprese distributrici ... | 65 | 142 |
| Impianti ad uso proprio di miniere ..................... | 75 | 230 |
| Impianti per industrie tessili.... | 35 | 77 |
| Impianti per altre industrie ... | 30 | 87 |
| Totali ............... | 500 | 1786 |

Non è noto quanti di questi kWh siano di origine idraulica.

Le perdite sono stimate (presso a poco come da noi) sul 25% della produzione. Il consumo si aggira qundi sui 1.350 milioni di kWh annui. Sulla popolazione totale di 16 milioni non è elevato, ma non è neppur modesto se si considera che soltanto quattro milioni sono in grado di potersi servire di energia elettrica. Se poi si considera che anche fra questi vi è una non indifferente percentuale di indiani e di meticci che non possono considerarsi alla pari dei bianchi, ne consegue che il consumo è tutt'altro che basso se si tiene conto delle condizioni locali (circa 340 kWh per abitante servito). La sola zona della « Compañia Mexicana de Luz y Fuerza motriz » nel 1929 produsse 642 milioni di kWh servendo un milione di mezzo d'abitanti (428 kWh per abitante).

### L'elettrificazione ferroviaria.

La « Mexican Railway Co. » ha elettrificato, in condizioni particolarmente difficili, fra il 1924 ed il 1927, il tronco Esperanza-Orizaba-Paso del Macho (Km. 103 a semplice binario) mediante corrente continua a 3000 Volt, linea aerea.

Nel 1925 fu elettrificata la linea fra le Miniere di El Potosi e Morse (Km. 24 a semplice binario) con corrente continua, 600 V, linea aerea.

Le Ferrovie nazionali hanno allo studio l'elettrificazione del tronco Messico-Cuevuavaca, lungo 120 km.

Nel 1930 il consumo d'energia nei due tronchi elettrificati fu di circa 17 milioni di kWh.

### Tariffe e prezzi.

A Durango, Lit. 3.80 per kWh-luce, e L. 1.70 per kWh-forza. A Guadalajara L. 2.75 per luce, L. 95 per kW-mese (forfait) per forza e L. 57 per kW-mese per cucine. A Messico L. 2.85 per luce, da L. 0,19 a L. 1,15 per forza, da L. 0,47 a L. 0,75 per cucine. A Monterrey L. 2,80 per luce, da L. 0,46 a L. 0,95 per forza, fino a 100 HP. Per impegni superiori contratti speciali. A Tampico, per luce si hanno tariffe scalari che partono da un massimo di L. 3,85, per forza da L. 1,45 a L. 0,58, per riscaldamento L. 0,78.

### Importazione di materiale elettrico.

L'importazione di grosso macchinario è strettamente legata alla finanza che controlla gli impianti. Nel 1929 le importazioni salirono a circa 24 milioni di lire italiane.

Il mercato messicano si presenta tuttavia abbastanza favorevole anche ai produttori italiani. Non esiste affatto produzione locale, e potrebbero essere meglio introdotti diversi articoli di nostra produzione, che in parte già entrano, come cavi, piccoli motori, ventilatori, contatori.

Principale paese importatore è il Nordamerica: vengono in ordine la Germania e l'Inghilterra che hanno anch'esse uffici ed agenti per la vendita. L'Italia finora ebbe una parte molto modesta. Le statistiche sono molto arretrate: nel 1926 entrarono 9118 quintali di lampade ad apparecchiature per impianti interni (6135 dagli S. U.; 2227 dalla Germania); 7676 quintali d'isolatori (3685 dagli S. U. e 1593 dalla Germania). I cavi figurarono per 20993 quintali (Italia 816 quintali).

## Stati minori

### Colombia.

Si hanno soltanto notizie frammentarie: l'industria è libera ed esercitata principalmente da privati. Mancano statistiche. Gli impianti sono tutti sporadici per le grandi distanze che separano i centri serviti: impiegano normalmente tariffe a forfait.

### Cuba.

L'industria è libera e sotto l'influenza anglo-americana. La Società più importante è la « Compagnia Cubana di Elettricità » che possiede la maggior parte delle reti e degli impianti. Esistono numerose piccole centrali elettriche locali, ma nell'isola non vi sono impianti idroelettrici degni d'esser segnalati. Fu studiato, ma non ancora eseguito, un progetto d'utilizzazione delle torbiere di « Cienaga do Zapata » per produrre quantità considerevoli di energia.

Vi è un gruppo di linee suburbane elettrificate ad Avana: la Avana-Matanzas (Km. 88, doppio binario, corr. cont., 1200 Volt, linea aerea), e la Avana-Sobborghi (Km. 162 in gran parte a doppio binario, corr. cont., 650 Volt, linea aerea).

### Equatore.

Industria libera, ma in mano al capitale straniero, specialmente Nordamericano. Le forze idrauliche sono abbondanti, ma mancano le industrie.

Le due città principali (Quito e Guayaquil) hanno impianti moderni e largamente sufficienti a tutti i bisogni. Mancano statistiche. L'importazione di materiali elettrici e di macchinario si fa principalmente dagli Stati Uniti: anche l'Italia ne importa in proporzioni modeste.

### Guatemala.

L'industria è libera ed in mano a Società private. È paese ricco di forza idrauliche, ancora poco utilizzate. La Società « Ferrocarriles de los Altos » che esercisce la linea ferroviaria S. Felipe-Quezaltenango possiede un impianto idraulico sul Samalà, di circa 7000 cavalli, e la « Società Guatemalteca di Elettricità » fornisce energia alla città di Guatemala ha pure un impianto idraulico di circa 7000 cavalli al lago Amatitlàu. Anche in Antigua v'è una centrale di 1000 HP: impianti sporadici (dai 100 ai 200 HP) si trovano nelle città minori.

### Paraguay.

La principale Società elettrica (Compagnia Americana di Luce e Trazione) è Argentina e possiede l'impianto d'Asunciòn. La centrale è a vapore (consuma legna) e può produrre 4000 kW. Nel 1928 produsse 6 milioni di kWh. Altre città servite da centrali termiche sono Concepciòn, Encarnaciòn, Villarica, Paraguary, S. Bernardino. Sono piccole centrali di potenza variabile fra 30 e 120 kW. Non esistono centrali idrauliche.

### Venezuela.

A Caràcas esercita la vendita dell'energia la « Compagnia Anonima di Elettricità di Caràcas e Planta Mamo ». Possiede una centrale idraulica che dà circa 5000 HP nella stagione delle pioggie e 3000 HP durante la magra, con una centrale termica di riserva di 1200 HP.

A Valencia la ditta E. L. Branger ha un impianto produttore di 1000 HP per le proprie industrie e vende anche energia a privati. Altrettanto avviene per la ditta Perez ed Eickmann. Tali centrali sono entrambe idrauliche.

Altri piccoli impianti sono a Maracaibo ed a Maracay. Mancano statistiche. È elettrificata la ferrovia Caràcas-La Guayra (Km. 36, corrente continua 1600 Volt).

Ing. Ettore Cesàri.

ING. GIUSEPPE ROMAGNOLI MOSCA
DELLA SOCIETÀ ELETTRICA INTERREGIONALE CISALPINA

# Identificazione a distanza dei guasti su linee elettriche aeree (1)

Uno dei problemi che maggiormente interessa l'esercizio delle linee elettriche è quello di poter identificare un eventuale guasto nel più breve tempo possibile.

A tale proposito è bene distinguere le linee elettriche in due categorie fondamentali: quelle che appartengono ad un sistema di condutture interconnesse tra di loro a maglie, a lati più o meno lunghi, e quelle di trasmissione di notevole estensione unidirezionale.

Le linee che servono per la distribuzione appartengono generalmente al primo sistema, mentre le linee ad alta tensione per il trasporto dell'energia dai centri di produzione a quelli di consumo fanno solitamente parte del secondo.

Per la ricerca dei guasti nel primo sistema di linee elettriche, la direzione dell'esercizio dispone, nella maggior parte dei casi, di un centro ove si trovano in permanenza degli operai specializzati e muniti di un mezzo celere di trasporto, atto a recarli sul luogo del guasto in un tempo relativamente breve. Inoltre, trattandosi di un sistema a maglie, la interruzione di una linea non arreca sempre un disturbo capitale, potendosi spesso alimentare una data località attraverso altre condutture facenti parte del sistema.

La stessa cosa non si può dire nel caso di lunghe condutture di trasmissione. Anche qui la sorveglianza della linea può essere affidata ad un certo numero di guardiafili che risiedono in un determinato punto della rete, dal quale devono portarsi lungo la linea guasta per la ricerca dell'incidente sopravvenuto; oppure i guardiafili sono distribuiti lungo la rete, ciascuno in prossimità del tronco che gli è affidato. Quando sopravviene un guasto, nel primo caso occorre inviare il personale lungo distanze notevoli, informarsi eventualmente nella località ove si presume che si sia verificato l'incidente presso le popolazioni locali per avere dettagli in merito e, in caso disgraziato, fare la ricerca sistematica lungo tutta la conduttura. Se quest'ultima si svolge in terreno accidentato e di difficile accesso, tale operazione può durare parecchie ore e magari dei giorni.

Nel caso invece che a ciascun guardiafili sia affidato un tronco, bisogna anzitutto poter mettersi in comunicazione telefonica col personale, cosa questa non sempre nè immediata, nè facile, specie se esso è dislocato altrove per lavori di manutenzione; ed in secondo luogo attendere che tutti abbiano percorso il tratto loro affidato.

Bisogna tener presente che un'interruzione su una linea a notevole sviluppo è sempre sommamente gravosa agli effetti dell'esercizio, poichè difficilmente esiste la possibilità di smistare nel frattempo il carico su una conduttura ausiliaria.

Di questo fatto si è preoccupata la Società Elettrica Interregionale Cisalpina, le cui linee ad alta tensione si estendono dalle Centrali in Valle Spluga fino alla sottostazione di Bologna e a quella di Arquata Scrivia, con tratte di notevole lunghezza tra cabina e cabina. Queste linee sono affidate complessivamente alla sorveglianza di 24 guardiafili, a ciascuno dei quali compete una distanza che può variare dai 30 ai 10 chilometri. È bene notare a questo proposito che per percorrere una tratta di soli 10 km, in posti particolarmente disagiati, possono necessitare anche 4 o 5 ore.

Perciò la predetta Società si è interessata di trovare un metodo rapido per la localizzazione a distanza del guasto. Condizione essenziale per queste ricerche è che i risultati ottenuti diano una approssimazione sufficiente (due a tre chilometri al massimo) e che, in caso disgraziato, diano piuttosto un valore completamente inattendibile e che risulti tale senza alcuna discussione, piuttosto che un risultato di approssimazione dubbia.

È infatti meglio sapere *a priori* che l'apparecchio di ricerca non può essere impiegato e che necessita ricorrere agli ordinari metodi di identificazione a mezzo dei guardiafili, piuttosto che inviare una squadra di operai in un posto dove non c'è il guasto.

Prima di addivenire alla scelta di un opportuno apparecchio, la Società Elettrica Interregionale Cisalpina ha passato in rassegna e ha vagliato i vari sistemi offerti dalle Case costruttrici, analizzando la loro portata e la loro attendibilità.

## 1° - Apparecchi per la ricerca dei guasti.

La ricerca dei guasti a distanza su linee elettriche aeree può essere fatta in modo continuo con apparecchi inseriti sulle condutture in esercizio, oppure con istrumenti da impiegarsi volta per volta su linee fuori tensione.

I primi hanno il vantaggio di essere atti a registrare anche delle perturbazioni istantanee, mentre i secondi no.

Questa proprietà può avere interesse dal punto di vista teorico, ma ha poca importanza agli effetti dell'esercizio, a meno che si tratti di un fenomeno, sia pure di breve durata, ma sistematico.

Quando si impiegano degli apparecchi a funzionamento continuo, per esaminare la distanza a cui è avvenuto un guasto su una linea aerea, dal luogo ove si effettuano le ricerche, si è solitamente costretti a misurare la variazione anormale di una delle caratteristiche della linea. Generalmente questi apparecchi sono costituiti da relais che misurano o la resistenza ohmica, o la reattanza e che tengono conto della durata del funzionamento del relais stesso. Oppure si tratta di relais che registrano la tensione di corto circuito, o che, oltre a registrare quest'ultima, tengono anche conto delle caratteristiche del relais rispetto al tempo.

In generale questi apparecchi devono misurare dei fenomeni che avvengono in tempi piccolissimi e la cui entità può variare tra limiti molto estesi. Le segnalazioni possono quindi essere

(1) Relazione presentata alla Commissione « Trasporto e Distribuzione » della Unfiel, nella seduta del 3 marzo 1932-X.

affette da errori dovuti all'inerzia dell'apparecchio o alla inesatta taratura del medesimo (permanentemente in servizio) nell'istante in cui deve funzionare.

A parte questo fatto, se consideriamo una linea *A-B* che abbia un guasto di natura imprecisata in un punto *C* a distanza ignota (fig. 1), la determinazione di tale distanza in base alla

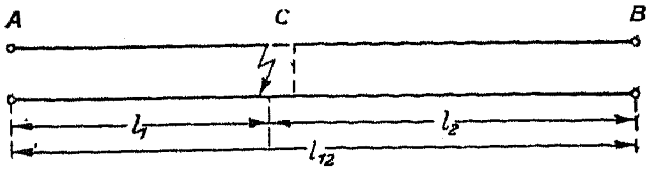



Fig. 1.

misura di una o due caratteristiche della linea non basta per dare una approssimazione sufficiente. Infatti l'espressione analitica che lega la variazione delle caratteristiche col variare della natura e della entità del fenomeno elettrico che può succedere in *C* e col variare della distanza *A-C*, è non solo complessa, ma presenta un numero di incognite superiore alle condizioni che si possono fissare. Quindi, i sistemi menzionati atti ad individuare un guasto, devono ridurre per comodità costruttive il fenomeno ad espressioni analitiche semplificate facilmente solubili. Tali espressioni possono sedurre per la loro semplicità, ma non possono dare garanzie nè teoriche, nè pratiche sulla esattezza dei risultati.

Ciò non toglie che il loro impiego possa essere sopratutto utile per linee a media e bassa tensione. In tali reti, specie se esiste una protezione selettiva, le distanze entro cui può verificarsi l'incidente si limitano a pochi chilometri o a poche decine di chilometri. Facendo poi le misure contemporaneamente ai due estremi del tronco affetto da guasto, mediante una razionale interpolazione, si possono ottenere dei risultati sufficienti per i bisogni della pratica.

Questa approssimazione renderebbe invece del tutto inutile l'apparecchio o gli apparecchi nelle lunghe linee di trasmissione: un errore del ± 5 % su una linea dello sviluppo di km 200, importerebbe una imprecisione di venti chilometri. Orbene in montagna, che è precisamente il luogo ove è più difficile la ricerca dei guasti, il percorrere venti chilometri rappresenta una perdita di tempo notevole.

Senza contare che un errore di stima del 5 % non è affatto un valore esagerato, poichè le possibilità sono così svariate da far ammettere *a priori* che sia un puro caso quando le ipotesi restrittive fatte per la costruzione degli apparecchi vengono rispettate.

Misure più esaurienti e tali da dare maggiore affidamento sono invece quelle che si possono eseguire a posteriori, dopo che il guasto è avvenuto. E ciò sempre ammettendo che non si tratti di un incidente transitorio.

I sistemi basati su questo concetto possono dividersi in due categorie: quelli che misurano le caratteristiche della linea servendosi di una corrente ausiliaria (continua o alternata) e quelli che utilizzano impulsi di corrente.

Uno di questi ultimi procedimenti modernissimi si basa sulla riflessione di un'onda migrante lungo un conduttore e tiene conto del tempo impiegato per tale riflessione e della forma della onda. L'apparecchio richiede pertanto l'uso di un oscillografo a raggi catodici ed esce dal comune tipo di istrumento di facile impiego.

Tra gli apparecchi che utilizzano invece una corrente ausiliaria di misura vi è quello della Siemens-Halske (1) al quale la Società Elettrica Interregionale Cisalpina ha dato la preferenza e col quale ha eseguito una serie di prove e di ricerche.

Esso permette rapidamente la determinazione delle caratteristiche di una linea in esame, senza per altro richiedere una particolare perizia nell'operatore.

(1) Per la descrizione dell'apparecchio v. *L'Energia Elettrica*, del settembre 1931, pag. 816.

La corrente impiegata per le determinazioni è alternata a 100 periodi, e ciò allo scopo di rendere le letture possibilmente poco disturbate dalle correnti indotte da altre linee vicine, la cui frequenza industriale è compresa fra 16,2/3 e 50 periodi. Ad ogni modo si cerca di eliminare l'azione delle correnti indotte a mezzo di un filtro.

L'apparecchio per la identificazione a distanza dei guasti, è costituito da un doppio ponte con wattmetro a zero. Esso può pertanto essere sostituito con ordinari istrumenti che permettano di eseguire la misura delle caratteristiche di una linea. La sua particolarità sta solo nel fatto che, mentre dette misure con ordinari istrumenti richiederebbero la presenza di collegamenti ingombranti, di resistenze tarate, di apparecchi indicatori, ecc., che trasformerebbero ogni lettura in un lavoro da laboratorio, esso compendia in sè tutti gli istrumenti necessari. Poche manopole girevoli servono per stabilire l'equilibrio dei due ponti e, dalla posizione tarata delle manopole, si leggono direttamente i valori cercati; quindi l'impiego dell'apparecchio si riduce a un lavoro manuale di grande semplicità.

Senza volere entrare in dettagli circa il suo principio tecnico di funzionamento, si può osservare che il concetto generale informatore delle misure che si effettuano è il seguente:

le grandezze misurate tra una fase in esame e la terra sono:

$R$ = resistenza ohmica in ohm,
$X$ = reattanza in ohm,
$P$ = conduttanza in mho,
$\Xi$ = suscettanza in mho.

Queste grandezze, le caratteristiche della linea, le caratteristiche elettriche del guasto prodottosi e la sua distanza dalla stazione di misura, sono legate fra di loro da un sistema assai complesso di relazioni implicite. Per ciò non è possibile avere il valore della lunghezza $l_1$ (distanza fra il punto di misura e il guasto) in funzione delle grandezze misurate.

Si sono allora considerati separatamente i vari casi di guasti che si possono verificare e, per ciascuno di essi, è stato possibile trovare l'espressione di $l_1$ in funzione delle grandezze misurate e delle caratteristiche elettriche del guasto. Omettendo la giustificazione matematica (1), si riportano nel seguente elenco i soli risultati.

*Caso A*): il conduttore in esame è rotto in *C* (fig. 1).

Il valore di $l_1$ può essere determinato in funzione di $X$ e $R$, se la resistenza della messa a terra in *C* è minore dell'impedenza caratteristica della linea (caso $A_1$),

ed in funzione di $P$ e $\Xi$ se la resistenza di messa a terra in *C* è maggiore dell'impedenza caratteristica della linea (caso $A_2$).

*Caso B*): il conduttore non è rotto in *C*.

In questo caso si mette a terra la linea in esame all'estremo opposto a quello ove si effettuano le misure, attraverso una resistenza di compensazione tarata una volta per tutte, che mette il tratto *B-C* in risonanza colle correnti di misura. Ciò equivale a dire che il tratto *B-C* è come se non esistesse agli effetti delle sue componenti reattive. Restano invece alterate le sole componenti attive della linea e di questa alterazione si può tener conto. Si ricade quindi nel caso $A_1$ ed allora si può determinare $l_1$ in funzione di $X_1$ e $R_1$.

*Caso C*): esiste un corto circuito metallico fra due fasi isolate o no da terra.

Per la determinazione di $l_1$ basta conoscere il valore della reattanza della spira formata dal conduttore *A-C* e da quello di ritorno della fase in corto circuito.

(1) V. Appendice e *L'Energia Elettrica* del settembre 1931, pagina 812 e segg.

Come si vede, i risultati dei casi $A_1$, $A_2$ e $B$) non sono neppure essi espliciti, perchè esistono due incognite indipendenti, la lunghezza $l_1$ e la caratteristica elettrica del guasto.

Si possono però valutare le espressioni suddette relative ad un valore determinato di $l_1$ costante, per esempio $l_1 = 10$ km, $l_1 = 20$ km, ecc., fino a $l_1 = A\ B$.

In tal modo è possibile tracciare per i casi $A_1$, $A_2$ e $B$) tre fasci di curve per $l_1$ crescente ad esempio di 10 in 10 km, ed un nomogramma esplicito per il caso $C$).

Avremo dunque:

Caso $A_1$: curva $X = f\ (R)$ per conduttore rotto in $C$ e resistenza ohmica del guasto minore della impedenza caratteristica della linea.

Caso $A_2$: curva $P = f\ (\Xi)$ per conduttore rotto in $C$ e resistenza ohmica del guasto maggiore dell'impedenza caratteristica della linea.

Caso $B$): curva $X = f'\ (R)$ per conduttore intatto e con resistenza finale di compensazione.

Caso $C$): scala di $l_1$ in funzione di $X_1'$.

Il valore assunto di $l_1$ = costante dovrà essere una frazione abbastanza piccola della intera lunghezza della linea. Ad esempio 20 chilometri sono sufficienti nel caso delle condutture della Società Elettrica Interregionale Cisalpina.

Come si è detto, l'apparecchio di misura è costituito da due ponti con wattmetro a zero. L'uno serve per le misure di $R$ ed $X$ e l'altro per quelle di $P$ e $\Xi$.

Per la determinazione pratica di queste misure si inizia la ricerca inserendo dapprima l'apparecchio sul primo ponte (induttivo) e si opera sulle resistenze e le conduttanze variabili inserite nello strumento e comandate da manopole girevoli, fino a portare l'indice del wattmetro a zero. Dalla posizione delle manopole con cui si è manovrato si hanno subito i valori di $R$ e $X$.

Se non è possibile con tale operazione portare il wattmetro a zero, ciò vuol dire che ci si trova nel caso $A_2$ ed allora si commuta l'apparecchio sull'altro ponte (capacitivo) ed operando su una resistenza e una capacità variabile si legge il valore di $P$ e $\Xi$.

Poi si fa mettere a terra la linea in esame all'estremo opposto a quello ove si eseguiscono le ricerche, attraverso la resistenza di compensazione tarata una volta per tutte e si ripetono le prove. Se i nuovi valori sono i primi trovati, ciò vuol dire che ci si trova nel caso $A$), altrimenti si è nel caso $B$), e si tiene conto solo degli ultimi risultati ottenuti.

Dopo di che si mettono a terra una dopo l'altra le fasi rimanenti e allo stesso estremo ove si eseguiscono le ricerche. Ripetendo le misure sul conduttore in esame, se i risultati non variano rispetto a quelli precedentemente trovati, ciò sta ad indicare che le fasi sono isolate tra di loro. Altrimenti si misura il nuovo valore di $X'_1$ e si tiene conto esclusivamente di quest'ultimo risultato.

Riassumendo: dopo effettuate le misure nell'ordine prestabilito, si conosce con esattezza la natura del guasto; si prendono, allora in considerazione solo le misure che interessano, che possono essere $R$ e $X$ nel caso $A_1$, $P$ e $\Xi$ nel caso $A_2$, $R'$ e $X'$ nel caso $B$) e $X_1'$ nel caso $C$).

Quando ci si trova in uno dei primi tre casi si segna sul corrispondente diagramma con $A_1$, $A_2$ o $B$ il punto che ha le coordinate uguali ai valori letti. Quest'ultimo cade generalmente fra le due curve successive che corrispondono ad una certa lunghezza di $l_1$. Se, ad esempio, esso si trovasse tra le curve corrispondenti a $l_1 = 20$ chilometri e a $l_1 = 40$ chilometri, ciò vorrebbe dire che il guasto è compreso fra queste distanze e che a mezzo di un'interpolazione lineare sul grafico è possibile stabilire con esattezza la sua probabile ubicazione.

Nel caso $C$) invece si ha direttamente $l_1$ in funzione di $X_1'$ a mezzo dei nomogrammi $C$.

## 2° - Caratteristiche delle linee su cui si effettuarono le prove sperimentali.

Le ricerche sperimentali furono eseguite su parte della rete ad alta tensione della Società Elettrica Interregionale Cisalpina. Questa rete a 130 000 V è formata dalle seguenti linee:

una terna fra la Centrale di S. Bernardo (Valle Spluga) e quella di S. Francesco a Mese (Chiavenna);

quattro terne fra quest'ultima e la sottostazione di Breccia (Como);

una terna alla sottostazione della Edison ad Arquata Scrivia, una terna alla sottostazione della Società Idroelettrica Comacina a Como, e due terne alla sottostazione di Brugherio (Milano), che si dipartono tutte dalla sottostazione di Breccia.

Da Brugherio si stacca una terna per la sottostazione di Reggio Emilia, che prosegue poi fino alla sottostazione di Bologna.

Le terne sono contrassegnate nel seguente modo:

| | |
|---|---|
| terne S. Francesco-Breccia | N. 1-2-3-4 |
| terne Breccia-Brugherio | N. 11-12 |
| terna Brugherio-Reggio | N. 21 |
| terna Reggio-Bologna | N. 31 |
| terna Breccia-Como | *BrC* |
| terna S. Francesco - S. Bernardo | *F-B* |
| terna Breccia-Arquata | N. 14 |

Le caratteristiche delle linee a 130 kV della rete menzionata sono le seguenti (figg. 2, 3 e 4):

| N. | LINEA | Lunghezza km | N.° terne per palificaz. | Disposizione dei conduttori | Distanza dei conduttori m | Sezione dei conduttori mmq | Diametro dei conduttori mm | Metallo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a*) 11, 12 | Brugherio Breccia ........ | 34 | due | piano verticale | 4 | 119 | 14.1 | rame |
| *b*) 1, 2, 3, 4 | Breccia-S. Francesco ..... | 73 | » | » » | 4 | 129 | 14,7 | » |
| *c*) 14 | Breccia-Arquata ......... | 126 | una | triangolare | 4,03; 5,60; 7,40 | 119 | 14,1 | » |
| *d*) | S. Francesco-S. Bernardo .. | 5 | » | » | 4,03; 5,70; 7,38 | 129 | 14,7 | » |
| *e*) | Breccia-Como ........... | 2 | » | » | 4,03; 6,04; 6,51 | 119 | 14,1 | » |
| *f*) 21 | Brugherio-Reggio ........ | 152 | » | » | 4.03; 5,95; 6,38 | 109 | 13,5 | » |
| *g*) 31 | Reggio-Bologna ......... | 60 | » | » | 4,03; 5,76; 6,23 | 93 | 13 | » |

Le palificazioni a doppia terna hanno due fili di guardia; quelle ad una sola, un filo ed in ogni caso si tratta di una treccia di acciaio del diametro di mm 9.

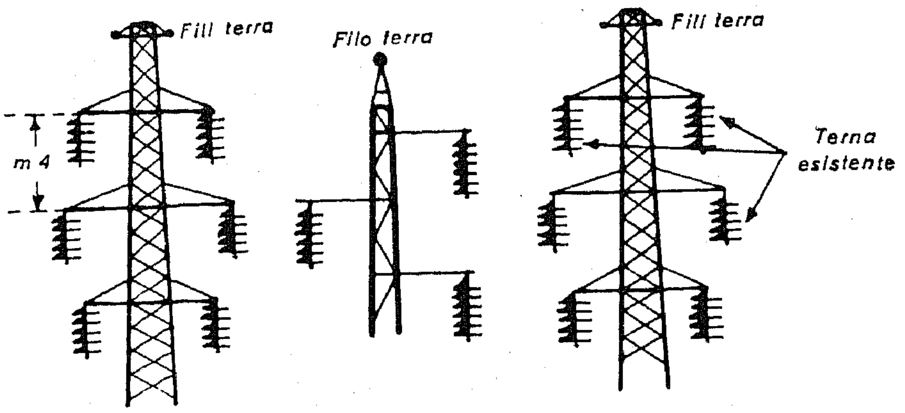



Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Posizione dei conduttori sui pali delle diverse linee:
Fig. 2. - Terne Brugherio-Breccia e terne Breccia-S. Francesco.
Fig. 3. - Terna Breccia-Como, terna Brugherio-Reggio Em., terna Reggio Em.-Bologna
Fig. 4. - Terne Breccia-Arquata Scrivia e terna S. Francesco - S. Bernardo.

Lungo le linee esistono poi delle rotazioni dei fili, ciascuna di 120° gradi elettrici. Tali rotazioni sono distribuite nel modo seguente:

| | | |
|---|---|---|
| terna Brugherio-Breccia | N. 2 | rotazioni |
| terna Breccia - S. Francesco | » 2 | » |
| terna Breccia-Arquata | » 5 | » |
| terna S. Francesco - S. Bernardo | » 0 | » |
| terna Breccia-Como | » 0 | » |
| terna Brugherio-Reggio Emilia | » 5 | » |
| terna Reggio Emilia-Bologna | » 1 | » |

Su una fase della linea S. Francesco-Breccia-Brugherio-Bologna sono inserite delle bobine di sbarramento e condensatori per la telefonia ad onde convogliate.

Non esistono parallelismi stretti con linee a 16,2/3 periodi di frequenza. Va però notato che i conduttori non sono a sezione rigorosamente uniforme su tutte le tratte delle linee. Infatti la linea Breccia-Arquata ha una campata della lunghezza di circa 1 km in treccia di alluminio con anima di acciaio (attraversamento del Po), con una sezione netta di mmq 103 di alluminio e mmq 109 di acciaio, diametro esterno della fune mm 20.

Così pure la linea Brugherio-Reggio ha una campata di 1 km di treccia della stessa formazione (attraversamento del Po) e due altre campate di circa 1/2 chilometro l'una (attraversamenti dello Stirone e dell'Enza) in treccia di rame con anima di acciaio, con sezione netta di mmq 69 di rame e mmq 40 di acciaio, diametro complessivo di mm 13,5.

La linea Reggio Em.-Bologna ha una campata di circa mezzo chilometro (attraversamento del Secchia) in treccia di rame e acciaio della formazione già menzionata.

Infine sulla terna Breccia - S. Francesco esistono sette tratte di lunghezza variabile (complessivamente 3 km) in treccia in bronzo della sezione di mmq 129.

Le linee hanno grossolanamente le seguenti caratteristiche unitarie teoriche:

induttanza = 0,43 Ω/km;

capacitanza = $0{,}0085 \times 10^{-6}$ farad/km;

la frequenza d'esercizio è di 42 periodi sulle terne 1 - 2 - 11 - 12 - 21 - 31 e di 50 periodi sulle rimanenti.

Il neutro è direttamente messo a terra a S. Francesco, a Brugherio, ad Arquata ed a Bologna, e può essere isolato durante le misure in modo da far sì che queste non vengano mai eseguite da un posto che si trovi entro una spira conduttore-terra.

Le correnti massime indotte dalle terne vicine in esercizio in una linea in esame hanno un valore di circa 0,5 A.

3° - Misure eseguite per il calcolo dei diagrammi per la ricerca dei guasti.

Le misure furono eseguite nella sottostazione di Brugherio; per la localizzazione dei guasti e per le ricerche da eseguirsi sulle linee non facenti direttamente capo a tale sottostazione, si misero in serie varii circuiti secondo il seguente schema:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Guasto su linea | *b*): | in serie linee | *a*) e *b*) | lunghezza max × km | 107 |
| id. | *c*): | id. | *a*) e *c*) | id. | 160 |
| id. | *d*): | id. | *a*), *b*) e *d*) | id. | 112 |
| id. | *e*): | id. | *a*) e *e*) | id. | 36 |
| id. | *f*) e *g*): | id. | *f*) e *g*) | id. | 212 |

Sulle linee furono eseguite numerose misure preliminari che possono offrire interesse a chi deve correntemente applicare valori consimili per il calcolo di condutture elettriche e che sono riportate nella tabella I.

In base a questi dati si poterono calcolare i quattro tipi di diagrammi menzionati atti a dare le relazioni fra le caratteristiche della linea.

4° - Prova sperimentale.

Lungo la rete, a mezzo di squadre di incaricati, si eseguirono guasti fittizi su terne fuori tensione, lasciando però le terne vicine in servizio normale. Dalla stazione di misura a Brugherio era ignota la località e la natura del guasto.

La identificazione della distanza del guasto è un'operazione prettamente manuale, poichè dalle letture si fa senz'altro la ricerca di tale distanza sui rispettivi diagrammi secondo il procedimento esposto.

Non si può dire la stessa cosa circa la determinazione della natura del guasto, poichè la indagine deve essere condotta con spirito critico e per successive deduzioni dai valori delle misure ottenute. I risultati delle prove eseguite con guasti artificiali provocati in linea sono riportati nelle allegate tabelle. Le prime quattordici prove furono fatte senza un programma preciso cercando di indicare al più presto il guasto a mezzo di letture saltuarie. Dalle esperienze fatte durante tali ricerche si è visto essere conveniente seguire un ordine prestabilito anche a costo di impiegare qualche minuto primo in più per la durata complessiva delle operazioni.

Nelle tabelle allegate sono indicati non solo i dati di misura ed i risultati, ma altresì la discussione dei medesimi in base alla quale si è cercato di determinare la natura del guasto.

Nelle osservazioni (riportate in fondo pagina) si sono specificate le cause dell'eventuale insuccesso di alcune misure eseguite. Inoltre nella colonna delle distanze presunte si è indicato tra parentesi il contrassegno del diagramma impiegato per la ricerca di dette distanze e precisamente:

$A_1$ per il diagramma $l_1 = f\ (R, X)$ senza resistenza di compensazione.

$A_2$ » » $l_1 = f\ (P, \Xi)$ senza resistenza di compensazione.

$B$ » » » $l_1 = f'\ (R, X)$ con resistenza di compens.

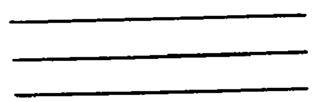
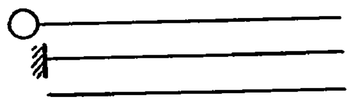
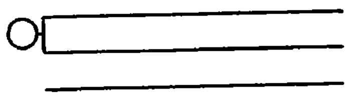
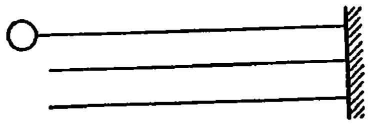
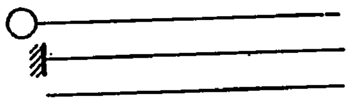
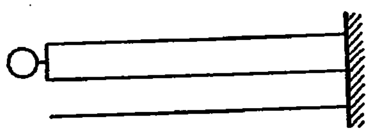
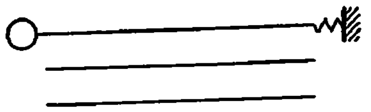
$C$ » » » $l_1 = f''\ (X)$ nel caso di corto circuito tra due fasi.

Nella colonna delle « linee e fasi » si è indicato tra parentesi il numero della terna in esame e quello delle eventuali terne collegate in serie (ad es. 2+12 sta ad indicare che la terna 2 è in serie con la 12).

Nella stessa colonna è segnato il conduttore su cui si opera, contraddistinguendolo con una delle lettere *r*, *s*, *t*.

Facendo seguire al simbolo della fase quello + *w*, si vuole indicare che si è inserita la resistenza di compensazione all'estremo opposto a quello della misura.

TABELLA I.

| TERNA | 21 | | 21 + 31 | | 12 + 4 | | 12 + 3 | | 12 | | 11 | | 11 + 1 | | 12 + 2 | | 21 (1) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Grandezze espresse in $10^{-6}$ $1/\Omega$ | $\omega C$ | $\frac{1}{R}$ | $\omega C$ | $\frac{1}{R}$ | $\omega C$ | $\frac{1}{R}$ | $\omega C$ | $\frac{1}{R}$ | $\omega C$ | $\frac{1}{R}$ | $\omega C$ | $\frac{1}{R}$ | $\omega C$ | $\frac{1}{R}$ | $\omega C$ | $\frac{1}{R}$ | $\omega C$ | $\frac{1}{R}$ |
|  | 727.3 | 5 | 1067.7 | 20 | 529.8<br>(533.1) | 0 | 529.8<br>(539.8) | 0 | 163.2 | 0 | | | 521.3<br>524.6 | 0 | 524.6<br>(536.5) | 0<br>0 | 32.9 | 8.9<br>22.9 |
|  | 742.7 | 5 | 1082.7 | 20 | 539.8<br>543.2 | 0 | | | 166.5<br>169.8 | 0 | 166.5 | 0 | 536.5 | 0 | 536.5 | 0 | 39.2<br>42.4 | 10.4 |
|  | 1281.3 | 15 | | | 926.7 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| Grandezze espresse in $\Omega$ | $\omega L$ | $R$ | $\omega L$ | $R$ | $\omega L$ | $R$ | $\omega L$ | $R$ | $\omega L$ | $R$ | $\omega L$ | $R$ | $\omega L$ | $R$ | $\omega L$ | $R$ | $\omega L$ | $R$ |
|  | 220.7 | 47.9 | 319.9 | 85.4 | 152.9<br>(152.9) | 37.4<br>(41.9) | 152.9 | 38.5 | 47.6 | 11.9 | 47.6 | 11.9 | 152.9 | 35.9<br>37.4 | 152.9<br>(156.1) | 37.4<br>(46.4) | | |
|  | 302.6 | 65.9 | 479.6<br>487.7 | 127.4<br>130.4 | 196.4<br>200.5 | 35.9<br>37.4 | 197.4 | 35.9 | 58.2<br>61.3 | 11.9<br>10.4 | 60.2 | 10.4 | 197.4<br>200.5 | 34.4<br>35.9 | 201.6 | 35.9 | | |
|  | 151.9 | 34.4 | | | 105.2 | 29.9 | | | 31.9 | 8.9 | | | | | | | | |
|  | | 572.9 | | 583.5 | | 548.4 | | 554.9 | | | | | | 557.9 | | | | |

N.B. – I risultati tra parentesi sono stati ottenuti mettendo il neutro a terra a San Francesco sulla terna 1.

(1) La terna è limitata al 1° incrocio ed è di km 26.

OSSERVAZIONI. — A Brugherio la resistenza di messa a terra è di circa 0. Normalmente tutte le linee in funzione hanno il neutro a terra in un punto solo e precisamente la rete a 42 periodi ha il neutro a terra a Bologna, mentre quella a 50 periodi lo ha a San Francesco.

Quando il tratto di conduttura tra Breccia e San Francesco rimane inutilizzato, è messo a terra a San Francesco.

I simboli successivi di due fasi: ad es. *s* —> *t* indicano che si è collegata la prima fase (*s*) all'apparecchio e che la seconda (*t*) è messa a terra nella stessa località ove si eseguiscono le prove.

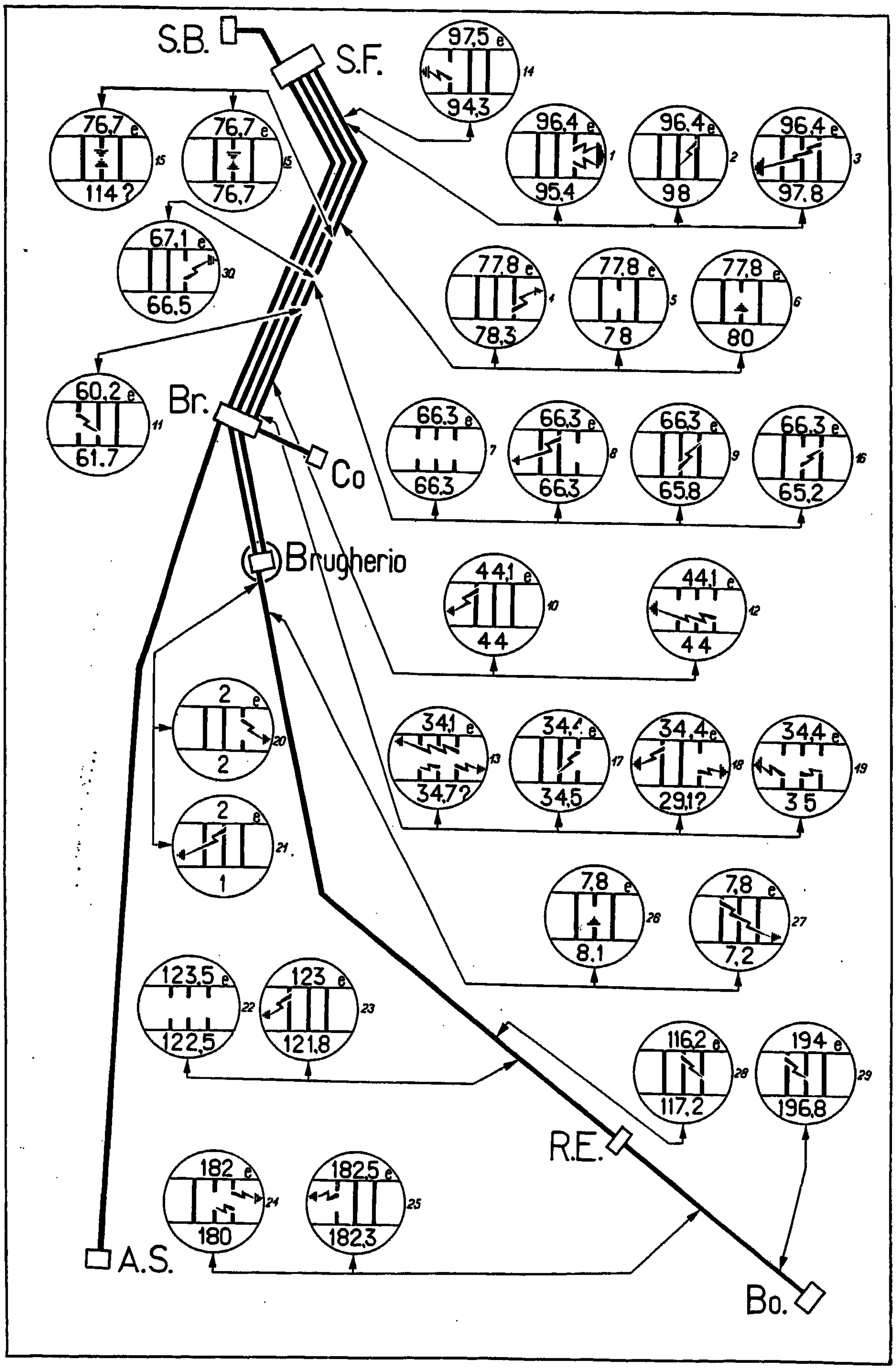



Fig. 5. - Schema delle linee a 130 kV su cui furono effettuate le prove.
Nei cerchietti sono schematicamente indicati i guasti artificiali creati in linea. Il numero superiore indica la distanza effettiva del guasto dalla stazione di Brugherio, quello inferiore la distanza calcolata.

I risultati delle prove sono pure riportati nella fig. 5, dove in ciascun cerchietto sono segnate schematicamente le fasi ed il tipo di guasto esistente. Il numero superiore sta ad indicare la distanza effettiva del guasto, quello inferiore la distanza calcolata e quello laterale il numero d'ordine delle prove.

5° - Discussione dei risultati.

Dal complesso delle prove eseguite risulta evidente come la determinazione della natura del guasto possa essere fatta con molta facilità e con molta precisione e ciò su una semplice critica delle misure ottenute.

Per quanto concerne la identificazione della distanza del posto ove è avvenuto l'incidente dalla stazione di misura, di fronte a risultati molto precisi ottenuti anche con guasti assai complessi, si sono avuti quattro casi di notevole disaccordo (misure N. 4, 13, 15 e 18).

L'errore delle prove N. 4 e 13 è subito spiegato, quando si osservi che i valori delle letture variavano ininterrottamente durante le misure causa il contatto instabile tra fase e terra. Infatti nel caso della misura N. 4 si trattava di un corto circuito fatto a mezzo di una treccia flessibile e leggera, che appoggiava malamente sui rami di una pianta bagnata dalla pioggia. Non si riusciva pertanto ad operare con sufficiente rapidità sul ponte di misura per mettere il wattmetro a zero, che già i valori delle caratteristiche della linea in esame avevano subito dei mutamenti. Lo stesso dicasi del caso N. 13. Inoltre, durante questa prova, anche l'apparecchio di misura aveva subito un piccolo incidente che lasciava incerti sul valore delle letture.

Pertanto questi valori non davano alcun affidamento ed in un caso pratico non sarebbe stato possibile fidarsi dei risultati ottenuti per inviare delle squadre di operai in linea.

Veramente inspiegabili invece apparivano le divergenze nei casi N. 15 e 18.

A tale proposito si ripetevano alcune misure nelle identiche condizioni (riportate al N. 15 bis) con speciali accorgimenti che valsero a lumeggiare la ragione della divergenza. Infatti, facendo un contatto buono a terra nella località ove si era eseguito il guasto, oppure lasciando la linea interrotta in detto punto ma isolata da terra, si otteneva una perfetta approssimazione dei risultati col caso reale. Invece ripetendo le prove con una fase messa a terra (a mezzo di una treccia di acciaio con anima di canapa, del diametro complessivo di 5 mm) appoggiata su un prato asciutto per una lunghezza di m 20, si otteneva un errore fortissimo. Il fatto è senz'altro dovuto a ciò che la treccia, abbastanza leggera, poggiando soltanto su alcune stoppie di paglia, rimaneva pressochè isolata dal terreno e creava in compenso una notevole capacità fittizia contro terra.

Lo stesso fenomeno si ripeteva nella prova N. 18.

In altri casi, come ad esempio nelle prove N. 10, 12, ecc., questo inconveniente non era registrato per il fatto che il terreno roccioso permetteva un contatto diretto colla terra.

È opportuno notare a questo proposito che molti guasti fittizi, operati durante le prove, furono creati in modo particolarmente complesso e ciò allo scopo di sperimentare le peggiori condizioni possibili. È probabile che nella pratica essi non si verifichino che molto difficilmente.

Interessante è il caso della prova N. 10.

Infatti la stessa fase aveva subito due guasti: l'uno a km 60 (interruzione netta) e l'altro a km 44,1 di distanza (contatto a terra). Le misure misero in evidenza, e con precisione, solo il

secondo guasto; se però si fosse eseguita la serie completa delle ricerche, collegando una fase sana con quella guasta all'estremo opposto di quello ove si trovava l'operatore, anche il primo guasto sarebbe stato identificato.

Durante una serie di misure sulla linea (2 + 12) fatta con bassa temperatura esterna (circa — 10°) per verificare l'eventuale influenza delle condizioni meteorologiche sulle costanti di linea, si osservarono delle anomalie inspiegabili; la impedenza caratteristica della linea era diminuita del 15 %. Successive indagini misero però in chiaro che, essendo a terra il neutro a S. Francesco, il posto di misura a Brugherio probabilmente restava compreso entro una spira fase-terra delle terne contigue in esercizio.

Le influenze delle condizioni metereologiche risultarono invece del tutto trascurabili.

Il tempo necessario per una ricerca sistematica e completa su una terna in esame varia naturalmente a seconda dell'abilità dell'operatore: con un po' di pratica e senza agire con eccessiva fretta si può ritenere che la durata completa delle misure richieda non più di 20'; altri 10' circa sono necessari per la determinazione della distanza a mezzo dei diagrammi e per l'analisi dei risultati. Sicchè la identificazione di un guasto può richiedere non più di mezz'ora.

## 6° - Grado di approssimazione delle ricerche.

Dall'esame teorico del procedimento di misura si nota che le peggiori condizioni di approssimazione si hanno quando la resistenza di contatto col suolo in un punto di messa a terra

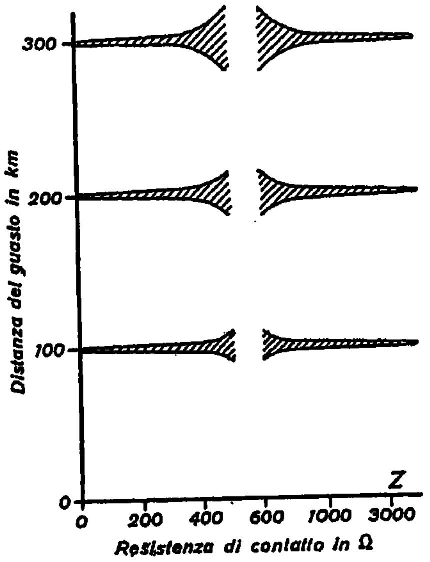



Fig. 6.

accidentale è circa uguale o prossimo al valore della impedenza caratteristica della linea. Nel caso particolare delle linee sperimentate tale valore è di circa 550 ohm.

Le garanzie date per l'apparecchio, per le linee in esame, sono infatti quelle riportate nella fig. 6.

Praticamente dalle prove eseguite, ad esclusione di quelle relative ai quattro casi menzionati, si è notata un'ottima coincidenza dei valori presunti con quelli effettivi.

## 7° - Conclusioni.

La identificazione dei guasti a distanza a mezzo dello studio delle variazioni delle caratteristiche delle fasi, si è dimostrata praticamente assai precisa.

L'errore si è limitato ad un valore percentuale assai basso ed in alcuni casi la precisione è stata addirittura del 100 %.

Le uniche divergenze forti riscontrate durante le misure sperimentali non hanno dato luogo a serie preoccupazioni, poichè è assai probabile che casi simili non si verifichino in pratica. Infatti se il contatto fra fase e terra è ottenuto a mezzo di un filo sottile, durante l'esercizio quest'ultimo viene senz'altro distrutto dall'arco. È bene osservare a tale proposito che l'errore di stima della distanza non era dovuto ad un contatto più o meno buono col terreno, ma semplicemente alla formazione di una capacità fittizia.

In pratica se cade un conduttore, questo potrà fare un contatto magari pessimo col terreno, ma è ben difficile che esso rimanga per un lungo tratto vicinissimo al suolo pur rimanendo da esso completamente isolato.

Quando la rete di cui fa parte la linea in esame ha il neutro a terra in più punti, bisogna fare particolarmente attenzione affinchè il posto di misura non si trovi entro una spira fase-terra delle linee contigue siano o non siano esse in esercizio. Anzi è prudente a questo proposito mettere il neutro a terra sempre laddove esso lo era durante le misure iniziali delle caratteristiche della linea, misure che hanno servito a valutare i diagrammi.

Se il contatto a terra è imperfetto e tale da variare continuamente, o se il contatto tra le fasi presenta lo stesso fenomeno, le misure eseguite dall'apparecchio sono visibilmente imprecise ed in tal caso esse non danno alcun affidamento. Non si è però indotti a valutare una distanza errata, nè a commettere un apprezzamento dubbio sull'entità del guasto, data la impossibilità di equilibrare il ponte.

Gli incidenti che non possono essere identificati con tale procedimento di misura sono pure quelli dovuti ad un adescamento di arco per un motivo qualunque, quando esso è originato da un insufficiente isolamento per la tensione di esercizio (fulminazione di isolatori), o per la eccessiva vicinanza di oggetti a terra (piante, fili, ecc.). Infatti operando con una corrente di misura di circa 500 V, la linea risulta in tal caso apparentemente sana.

*(Vedere nelle pagine seguenti tabelle ed Appendice).*

| N. prova | Linee e fasi | Letture apparecchio $\omega L = X$ Ω | R Ω | $P = 1/R$ Mho.$10^{-6}$ | $\omega C = \Xi$ Mho.$10^{-6}$ | Distanza del guasto presunta km | effettiva km | Descrizione del guasto secondo le misure | effettivo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 a)<br>b) | (2+12)<br>t<br>t+w | | | 10.–<br>10.– | 466.1<br>466.1 | 95.4<br>$(A_2)$ | 96.4 | Conduttore *t* rotto ed isolato o a terra con grande resistenza (100 000 Ω).<br>(*t* è rotto perchè lettura *a*) = lettura *b*)) | Fase *t*) interrotta e a terra verso Brugherio e San Francesco. Le terre furono fatte su terreno di natura rocciosa con treccia di ferro ad anima di canapa, del diam. di mm 5. Gli spezzoni adoperati, lunghi circa m 35, erano stesi a terra per circa m 15. |
| 2 a)<br>b)<br>c) | (2+12)<br>t<br>r+w<br>t -> r | 180.8 | 34.5 | 25.–<br>25.– | 953.–<br>953.3 | 98.–<br>(C) | 96.4 | Due fasi in cc. su piccola resistenza o metallicamente e isolate da terra con grande resistenza (134.000 Ω).<br>(*t-r* sono in c. c. perchè altrimenti la lettura *c* sarebbe stata = *a*) | Fasi *t* e *r* in cc. isolato e isolato da terra. Il cc. eseguito con treccia di ferro come al guasto n.° 1. |
| 3 a)<br>b)<br>c)<br>d)<br>e)<br>f)<br>media | (2+12)<br>r<br>s<br>t<br>s -> t<br>t -> s<br>t -> r | 177.6<br>179.6<br>182.9<br>180.– | 37.5<br>37.5<br>37.5 | 215.–<br>215.–<br>215.– | 1249.4<br>1246.–<br>1246.– | (C)<br>97.8 | 96.4 | c.c. tra le fasi e 5000 Ω di resistenza contro terra.<br>(Infatti letture *a*), *b*), *c*), dànno lo stesso risultato e letture *d*), *e*), *f*), lo confermano). | Fasi *t*, *r* e *s* in cc. e a terra. Contatto a terra eseguito con treccia di ferro come al n.° 1, spezzone di 35 ca. di cui m 15 stesi su terreno di natura rocciosa. |
| 4 a)<br>b) | (2+12)<br>t<br>t+w | 5.2 | 543 | 60.– | 521.2 | 85.– (1)<br>72.– (1)<br>(B) | 77.8 | C c. a terra senza rottura di conduttore con cattiva terra. (Il conduttore è intatto perchè lettura *b*) $\neq$ lettura *a*)). | Fase *t* a terra attraverso un filo poggiante su di una pianta. Il collegamento tra fase e pianta è stato fatto con treccia di ferro ad anima di canapa del diam. di 5 mm. |
| 5 a)<br>b) | (2+12)<br>s<br>s+w | | | 5.–<br>5.– | 380.–<br>380.– | 78.–<br>$(A_2)$ | 77.8 | Conduttore rotto ed isolato essendo lettura *a*) = lettura *b*). | Fase *s* interrotta ed isolata. |
| 6 a)<br>b) | (2+12)<br>s<br>s+w | | | 1265.–<br>1265.– | 201.6<br>201.6 | 80.–<br>$(A_2)$ | 77.8 | Fase *s* interrotta e a terra con circa 800 Ω di resistenza (Lettura *a*) = lett. *b*). | Fase *s* interrotta e a terra verso Brugherio, con inserite 4 resistenze da 125 Ω cad. La terra fu fatta con treccia del diam. di mm 5, lunga circa m 35, che era stesa su terreno coltivo per circa m 15. |
| 7 a)<br>b)<br>c)<br>d)<br>e) | (2+12)<br>t<br>r<br>s<br>r+w<br>s+w | | | 5.–<br>5.–<br>5.–<br>5.–<br>5.– | 119.6<br>119.6<br>119.6<br>119.6<br>119.6 | 66.3<br>$(A_2)$ | 66.3 | Tre fasi interrotte senza terra.<br>(Valore di *P* è assai piccolo, perciò le fasi sono isolate ed inoltre lettera *a*) = lett. *b*) = lett. *c*) cioè fasi nelle stesse condizioni.<br>Essendo poi lett. *b*) = lett. *c*) = lett. *d*) = lett. *e*) ciò indica che le fasi sono interrotte. | Fasi *t*, *r* e *s* interrotte e isolate. |
| 8 a)<br>b)<br>c) | (2+12)<br>t<br>s -> r<br>t+w | 115.5 | 28,5 | 10.–<br>10.– | 333.–<br>333.– | 64.25<br>(C)<br>66.25<br>$(A_2)$ | 66.34 | Una fase interrotta ed isolata (lettura *a*) = lettura *c*).<br>2 fasi a terra in cc. (400 Ω) (dedotta dalla lettura *b*)). | Fase *t* interrotta ed isolata, *r* e *s* in cc. e a terra, con treccia di ferro con anima di canapa del diam. di mm 5, stesa poi circa m 20 su prato stabile. |
| 9 a)<br>b)<br>c)<br>d) | (2+12)<br>t<br>s<br>s -> t<br>t+w | 118.7 | 22.5 | 25.–<br>25.–<br>25.– | 919.7<br>919.7<br>919.7 | 65.8<br>(C) | 66.34 | Corto circuito metallico fra due fasi, isolato da terra con fasi interrotte.<br>(Lettura *a*) = lett. *d*) e lett. *c*) indica cc. fra *s* e *t*). | Fasi *t* e *s* interrotte ed in cc. eseguito con treccia come al n.° 8. |
| 10 a)<br>b) | (2+12)<br>r<br>r+w | 61.3<br>61.3 | 16.5<br>16.5 | | | 44.–<br>$(A_1)$ | 44.1 | Fase *r* a terra a 44 km<br>(Infatti lett. *a*) = lett. *b*). | Fase *r* interrotta a 60 km e a terra verso San Francesco e Brugherio, a 44,1 km; contatti a terra su terreno a prato, lunghezza della treccia m 40 circa e del contatto a terra m 15 circa. |
| 11 a)<br>b)<br>c)<br>d) | (2+12)<br>r<br>s<br>s -> r<br>r+w | | | 0<br>15.–<br>15.–<br>5.– | 298.–<br>685.4<br>685.4<br>301.3 | 61.7<br>$(A_2)$ | 60.– | Fase *r* interrotta a 60 km e cc fra *r* e *s* verso S. Francesco.<br>(Infatti lett. *a*) $\simeq$ lett. *d*) sicchè *r* è interrotta e lett. *b*) = lett. *c*).<br>Inoltre $\Xi$ è maggiore di quello che compete alla linea sana. | Fase *r* interrotta e in cc. verso San Francesco colla *s*, per lunghezza dei contatti, e tipo della treccia id. come al n.° 10. |

(1) Le misure sono incerte causa il valore oscillante di *R* e di *X*.

| N. prova | Linee e fasi | Letture apparecchio: $\omega L = X$ Ω | Letture apparecchio: *R* Ω | Letture apparecchio: $P = 1/R$ Mho.10$^{-6}$ | Letture apparecchio: $\omega C = \Xi$ Mho.10$^{-6}$ | Distanza del guasto: presunta km | Distanza del guasto: effettiva km | Descrizione del guasto: secondo le misure | Descrizione del guasto: effettivo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (2+12) | | | | | | | | |
| 12 *a*) | *s* | 61.3 | 15.– | | | 43.7 | | Tre fasi a terra metallicamente a 44 km e tutte e tre interrotte. (L'aggiungere la resistenza *w* non influisce; inoltre le fasi hanno circa tutte la stessa caratteristica). | Fasi *s*, *t* e *r* interrotte, in cc. e a terra; contatti a terra fatti su terreno di natura rocciosa, lunghezza della treccia m 35 circa, del contatto a terra m 15. |
| *b*) | *s*+*w* | 61.3 | 15.– | | | | | | |
| *c*) | *t* | 62.2 | 16.5 | | | 44.3 | 44.1 | | |
| *d*) | *t*+*w* | 62.2 | 16.5 | | | | | | |
| *e*) | *r* | 61.3 | 13.5 | | | 43.7 | | | |
| *f*) | *r*+*w* | 61.3 | 13.5 | | | ($A_1$) | | | |
| | (2+12) | | | | | | | | |
| 13 *a*) | *s* | | | 5.– | 186.5 | 39.3 (1) | | La fase *t* interrotta e a terra e le altre 2 fasi in cc. La fase *t* è interrotta perchè lett. *b*) ∞ lett. *c*). Inoltre *s* e *r* sono interrotte perchè lett. *a*) ≅ lett. *f*) e lett. *d*) = lett. *e*) Poichè lett. *a*) ≅ lett. *d*) si presume che *s* e *r* siano in cc. | Fasi *t*, *r* e *s* interrotte, in cc. e a terra verso S. Francesco *s* e *r* in cc. isolato verso Brugherio, *t* interrotta e a terra. Le messe a terra fatte con treccia già descritta erano stese su prato per circa m 20. |
| *b*) | *t* | 35.– | 234.– | | | ($A_2$) | | | |
| *c*) | *t*+*w* | 35.– | 231.– | | | 30.5 (1) | | | |
| *d*) | *r* | | | 5.– | 189.– | ($A_1$) | 34.1 | | |
| *e*) | *r*+*w* | | | 5.– | 189.– | | | | |
| *f*) | *s*+*w* | | | 5.– | 183.1 | | | | |
| | (2+12) | | | | | | | | |
| 14 *a*) | *t* | | | 10 ÷ 15 | 533.1 | | | Fase *r* interrotta e le altri buone. (Infatti lett. *f*) = lett. *g*). Le altre fasi dànno valore normale corrispondente alla terna 2+12 buona). | Fase *r* interrotta e a terra verso Brugherio. La messa a terra (fatta con treccia già descritta) su prato aveva una lunghezza di contatto di m 20 circa. |
| *b*) | *t* -> *r* | | | 10.– | 533.1 | | | | |
| *c*) | *t* -> *s* | | | 10.– | 533.1 | | | | |
| *d*) | *r* -> *s* | | | 10.– | 533.1 | | | | |
| *e*) | *s* | | | 10.– | 533.1 | | | | |
| *f*) | *r* | 122.9 | 178.– | 10.– | 533.1 | 94.3 | 97.5 | | |
| *g*) | *r*+*w* | 122.9 | 178.– | | | ($A_1$) | | | |
| *h*) | *s*+*w* | 0 | 552.– | | | | | | |
| *i*) | *t*+*w* | 0 | 552.– | | | | | | |
| | (2+12) | | | | | | | | |
| 15 *a*) | *t* | | | 15.– | 527.9 | | | Fase *s* interrotta e a terra. Le fasi *t* e *r* sono sane ed *s* è interrotta perchè lett. *f*) ≅ lett. *g*). | Fase *s* interrotta e a terra verso S.Francesco e Brugherio. Le messe a terra, fatte con treccia già descritta su terreno a prato, avevano una lunghezza di circa m 20. |
| *b*) | *t* -> *r* | | | 15.– | 539.8 | | | | |
| *c*) | *t* -> *s* | | | 10.– | 533.1 | | | | |
| *d*) | *r* -> *s* | | | 10.– | 534.5 | | | | |
| *e*) | *r* | | | 15.– | 533.1 | | | | |
| *f*) | *s* | | | 1545.5 | 154.4 | 114.– | 76.7 | | |
| *g*) | *s*+*w* | | | 1570.– | 141.– | | | | |
| *h*) | *r*+*w* | | 552.– | | | | | | |
| *i*) | *t*+*w* | | 556.5 | | | ($A_2$) | | | |
| | (2+12) | | | | | | | | |
| 15*bis* *a*) | *s* | | | 1645.– | 118.9 | (?) | | | Ripetuta la condizione del N. 15 salvo le varianti citate nelle osservazioni in fondo pagina. |
| *b*) | *s* (2) | | | 5.– | 373.3 | 76.7 | 76.7 | ($A_2$) | |
| *c*) | *s* (3) | 108.4 | 31.– | | | 76.8 | 76.7 | ($A_1$) | |
| *d*) | *s* (4) | 60.3 | 323.5 | | | 64.– | 76.7 | ($A_1$) | |
| | (2+12) | | | | | | | | |
| 16 *a*) | *t* | | | 400.– | 766.– | | | Le fasi *s* e *t* in cc. Fase *s* interrotta. Lett. *a*) ≠ lett. *c*). Inoltre lett. *a*) ≅ lett. *f*) e la fase *s* è interrotta perchè lett. *f*) ≅ lett. *g*). | Fase *s* interrotta verso S. Francesco e cc. tra *s* e *t* verso Brugherio. Per il cc. si è adoperata treccia già descritta per i guasti precedenti. |
| *b*) | *t* -> *r* | | | 400.– | 794.8 | | | | |
| *c*) | *t* -> *s* | 117.7 | 25.– | | | 65.2 | 66.– | | |
| *d*) | *r* -> *s* | | | 200.– | 536.5 | | | | |
| *e*) | *r* | | | 200.– | 521.2 | (C) | | | |
| *f*) | *s* | | | 400.– | 769.4 | | | | |
| *g*) | *s*+*w* | | | 400.– | 772.7 | | | | |
| *h*) | *r*+*w* | | | | | | | | |
| *i*) | *t*+*w* | | | | | | | | |
| | (2+12) | | | | | | | | |
| 17 *a*) | *t* | | | 5.– | 166.5 | 34.5 ($A_2$) | 34.4 | Fase *t* interrotta e isolata. (Infatti lett. *a*) ≅ lett. *i*). Fase *r* è sana. Fase *s* appoggia sulla parte di *t* verso S. Francesco. (Infatti misura *X* in lettura *f*) ha un valore altissimo). | Fase *t* interrotta verso Brugherio; fasi *s* e *t* in cc. verso San Frncesco. |
| *b*) | *t* -> *r* | | | 5.– | 169.8 | | | | |
| *c*) | *t* -> *s* | | | 5.– | 169.8 | | | | |
| *d*) | *r* -> *s* | | | 10.– | 539.8 | | | | |
| *e*) | *r* | | | 10.– | 517.9 | | | | |
| *f*) | *s* | | | 15.– | 781.5 | | | | |
| *g*) | *s*+*w* | | | 553.5 | 218.3 | | | | |
| *h*) | *r*+*w* | 0 | 556.5 | | | | | | |
| *i*) | *t*+*w* | | | 5.– | 169.8 | | | | |

(1) Non misurabile con precisione.
(2) Prova ripetuta togliendo la terra per verifica.
(3) La fase interrotta è stata in seguito messa a terra attraverso i montanti del palo.
(4) In una terza prova si è lasciata interrotta la fase isolandola verso San Francesco e mettendola a terra su prato per una lunghezza di ca 20 m, con due spezzoni di treccia già descritta.

| N. prova | Linee e fasi | LETTURE APPARECCHIO: $\omega L = X$ Ω | R Ω | $P = 1/R$ Mho.$10^{-6}$ | $\omega C = \Xi$ Mho.$10^{-6}$ | Distanza del guasto: presunta km | effettiva km | DESCRIZIONE DEL GUASTO: secondo le misure | effettivo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (2+12) | | | | | | | Fase *t* a terra e interrotta (Infatti lett. *a*) ≅ lett. *i*)).<br>Fase *r* e *s* in cc.<br>» *r* e *s* interrotte ed isolate da terra (essendo lett. *e*) = lett. *h*) e lett. *f*) = lett. *g*)). | Fase *t* a terra e interrotta verso Brughierio.<br>Fasi *r* e *s* in cc. e isolate.<br>Le messe a terra sono state fatte, in un primo tempo con treccia già descritta su prato, con contatti lunghi circa m 20, in un secondo tempo con tondino di rame del diam. di mm 3,5 con contatti di circa m 20 su strada. |
| 18 *a*) | *t* | 23.8 | 293.5 | | | 24.5 | 34.4 | | |
| *b*) | *t* -> *r* | 21.7 | 298.– | | | (A₁) | | | |
| *c*) | *t* -> *s* | 17.6 | 320.– | | | | | | |
| *d*) | *r* -> *s* | 58.2 | 13.5 | | | 33.8 | 34.4 | | |
| *e*) | *r* | | | 5.– | 288.– | | | | |
| *f*) | *s* | | | 5.– | 288.– | (C) | | | |
| *g*) | *s*+*w* | | | 5.– | 288.– | | | | |
| *h*) | *r*+*w* | | | 5.– | 288.– | | | | |
| *i*) | *t*+*w* | 17.6 | 320.5 | | | | | | |
| | (2+12) | | | | | | | Fasi *t* e *s* in cc. ed isolate.<br>Fase *s* è interrotta (essendo lett. *g*) = lett. *f*)).<br>Fase *r* è interrotta (essendo lett. *e*) = lett. *h*)).<br>Fase *t* è interrotta (essendo lett. *a*) = lett. *i*)). | Fasi *t* e *s* in cc. interrotte ed isolate.<br>Fase *r* a terra e interrotta.<br>Le messe a terra sono fatte come nella prova n.° 18. |
| 19 *a*) | *t* | | | 10.– | 301.3 | | | | |
| *b*) | *t* -> *r* | | | 5.– | 301.3 | | | | |
| *c*) | *t* -> *s* | 61.2 | 12.– | | | 35.– | 34.4 | | |
| *d*) | *r* -> *s* | | | | | (C) | | | |
| *e*) | *r* | 48.9 | 88.5 | | | 35.– | | | |
| *f*) | *s* | | | 10.– | 301.3 | (A₁) | | | |
| *g*) | *s*+*w* | | | 10.– | 301.3 | | | | |
| *h*) | *r*+*w* | 48.9 | 88.5 | | | | | | |
| *i*) | *t*+*w* | | | 10.– | 301.3 | | | | |
| | (21) | | | | | | | Fasi *r* e *s* isolate perchè lett. *a*) ≅ lett. *b*)<br>» *r* e *t* » » lett. *a*) ≅ lett. *c*)<br>Fase *t* è interrotta perchè lett. *f*) = lett. *g*)<br>» *t* interrotta e a terra<br>Fasi *s* e *r* sane perchè lett. *a*) e lett. *c*) corrispondono a quelle di linea sana. | La fase *t* è interrotta e a terra a mezzo di una treccia di rame di 97 mmq di sezione che appoggia per circa 15 m su terreno da coltivo, qua e là coperto da neve.<br>Le altre fasi sono sane. |
| 20 *a*) | *r* | | | 20.– | 731.6 | | | | |
| *b*) | *r* -> *s* | | | 20.– | 746.– | | | | |
| *c*) | *r* -> *t* | | | 20.– | 723.9 | | | | |
| *d*) | *s* -> *t* | | | 20.– | 723.9 | | | | |
| *e*) | *s* | | | 20.– | 723.9 | | | | |
| *f*) | *t* | 2.0 | 9.0 (1) | | | | | | |
| *g*) | *t*+*w* | 2.0 | 9.0 | | | 2.– | 2.04 | | |
| *h*) | *s*+*w* | | | | | | | | |
| *i*) | *r*+*w* | | | | | (A₁) | | | |
| | (21) | | | | | | | Fasi *r* e *s* non si toccano (lett. *a*) ≅ lett. *b*)<br>» *r* e *t* » » » (lett. *a*) ≅ lett. *c*)<br>» *s* e *t* » » » (lett. *d*) ≅ lett. *e*)<br>Fase *t* non interrotta essendo lett. *f*) ⋕ lett. *g*).<br>Fase *s* non interrotta (essendo lett. *e*) ⋕ lett. *h*).<br>Fase *r* non interrotta (essendo lett. *a*) = lett. *i*).<br>Fase *t* sana perchè lett. *f*) lo conferma. | Le fasi *r* e *s* sono direttamente messe a terra a mezzo della treccia del n.° 20 e nello stesso modo.<br>La fase *t* è sana. |
| 21 *a*) | *r* | 0.00 | 7.5 | | | | | | |
| *b*) | *r* -> *s* | 0.00 | 3.– | | | | | | |
| *c*) | *r* -> *t* | 1.00 | 6.– | | | | | | |
| *d*) | *s* -> *t* | 1.0 | 0.– | | | | | | |
| *e*) | *s* | 1.0 | 4.5 (2) | | | | | | |
| *f*) | *t* | | | 3.0 | 755.3 | | | | |
| *g*) | *t*+*w* | 11.3 | 520.5 | | | | | | |
| *h*) | *s*+*w* | 1.0 | 3.– (2) | | | 2.– | 2.04 | | |
| *i*) | *r*+*w* | 1.– | 3.– (2) | | | 2.–<br>(B) | 2.04 | | |
| | (21) | | | | | | | Fase *r* isolata da *s* essendo lett. *a*) ≅ lett. *b*).<br>Fase *r* isolata da *t* essendo lett. *a*) ≅ lett. *c*).<br>Fase *s* isolata da *t* essendo lett. *e*) ≅ lett. *d*).<br>Fase *t* interrotta essendo lett. *g*) = lett. *f*)<br>» *s* » » lett. *e*) = lett. *h*)<br>» *r* » » lett. *i*) = lett. *a*)<br>3 fasi interrotte ed isolate l'una dall'altra. | Le tre fasi sono interrotte ed isolate. |
| 22 *a*) | *r* | | | 5.– | 572.0 | | | | |
| *b*) | *r* -> *s* | | | 5.– | 585.3 | | | | |
| *c*) | *r* -> *t* | | | 5.– | 585.3 | | | | |
| *d*) | *s* -> *t* | | | 5.– | 588.7 | | | | |
| *e*) | *s* | | | 5.– | 575.3 | | | | |
| *f*) | *t* | | | 5.– | 575.3 | 122.5 | 123.02 | | |
| *g*) | *t*+*w* | | | 5.– | 575.3 | | | | |
| *h*) | *s*+*w* | | | 5.– | 575.3 | (A₂) | | | |
| *i*) | *r*+*w* | | | 5.– | 572.– | | | | |
| | (21) | | | | | | | Fase *r* isolata da *s* essendo lett. *a*) = lett. *b*)<br>» *r* » » *t* » » *a*) = » *c*)<br>» *s* » » *t* » » *e*) = » *d*)<br>Fase *t* non interrotta, essendo lett. *g*) ⋕ lett. *f*).<br>Fase *s* non interrotta essendo lett. *h*) ⋕ lett. *e*).<br>Fase *r* è interrotta perchè lett. *i*) ≅ lett. *a*)<br>Fasi *t* e *s* sane; *r* interrotta e a terra | La fasi *t* e *s* sono sane. La fase *r* è a terra come al n.° 20. |
| 23 *a*) | *r* | 154.1 | 163.5 | | | | | | |
| *b*) | *r* -> *s* | 154.1 | 163.5 | | | | | | |
| *c*) | *r* -> *t* | 154.1 | 163.5 | | | | | | |
| *d*) | *s* -> *t* | | | 10.– | 752.7 | | | | |
| *e*) | *s* | | | 15.– | 746.0 | | | | |
| *f*) | *t* | | | 15.– | 746.0 | | | | |
| *g*) | *t*+*w* | 0 | 567.– | | | | | | |
| *h*) | *s*+*w* | 0 | 567.– | | | | | | |
| *i*) | *r*+*w* | 154.1 | 159.– | | | 121.8<br>(B) | 123.– | | |
| | (21+31) | | | | | | | Fase *r* isolata da *s* essendo lett. *a*) ≅ lett. *b*)<br>» *r* » » *t* » » *a*) ≅ » *c*)<br>» *s* » » *t* » » *d*) ≅ » *e*)<br>» *t* interrotta essendo lett. *f*) = lett. *g*)<br>» *s* continua essendo lett. *e*) ⋕ lett. *h*)<br>» *r* » essendo lett. *i*) ⋕ lett. *a*)<br>Fase *r* è sana<br>» *s* è interrotta in c.c. a monte con la *t*<br>La fase *t* è interrotta e a terra. | La fase *r* è sana. La fase *s* è interrotta e in cc. verso Bologna con la t.<br>La fase *t* è interrotta e a terra come al n.° 20. |
| 24 *a*) | *r* | | | 40.– | 990.3 | | | | |
| *b*) | *r* -> *s* | | | 35.– | 1017.– | | | | |
| *c*) | *r* -> *t* | | | 25.– | 1074.3 | | | | |
| *d*) | *s* -> *t* | | | 40.– | 1214.6 | | | | |
| *e*) | *s* | | | 45.– | 1251.4 | | | | |
| *f*) | *t* | 266.5 | 61.5 | | | 180.– | 182.– | | |
| *g*) | *t*+*w* | 266.5 | 61.5 | | | (A₁) | | | |
| *h*) | *s*+*w* | | | 33.– | 35.2 | | | | |
| *i*) | *r*+*w* | 2.0 | 576.– | | | | | | |

(1) Misura incerta.
(2) Misura incerta.

| N. prova | Linee e fasi | Letture apparecchio: $\omega L = X$ Ω | Letture apparecchio: $R$ Ω | Letture apparecchio: $P = 1/R$ Mho.$10^{-6}$ | Letture apparecchio: $\omega C = \Sigma$ Mho.$10^{-6}$ | Distanza del guasto: presunta km | Distanza del guasto: effettiva km | Descrizione del guasto: secondo le misure | Descrizione del guasto: effettivo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | (21 + 31) | | | | | | | | |
| a) | r | | | 15.– | 894.– | 182.3 ($A_2$) | 182.5 | Fase r isolata da s, perchè lett. a) = lett. b)<br>» r » » t » » a) = » c)<br>Fase t non interrotta perchè lett. f ⧺ lett. g).<br>Fase s non interrotta perchè lett. e) ⧺ lett. h).<br>Fase r interrotta perchè lett. a) ≅ lett. i)<br>Fase r interrotta e a terra e fasi s e t sane. | Le fasi s e t sono sane.<br>La r è interrotta e a terra con treccia di acciaio da mm 5 di diametro e lunga 60 m, su terreno coperto da neve. |
| b) | r -> s | | | 15.– | 894.– | | | | |
| c) | r -> t | | | 15.– | 894.– | | | | |
| d) | s -> t | | | 25.– | 1089.– | | | | |
| e) | s | | | 27.– | 1071.0 | | | | |
| f) | t | | | 27.– | 1064.3 | | | | |
| g) | t + w | 0.0 | 582.– | | | | | | |
| h) | s + w | 0.0 | 582.– | | | | | | |
| i) | r + w | | | 15.– | 890.7 | | | | |
| 26 | (21) | | | | | | | | |
| a) | r | | | 10.– | 737.7 | | | Fase r isolata da s perchè lett. a) = lett. b)<br>» r » » t » » a) = » c)<br>» s » » t » » d) = » e)<br>» t non interrotta perchè lett. f) ⧺ lett. g).<br>Fase s interrotta perchè lett. e) = lett. h.<br>» r non interrotta perchè lett. i) ⧺ lett. a).<br>Fasi r e t non interrotte e sane<br>Fase s interrotta | Le fasi r e t sono sane. Quella s è interrotta e a terra come al n.° 20, su terreno da coltivo coperto qua e là da neve. |
| b) | r -> s | | | 10.– | 737.7 | | | | |
| c) | r -> t | | | 10.– | 749.4 | | | | |
| d) | s -> t | | | 0.– | 38.6 | | | | |
| e) | s | | | 0.– | 38.6 | 8.1 ($A_2$) | 7.8 | | |
| f) | t | | | 10.– | 741.0 | | | | |
| g) | t + w | | | 1740.– | 13.3 | | | | |
| h) | s + w | | | 0.– | 38.6 | | | | |
| i) | r + w | | | 1740.– | 13.3 | | | | |
| 27 | (21) | | | | | | | | |
| a) | r | 0.3 | 6.– | | | | | Fasi r, s e t hanno circa le stesse caratteristiche.<br>Fase t non interrotta perchè lett f) ⧺ lett. g)<br>Fase s non interrotta perchè lett. e) ⧺ lett. h)<br>Fase r non interrotta perchè lett. i) ⧺ lett. a)<br>Fasi a terra e non interrotte. | Le tre fasi sono in c. cto e a terra con treccia di acciaio 5 mm di diametro lunga 50 metri su terreno coltivato e coperto da neve. |
| b) | r -> s | 8.3 | 4.5 | | | | | | |
| c) | r -> t | 8.3 | 4.5 | | | | | | |
| d) | s -> t | 0.4 | 4.5(1) | | | | | | |
| e) | s | 9.4 | 4.5 | | | | | | |
| f) | t | 9.4 | 4.5 | | | | | | |
| g) | t + w | 10.3 | 6.– | | | | | | |
| h) | s + w | 10,3 | 6.– | | | | | | |
| i) | r + w | 10,3 | 6.– | | | 7.2 (B) | 7.8 | | |
| 28 | (21) | | | | | | | | |
| a) | r | | | 10.– | 723.9 | | | Fase r sana, corrispondendo lett. a) e lett. i) alle caratteristiche dell'intera linea.<br>Fase r isolata da s perchè lett. a) ≅ lett. b)<br>» r » » t » » a) ≅ » c)<br>Fasi s e t in contatto perchè lett. d) ⧺ lett. e).<br>Fase t non interrotta perchè lett. g) = lett. h).<br>(questa asserzione è desunta dal comportamento del wattmetro che ha dato le stesse letture nei due casi g) e h)<br>Fasi t e s continue e collegate in cc. | Le fasi t e s sono in cc. a mezzo di treccia di acciaio da mm 5 di diametro. |
| b) | r -> s | | | 10.– | 752.7 | | | | |
| c) | r -> t | | | 10.– | 752.7 | | | | |
| d) | s -> t | 220.7 | 45.– | | | 117.2 | 116.2 | | |
| e) | s | | | 40.– | 1351.6 | (C) | | | |
| f) | t | | | 40.– | 1355.0 | | | | |
| g) | t + w | | | — | — | (2) | | | |
| h) | s + w | | | — | — | (2) | | | |
| i) | r + w | 0.00 | 571.5 | | | | | | |
| 29 | (21 + 31) | | | | | | | | |
| a) | r | | | — | (3) | | | | |
| b) | r + s | 427.7 | 105.– | | | 196.8 (C) | 194.– | Fasi r e s in cc. essendo lett. a) ⧺ lett. b)<br>Fase t isolata da r essendo lett. a) = lett. c<br>(dall'andamento delle due misure)<br>Fase t sana perchè il valore di X corrisponde a quello dell'intera linea.<br>Fase r e s in cc. e non interrotte perchè lett. a) = lett. i) e lett. e) = lett. h)<br>(desunto dal comportamento del wattmetro). | Le fasi r e s sono in cc. come nel caso n.° 28. |
| c) | r -> t | | | — | (3) | | | | |
| d) | s -> t | | | — | (3) | | | | |
| e) | s | | | | (3) | | | | |
| f) | t | | | 900.– | 1061.– | | | | |
| g) | t + w | | | — | (3) | | | | |
| h) | s + w | | | — | (3) | | | | |
| i) | r + w | | | — | (3) | | | | |
| 30 | (2 + 12) | | | | | | | | |
| a) | r | | | 5.– | 539.8 | | | Fase r isolata da s perchè lett. a) ≅ lett. b)<br>» r » » t » lett. a) = lett. c)<br>» s » » t » » d) = » e)<br>Fase t interrotta perchè lett. f) ≅ lett. g)<br>» s sana perchè lett. h) e lett. e) corrispondono a fase sana.<br>Fase r sana perchè lett. a) e lett. i) corrispondono a fase sana. | Le fasi r e s sono sane e quella t è interrotta e messa direttamente a terra attraverso un palo in ferro di sostegno. |
| b) | r + s | | | 5.– | 549.8 | | | | |
| c) | r + t | | | 5.– | 539.8 | | | | |
| d) | s + t | | | 5.– | 539.8 | | | | |
| e) | s | | | 5.– | 539.8 | | | | |
| f) | t | 93.2 | 24.– | | | 66.5 | 67.1 | | |
| g) | t + w | 94.2 | 22.5 | | | ($A_1$) | | | |
| h) | s + w | 0.0 | 552.– | | | | | | |
| i) | r + w | 0.0 | 552.– | | | | | | |

(1) Misura imprecisa per il continuo variare delle caratteristiche della linea in esame.
(2) Misura non potuta eseguire che in modo sommario perchè il wattmetro non va a zero, causa la eccessiva capacità in gioco.
(3) Misure non eseguibili causa fortissima capacità in linea.

# APPENDICE

## Natura dei guasti che possono prodursi in linee aeree.

I guasti che possono prodursi in una linea elettrica aerea possono essere di due generi.

1) Disturbi transitori che sono dovuti solitamente a sovratensioni di natura atmosferica oppure ad archi formatisi in linea per ragioni accidentali e transitorie.

Questi disturbi non possono essere identificati dopo la loro scomparsa e devono essere registrati mediante apparecchi permanentemente inseriti sulle linee in esercizio.

2) Disturbi permanenti che possono avvenire:

*a*) Con rottura di conduttori.

In tal caso il conduttore rotto può rimanere isolato oppure può essere in corto circuito colla terra, con una o due fasi rimanenti, o contemporaneamente essere a terra ed in contatto con altre fasi.

*b*) Senza rottura del conduttore.

Si tratta sempre di un corto circuito tra le fasi oppure tra fase e terra.

Il corto circuito tra le fasi può essere complicato da un corto circuito a terra.

## Grandezze caratteristiche di una linea elettrica.

Le grandezze caratteristiche di una linea elettrica sono le seguenti:

1) resistenza ohmica,
2) induttanza,
3) conduttanza,
4) capacitanza.

Quando si produce un corto circuito in linea, la resistenza ohmica e la conduttanza possono variare da zero all'infinito. Quindi le misure fondate semplicemente sul valore di queste grandezze non possono dare dei risultati attendibili.

Restano la induttanza e la capacitanza, o meglio, operando con corrente a frequenza costante, la reattanza e la suscettanza, che sono funzioni anche della lunghezza della linea in esame.

Tuttavia le relazioni che legano le quattro grandezze caratteristiche di una linea e la lunghezza che intercorre fra un suo estremo ed il punto ove si è verificato un guasto, sono complesse ed implicite. Non è cioè possibile trovare una espressione che valga in ogni caso e che dia la distanza di dove è avvenuto il guasto in funzione delle costanti della linea. E ciò dipende dal fatto che le caratteristiche chilometriche del conduttore non sono costanti, ma sono esse pure funzioni complesse della lunghezza del tronco in esame.

## Esame di una conduttura affetta da un guasto qualsiasi in un punto indeterminato.

Sia una linea $AB$ la quale abbia in $C$ un guasto qualsiasi (fig. 1).

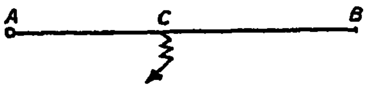



Fig. 1.

Si tratta di determinare dalla stazione $A$ la natura del guasto in $C$ e la distanza $l_1$.

Le costanti della linea per il conduttore di andata e ritorno sono:

$r$ = resistenza ohmica (del conduttore e della terra) in ohm/km,
$x$ = reattanza in ohm/km,
$\rho$ = conduttanza trasversale (trascurabile) in mho/km,
$\xi$ = suscettanza in mho/km.

Le caratteristiche del tratto $l_1$ sono le seguenti:

$l_1 r = r_1$ = resistenza ohmica,
$l_1 x = x_1$ = reattanza della linea,
$\rho l_1 = \rho_1$ = conduttanza laterale (trascurabile),
$l_1 \xi = \xi_1$ = suscettanza della linea.

Infine le grandezze misurate tra l'estremo $A$ della linea e la terra sono:

$R$ = resistenza ohmica in ohm
$X$ = reattanza » »
$P$ = conduttanza (lungo la linea) in mho
$\Xi$ = suscettanza » »

Si indichino inoltre

per $r = 0$ $\begin{cases} z = \sqrt{\dfrac{x}{\xi}} & \text{la impedenza caratteristica della linea,} \\ \zeta = \sqrt{\dfrac{\xi}{x}} & \text{la conduttanza d'onda} \end{cases}$

e $W_1$ = resistenza del corto circuito eventuale in $C$ in ohm,
$\Lambda_1$ = la conduttanza del corto circuito eventuale in $C$ in mho.

Gli indici 1 e 2 si riferiscono alle grandezze relative ai tronchi $l_1$ e $l_2$, quello 1 2 all'intero sviluppo $l$.

Per una prima indagine della questione si possono fare due ipotesi semplificative (1):

*a*) la lunghezza $l$ (fig. 1) è solo una piccola frazione della lunghezza d'onda della corrente di misura adottata;

*b*) la resistenza ohmica dell'intera linea $l$ è trascurabile rispetto alla impedenza d'onda della linea stessa.

La ipotesi *a*) ci autorizza a supporre concentrata una delle caratteristiche della linea, quale ad esempio la capacità, in un punto qualunque di essa.

Consideriamo i vari casi di guasto in linea.

*A*) Caso di guasto seguito dalla rottura del conduttore.

Per quanto si è posto nella ipotesi *a*), lo schema elettrico del tronco $l_1$ (fig. 1) della linea in esame potrà indifferentemente essere sostituito con quello della fig. 2, o con quello della fig. 3.

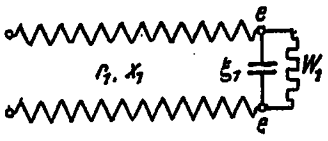



Fig. 2.

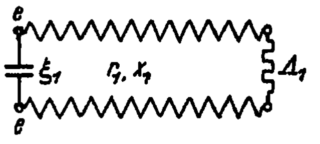



Fig. 3.

Per l'analisi di questi schemi si potranno fare in prima approssimazione altre due ipotesi semplificative:

1ª) $W_1$ trascurabile rispetto a $\dfrac{1}{\xi_1}$

2ª) $\Lambda_1$ » » a $\dfrac{1}{x_1}$

Per la ipotesi 1ª si ha

$$R_1 \simeq W_1 \qquad [1]$$

da cui, analizzando lo schema della fig. 2, risulta senz'altro essere:

$$(2) \qquad X_1 \cong x_1 - w_1^2 \xi \cong x_1 \left[1 - \left(\frac{w_1}{z}\right)^2\right] \qquad [2]$$

Per la 2ª ipotesi si ha inoltre

$$P_1 \simeq \Lambda_1 \qquad [3]$$

da cui, analizzando lo schema della fig. 3, risulta essere

$$(2) \qquad \Xi \cong \xi_1 - \Lambda_1^2 x_1 \cong \xi_1 \left[1 - \left(\frac{\Lambda_1}{\zeta}\right)^2\right] \qquad [4]$$

Combinando le eguaglianze 1, 2, 3 e 4, attraverso semplici passaggi algebrici, si ricava in definitiva

$$l_1 \cong \frac{X_1}{x} \; \frac{1}{1 - (R_1/z)^2} \qquad [5]$$

$$l_1 \cong \frac{\Xi_1}{\xi} \; \frac{1}{1 - (\Lambda_1/\zeta)^2} \qquad [6]$$

Siccome $\Xi_1$ e $X_1$ sono grandezze che dipendono dal valore della frequenza, bisogna che quest'ultima sia mantenuta rigorosamente costante. Si può notare che le equazioni [5] e [6] diventano rispettivamente indipendenti da $l_1$ quando

$$W_1 = z$$

e

$$\Lambda_1 = \zeta$$

Ciò vuol dire che la determinazione di $l_1$ in funzione di $X_1$ e di $R_1$ è solo possibile nel caso di

$W_1 < z$ (caso $A_1$)

(ossia $0 < R_1 < z$ e $x_1 > X_1 > 0$)

e che lo diventa in funzione di $\Lambda$ e $\Xi$

quando $W_1 > x$ (caso $A_2$)

(ossia $0 < \Lambda_1 < \zeta$ e $\xi_1 > \Xi_1 > 0$).

---

(1) H. Poleck: *Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens Konzern.* IX volume - 1° quaderno - 1930.
H. Poleck: *Siemens Zeitschrift,* febbraio-marzo 1930.
H. Poleck: *Archiv für technisches Messen,* agosto 1931.
G. R. M.: *L'Energia Elettrica,* settembre 1931.

(2) Per la giustificazione delle eguaglianze vedi *L'Energia Elettrica*, settembre 1931, pag. 814.

Inoltre è facilmente intuibile (e lo si può dimostrare analiticamente) che il grado di approssimazione va diminuendo quando la resistenza ohmica del guasto si avvicina al valore della resistenza caratteristica della linea in esame.

*B*) Caso di guasto non seguito dalla rottura del conduttore.

Se il conduttore non è interrotto in *C* (fig. 1), allora lo schema elettrico della linea non sarà più nè quello della fig. 2 nè quello della fig. 3. Infatti la reattanza e la suscettanza del circuito restano alterate dal fatto che il tratto di linea *CB* (fig. 1) rimane collegato al tronco *AC*. In altre parole, le misure eseguite in *A*, agli effetti della determinazione di $l_1$, sono inservibili.

Se però si mette a terra l'estremo *B* attraverso una resistenza ohmica uguale in valore alla impedenza caratteristica del tronco *CB* (fig. 4), il tratto *CB* verrebbe ad avere componenti reattive nulle e quindi, agli effetti di queste ultime, sarebbe come se non ci fosse.

Ciò risulta infatti evidente dalle equazioni [2] e [4] dove ponendo

$$w_2 = z = \sqrt{\frac{x_2}{\xi_2}} \quad \text{e} \quad \Lambda_2 = \zeta = \sqrt{\frac{\xi_2}{x_2}}$$

si ottiene

$$x_2 = \Xi_2 = 0$$

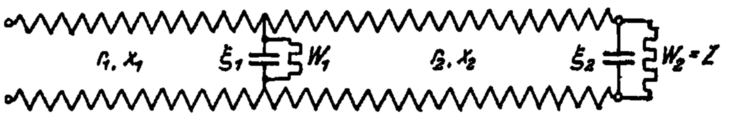



Fig. 4.

Lo schema semplificato della linea diventerebbe allora quello della fig. 5, al quale si possono ancora applicare le formole [5] e [6], come nel caso *A*.

*C*) Determinazioni delle costanti di una linea.

Le caratteristiche $r$, $x$ e $\xi$ per km non sono rigorosamente costanti, ma sono funzioni della lunghezza del tronco preso in esame.

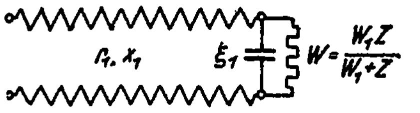



Fig. 5.

Però le costanti chilometriche $r_1$, $x_1$ e $\xi_1$ di un tronco di lunghezza $l_1$ (fig. 1), si possono determinare in funzione delle corrispondenti caratteristiche dell'intera linea *AB*.

A tale scopo necessitano le seguenti misure da effettuarsi all'estremo *A* della linea in esame.

1° *Caso*: Corto circuito fase e terra (fig. 6), da cui si ha $R_{12}$, $X_{12}$ e

$$r_{12} = \frac{R_{12}}{l_{12}}\ \Omega/\text{km}; \quad X_{12} = \frac{X_{12}}{l_{12}}\ \Omega/\text{km}$$

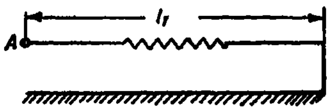



Fig. 6.

2° *Caso*: Funzionamento a vuoto tra fase e terra (fig. 7), da cui si ha $\Xi_{12}$ e

$$\xi_{12} = \frac{\Xi_{12}}{l_{12}}$$

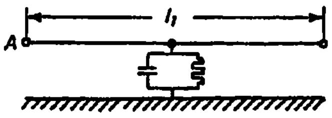



Fig. 7.

3° *Caso*: Corto circuito isolato da terra fra fase e fase (fig. 8), da cui si ha $R^1_{12}$, $X^1_{12}$ e

$$r^1_{12} = \frac{R^1_{12}}{l_{12}} \quad x^1_{12} = \frac{X^1_{12}}{l_{12}}$$

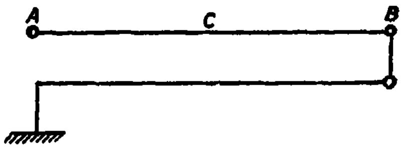



Fig. 8.

Per dedurre le costanti del tronco $l_1$ bisogna tener presente che relativamente a tale tronco si ha:

$$\left.\begin{array}{lll} \text{nel } 1^\circ \text{ caso} & r = \alpha_r r_{12} & x = \alpha_x x_{12} \\ \text{» } 2^\circ \text{ »} & & \xi = \alpha_\xi \xi_{12} \end{array}\right\} \quad [7]$$

$$\text{» } 3^\circ \text{ »} \quad r' = \alpha_r{}^1 r^1_{12} \quad x^1 = \alpha_x{}^1 x^1_{12} \quad [8]$$

dove i fattori di correzione $\alpha$ variano in funzione di $l_1$ e stanno ad indicare che la relazione tra

$$r \text{ e } r_{12} \quad x \text{ e } x_{12} \quad \xi \text{ e } \xi_{12} \quad r^1 \text{ e } r^1_{12} \quad x^1 \text{ e } x^1_2$$

non è costante per $l_1$ variabile (1).

(1) H. Polleck: *Sonderdruck aus Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens Konzern.* IX Volume, 1° fasc., pag. 302 e segg.

La espressione di tali fattori di correzione è assai complessa, ma il loro valore dipende sopratutto dalle grandezze

$$l_1 \sqrt{x\,\xi} \quad \text{e} \quad \left(\frac{r}{x}\right)^2 \quad [9]$$

relative al tratto $l_1$.

I diagrammi delle figg. 9 e 10 portano i valori già calcolati di $\alpha$ in funzione di queste ultime due grandezze. Per valori intermedi è necessario ricorrere all'interpolazione.

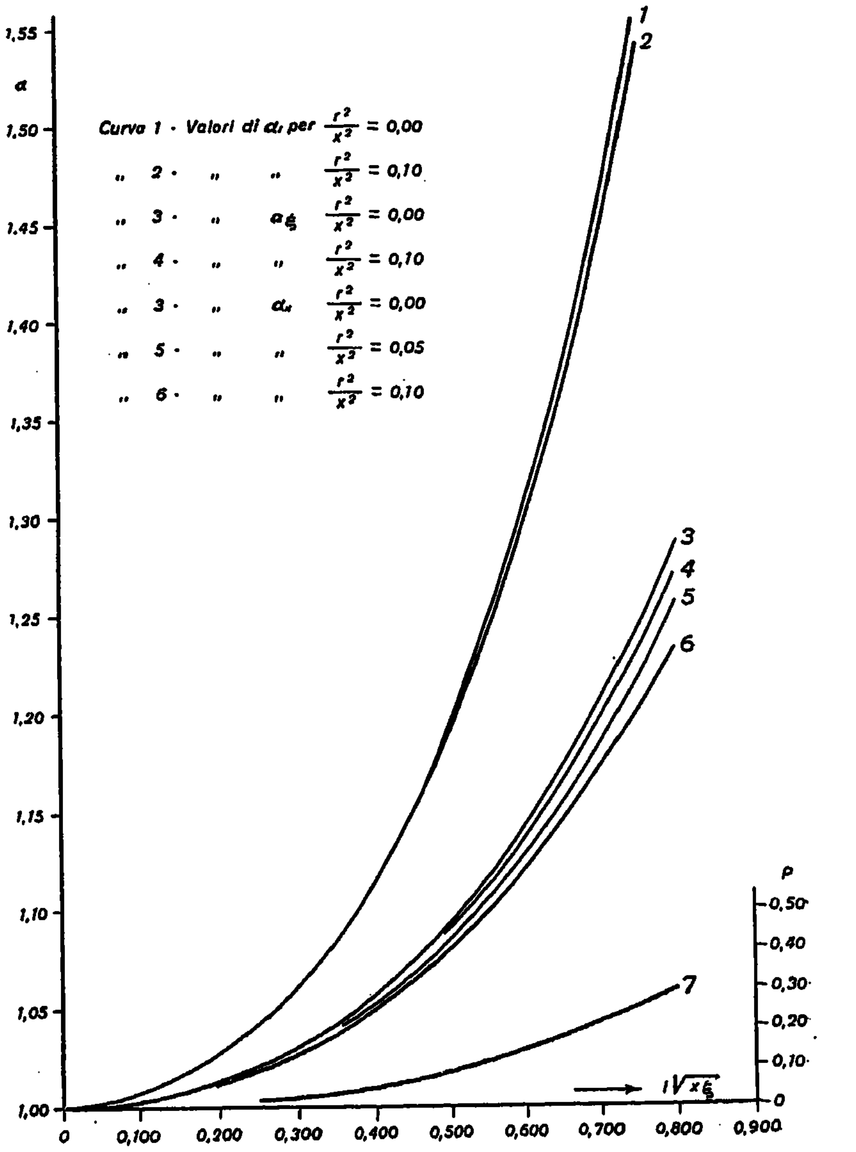



Fig. 9.

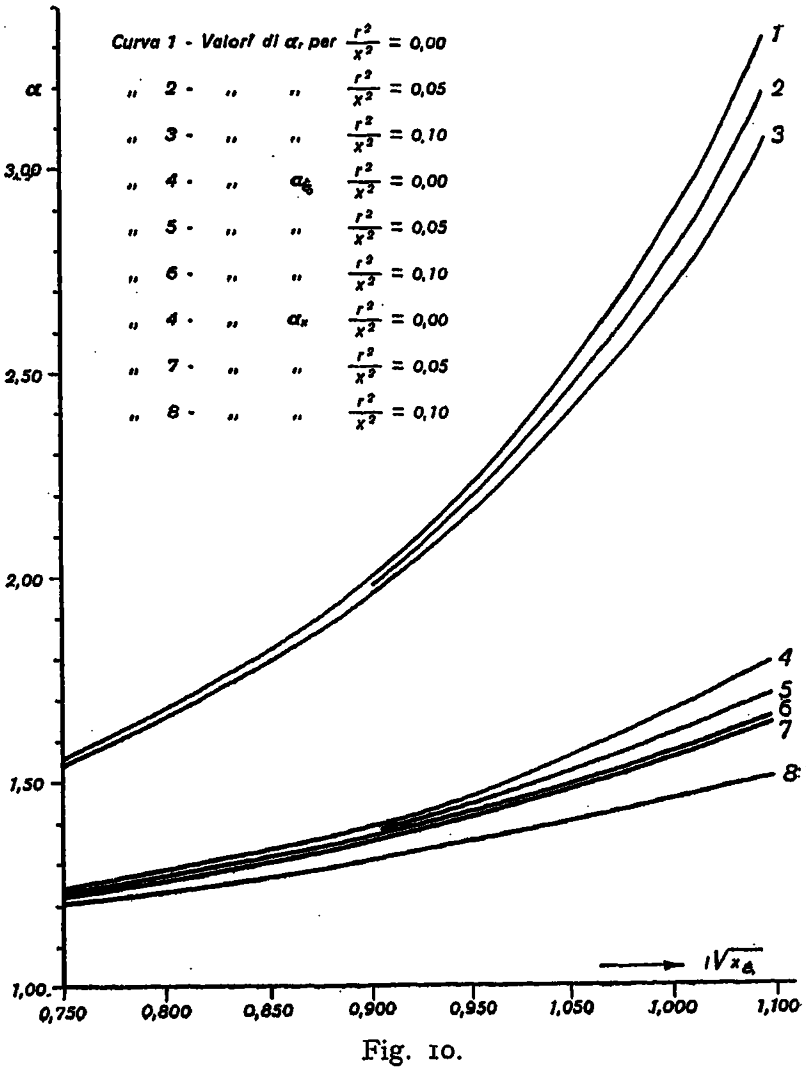



Fig. 10.

Praticamente si assume un valore iniziale approssimato

$$\sqrt{x\xi} = 0{,}0025 \qquad \text{e} \qquad \left(\frac{r}{x}\right)^2 = 0{,}05$$

che mediamente si avvicina a quello reale delle solite linee di trasmissione. Poi in base ai diagrammi delle figg. 9 e 10 per

$$l_1\sqrt{x\xi} = l_1 \times 0{,}0025 \qquad \text{e} \qquad \left(\frac{r}{x}\right)^2 = 0{,}05$$

Per linee lunghe (100 ÷ 300) km è bene quindi riportarsi nuovamente alle equazioni generali (1) che danno le relazioni possibili tra le grandezze misurabili e la distanza incognita $l_1$.

Detto $V_m$ e $I_m$ la tensione e la corrente al posto di misura e $V_F$ e $I_F$ la tensione e la corrente al punto ove succede il guasto (fig. 13) si ponga

$$3 = \sqrt{\frac{r + jx}{j\xi}} \qquad \text{e} \qquad \nu = \sqrt{(r + jx)\,j\xi}$$

(si considera al solito $\rho = 0$),

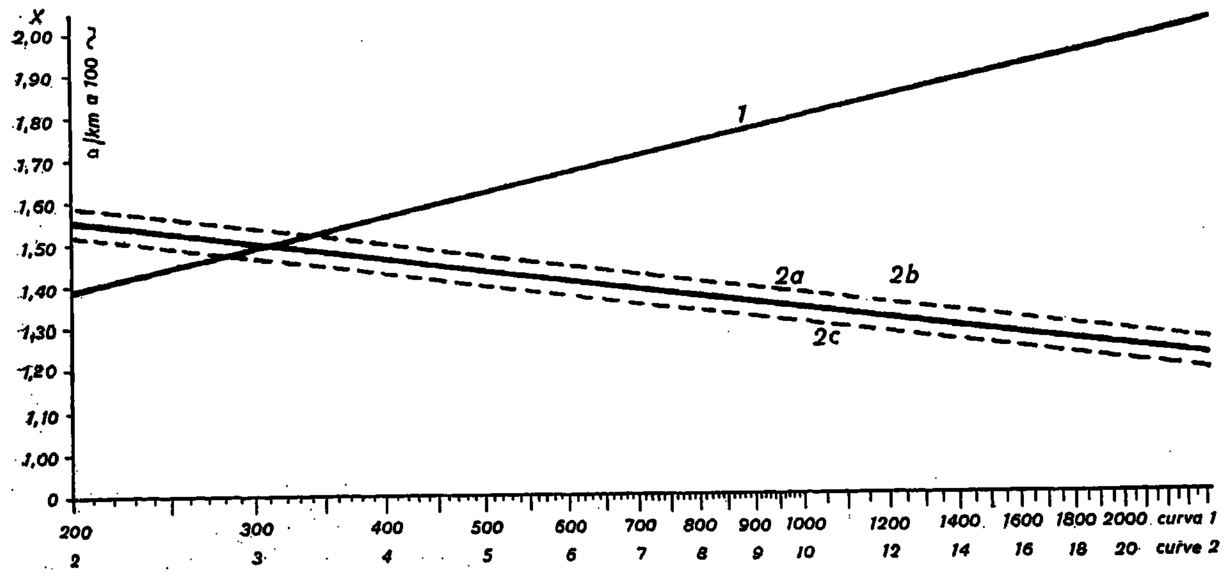



Fig. 11. - Diagrammi dei valori di $x$ in funzione del rapporto $\dfrac{\text{distanza condutt.}}{\text{raggio condutt.}}$ (curva 1) e del raggio conduttori in mm (curve 2a per resistenza grande del terreno, 2b per resistenza normale, 2c per resistenza piccola).

Diminuzioni reattanze rispetto ai valori indicati dai diagrammi per
conduttori acciaio-Al: curva 1, 0,04 Ω/km e curva 2, 0,02 Ω/km
» cavi : » 0,06 » » 0,04 »

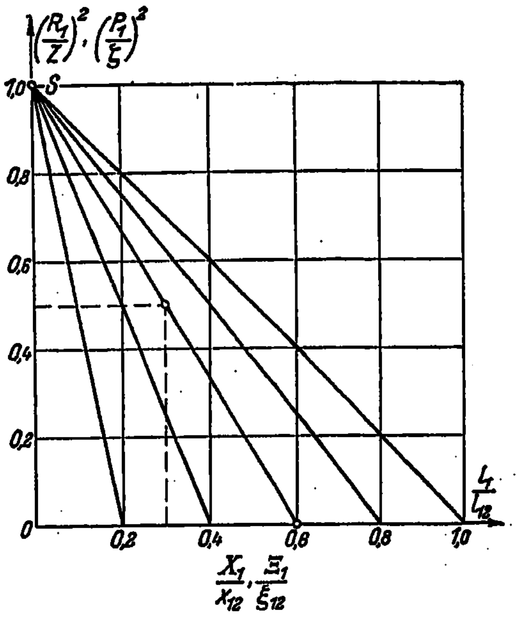



Fig. 12.

si determinano dei valori più approssimati di $\alpha_x$, $\alpha_r$, $\alpha_\xi$ e con essi si calcola $r$, $\xi$ e $x$ colle [7] e [8] e successivamente i valori di

$$l_1\sqrt{x\xi} \qquad \text{e} \qquad \left(\frac{r}{x}\right)^2 \qquad [9]$$

Coi diagrammi delle figg. 9 e 10 si determinano allora dei valori maggiormente approssimati di $\alpha_x$, $\alpha_r$ e $\alpha_\xi$ e si procede come sopra per successive approssimazioni finchè i valori di $\alpha$, $\xi$ e $r$ soddisfano la posizione che si è fatta per le le grandezze [9].

Per avere $\alpha'_r$ e $\alpha'_x$ si procede nello stesso modo. Anche qui nel diagramma (fig. 11) a mezzo della curva *I* sono già preventivamente riportati dei valori approssimati di $x$ in funzione di d/r, dove d è la distanza dei conduttori e r il loro raggio.

Si ha inoltre direttamente

$$\xi' = 2\xi$$

Con questi valori si calcola il valore approssimato di $\sqrt{x' s'}$ e si pone mediamente $(r/x)^2 = 0{,}035$ che è un valore iniziale corrente comune a linee ad alta tensione.

Poi, come nei casi precedenti, coi diagrammi delle figg. 9 e 10 si determinano i valori provvisori di $\alpha'_r$ e $\alpha'_x$ e quindi di $r'$ e $x'$.

Noti $r'$ ed $x'$ si ricavano quelli più approssimati di $\sqrt{x'\xi'}$ e $(r'/x')^2$ e si determinano finalmente i valori corretti di $\alpha'_r$ e $\alpha'_x$.

Se la correzione non si ritiene sufficiente si procede nel modo citato per successive approssimazioni.

*D*) Diagrammi per la determinazione di $l_1$.

La relazione che lega il valore di $l_1$ con le caratteristiche della linea, è complessa ed implicita. In altre parole, le equazioni [5] e [6] non sono tali da permettere di stabilire direttamente $l_1$ in funzione delle grandezze misurate.

Perciò il Dott. Poleck ha girato la difficoltà calcolando per delle lunghezze $l_1$ determinate (per esempio per $l_1$ = 10 km, $l_1$ = 20 km, ecc.) un diagramma costituito da un fascio di rette (fig. 12) in cui le ascisse sono le componenti reattive ($X$ e $\Xi$), e le ordinate le componenti attive ($R$ e $P$).

Data quindi una serie di letture su una linea in esame si può determinare il valore di $l_1$ segnando sul diagramma corrispondente il punto determinato da queste letture. Se, ad esempio, tale punto si trovasse tra la retta che corrisponde a $l_1 = 0{,}2 . l_{12}$ e $l_1 = 0{,}4 . l_{12}$, a mezzo di interpolazione lineare si può senz'altro deteminare con esattezza ove risiede il guasto.

Le equazioni [5] e [6] valgono però solo per $l_{12}$ assai piccolo (20 km al massimo). Altrimenti le semplificazioni introdotte porterebbero una approssimazione troppo grossolana.

si ha allora

$$V_m = V_F \cosh(\nu\, l_1) + I_F\, 3 \operatorname{senh}(\nu\, l_1) \quad [10]$$

$$I_m = \frac{V_m}{3} \operatorname{senh}(\nu\, l_1) + I_F \cosh(\nu\, l_1) \quad [11]$$

$$I_F = V_F\, \Gamma \text{ dove } \Gamma = P_2 + j\Xi_2 + A_1 \quad [12]$$

Dopo di che conviene considerare separatamente i vari casi che possono presentarsi per un guasto in linea.

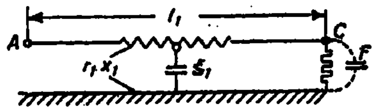



Fig. 13.

*Caso $A_1$: Guasto con rottura di conduttore.*

Se è $W_1 < z$, ossia quando si impiegano le misure $X$ e $R$, attraverso semplici trasformazioni matematiche delle precedenti equazioni, risulta

$$R_1\,(R_1 - r_{1k}) + X_1\left(X_1 - c\,x_1 + \frac{1}{\xi_1}\right) = \frac{c\,X_1}{\xi_1} \qquad [13]$$

che è l'equazione di un circolo il cui centro, in un sistema di coordinate cartesiane con ascisse le componenti attive e con ordinate le componenti reattive, ha le coordinate seguenti

$$-\frac{1}{2}\left(\frac{1}{\xi_1} - c\,x_1\right) \qquad \text{e} \qquad \frac{1}{2}\,r_{1k} \qquad \text{(v. fig. 14)}$$

Inoltre il cerchio passa per i punti di coordinate $x_1$, $r_1$ e o, $R_{10}$, essendo $R_{10} = z_1 + 1/2\ r_{1k} + 1/8\ r_{1k}^2/z_1$ dove $z_1 = \sqrt{x_1/\xi_1}$ e $c$ è un coefficiente correttivo che ha l'espressione

$$c = 1 + p\,(1 + p)\,(r_1/x_1)^2.$$

Il coefficiente $p$ può essere ricavato direttamente dai diagrammi della fig. 9.

Inoltre $r_{1k}$ è dato da $r_{1k} = l_1\,\alpha_{rk}\,r_{12}$ dove $\alpha_{rk} = \alpha_\xi\,(1 + (r_1/x_1)^2\,p^2)$.

Questo fattore di correzione $\alpha_{rk}$, come pure quelli $c$ e $p$, tengono conto della variazione delle caratteristiche di una linea col variare della sua lunghezza.

Quindi il cerchio è determinato e si può eseguire tale operazione per $l_1$ = 10 km, $l_1$ = 20 km ecc. fino ad avere $l_1 = l_{12}$.

*Caso $A_2$: Guasto con rottura di conduttore.*

Se è $W_1 > z$, ossia quando si misura $P$ e $\Xi$, sempre attraverso semplici operazioni si ha

(1) V. H. Poleck: *Sonderdruck aus Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens Konzern.* IX Volume, 1° fasc., pag. 302 e seguenti.

$$P_1 (P_1 - c\zeta_1^2 r_{1k}) + \Xi_1 \left(\Xi_1 - c\,\xi_1 + \frac{1}{x_1}\right) = \frac{c\,\zeta_1}{x_1} \qquad [14]$$

che è pure la equazione di un cerchio il cui centro ha, riferito alle ordinate cartesiane nominate al caso $A$, le coordinate

$$-\frac{1}{2}\left(\frac{1}{x_1} - c\,\xi_1\right) \quad \text{e} \quad -\frac{1}{2}\,\zeta_1^2 r_{1k} \qquad \text{(v. fig. 15)}$$

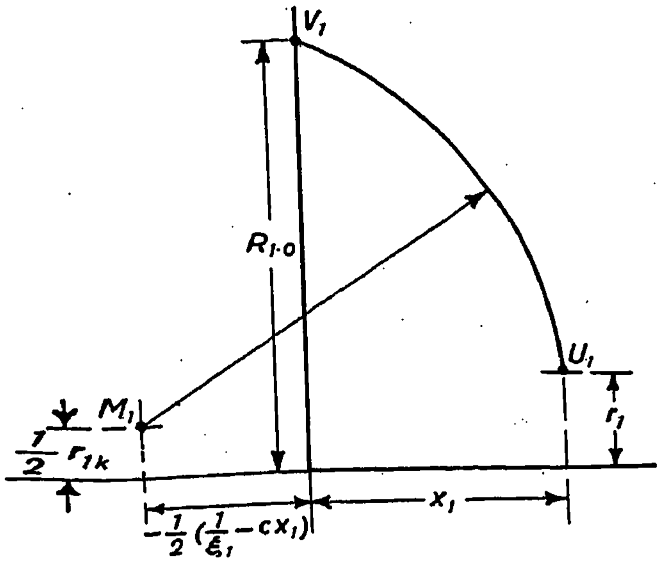



Fig. 14.

e che passa per i punti di coordinate $\xi_1$, o e o, $P_{10}$ dove

$$P_{10} = \zeta_1 - \frac{1}{2}\,r_{1k}\,\zeta_1^2 + \frac{1}{8}\,r_{1k}^2\,\zeta_1^2 \quad \text{e} \quad \zeta_1 = \sqrt{\frac{\xi_1}{x_1}}$$

e $c$ e $\alpha_{rk}$ sono coefficienti che hanno il valore già citato.

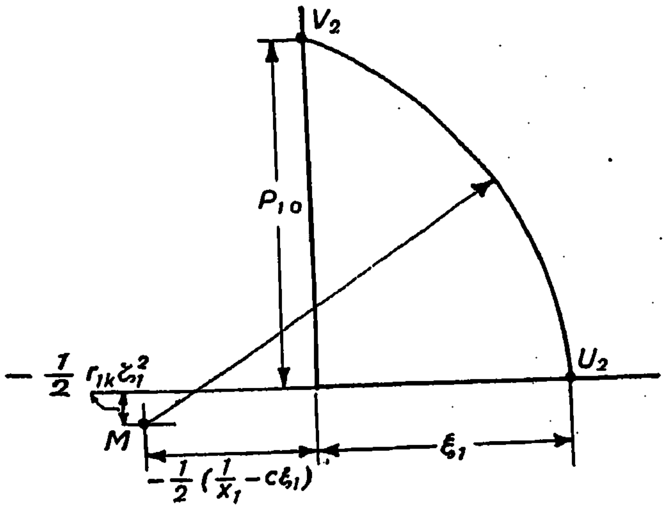



Fig. 15.

Quindi anche questo cerchio è determinato e si può eseguire tale operazione per $l_1 = 10$ km, $l_1 = 20$ km ecc. fino ad avere $l_1 = l_{12}$.

*Caso B) – Senza rotture di conduttore e con resistenza finale di compensazione.*

Se fosse possibile una compensazione ideale del tratto di linea dal punto ove succede il guasto fino all'estremo opposto a quello dove si eseguiscono le misure, si avrebbe che la parte a valle del guasto non presenterebbe che caratteristiche attive e pertanto si ricadrebbe nel caso $A$, salvo tener conto della resistenza aggiunta. Siccome però la resistenza di compensazione è fissata praticamente una volta per tutte ed è relativa all'intera tratta $l_{12}$ e non a quella incognita $l_2$, interviene pertanto un errore sistematico $j\delta$ nel valore delle misure reattive (1).

(1) Il caso di conduttore intatto è stato trattato in modo differente dall'Ing. Angelini. Senza inserire alcuna resistenza finale di compensazione, si possono determinare analiticamente due fasci di curve nel sistema già citato di assi cartesiani in cui, al solito, ciascuna curva corrisponde ad un determinato valore di $Z_1$.
Il fascio di curve che ha per ascisse i valori di $X$ e per ordinate quelli di $R$ serve per il caso in cui la resistenza $W_1$ è minore di $z$. L'altro fascio che ha per ascisse i valori $\Xi$ e per ordinate i valori di $P$, serve per il caso che $W_1$ è minore di $z$. Le curve appartenenti a questi fasci sono dei cerchi di cui si possono calcolare analiticamente le coordinate del centro e quelle di due punti del cerchio che delimitano l'arco utile agli effetti delle ricerche.

Anche qui con passaggi puramente matematici, per un dato valore di $l_1$ si ottiene in definitiva una relazione generale che è la seguente:

$$(R_{12} - r_{1k})\left(R_{12} - r_{1k}\frac{\delta}{\xi_1 + \delta}\right) = (cx_1 - X_{12})\left(\frac{1}{\xi_1 + \delta} + X_{12} - cx_1\,\frac{\delta}{\xi_1 + \delta}\right)$$

Questa si può trasformare nella equazione di un cerchio il cui centro ha le coordinate:

$$-\frac{1}{2}\left(cx_1 + \frac{1}{\xi_1}\right)\frac{\xi_1}{\xi_1 + \delta} \quad \text{e} \quad -\frac{1}{2}\,r_{1k}\,\frac{\xi_1}{\xi_1 + \delta} \qquad \text{(v. figg. 16 e 17)}$$

Tale centro non è quindi determinato perchè rimane il valore $\delta$ che è incognito. Si può però dimostrare che detto centro giace su una retta passante per i punti di coordinate $x_1$, $r_1$ e $-1/2\,(1/\xi_1 - cx_1)$ e $r_{1k}/2$.

Inoltre due punti del cerchio sono quelli di coordinate $x_1$, $r_1$ e o, $R_{12,0}$

dove
$$R_{12,0} = z_{12} + \frac{1}{2}\,r_{12k} + \frac{1}{8}\,r_{12k}^2\,\zeta_{12}$$

e
$$z_{12} = \sqrt{\frac{x_{12}}{\xi_{12}}} \quad \text{e} \quad \zeta_{12} = \sqrt{\frac{\xi_{12}}{x_{12}}}$$

I coefficienti correttivi, $c$, $p$, $\alpha$ hanno i valori già menzionati.

Avendosi quindi due punti del cerchio e la retta ove giace il suo centro, esso è senz'altro determinato. Si eseguisce allora tale operazione per $l_1 = 10$ km, $l_1 = 20$ km ecc. fino ad avere $l_1 = l_{12}$.

Riassumiamo in uno specchio le grandezze che determinano i diagrammi circolari da calcolarsi per

$l_1 = 10$ km, $l_1 = 20$ km, $l_1 = 30$ km ecc.

| Curva | Misure di | Coordinate del centro del circolo | Coordinate di 2 punti del circolo | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | $R$ e $X$ | $-\frac{1}{2}\left(\frac{1}{\xi_1} - cx_1\right)$, $\frac{r_{1k}}{2}$ | $x_1$, $r_1$ | o, $R_{10}$ |
| 2 | $P$ e $\Xi$ | $-\frac{1}{2}\left(\frac{1}{x_1} - c\xi_1\right)$, $-\frac{r_{1k}}{2}\zeta_1^2$ | $\xi_1$, o | o, $P_{10}$ |
| 3 | $R$ e $X$ (colla estremità $B$ della linea compensata) | Il centro è allineato coi punti di coordinate $x_1$, $r_1$ — $-\frac{1}{2}\left(\frac{1}{\xi_1} - cx_1\right)$, $\frac{r_{1k}}{2}$ | $x_1$, $r_1$ | o, $R_{120}$ |

dove
$$c = 1 + p\,(1 + p)\,(r/x)^2$$
$$R_{1,0} = z_1 + 1/2\; r_{1k} + 1/8\; r_{1k}^2\; \zeta_1$$
$$R_{12,0} = z_{12} + 1/2\; r_{12k} + 1/8\; r_{12k}^2\; \zeta_{12}$$
$$P_{1,0} = \zeta_1 - 1/2\; r_{1k}\,\zeta_1^2 + 1/8\; r_{1k}^2\,\zeta_1^2.$$

Va però notato che il primo fascio di curve $f\,(X, R)$ si svolge parzialmente anche nel quadrante delle $X$ negative. Siccome col ponte induttivo dell'apparecchio non è possibile misurare delle reattanze negative, bisogna mettere in serie sulla fase in esame e allo stesso estremo ove si eseguiscono le misure, una reattanza complementare $X_s$. Questa reattanza corrisponde numericamente alla suscettanza della intera conduttanza isolata. In tal modo si leggeranno sempre dei valori positivi di $X$ a cui andrà sottratto il valore noto $X_s$. Il risultato numerico che si ottiene (positivo o negativo a seconda dei casi) serve per determinare il punto funzione di $X$ e $R$ nel corrispondente diagramma. Si ha così il vantaggio di non dover compensare la linea con una resistenza messa all'estremo opposto a quello ove si eseguiscono le misure. Però bisogna determinare per altra via se la linea è continua o interrotta per poter usare in ogni caso l'opportuno diagramma.

*Caso C – Corto circuito metallico fra due fasi senza contatto a terra.*

Per la identificazione di tale tipo di guasto basta la conoscenza del valore della reattanza misurata fase contro fase, ossia inserendo l'apparecchio su una fase e mettendo a terra l'altra fase all'estremo dove si stanno eseguendo le misure.

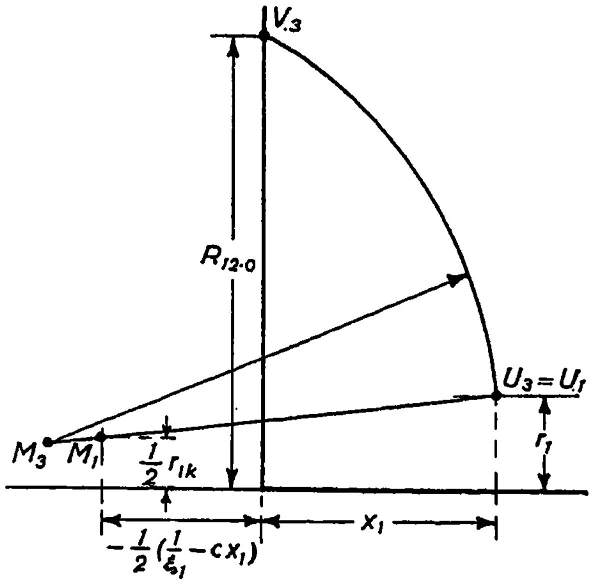



Fig. 16.

Perciò conviene preparare un nomogramma dove in base al valore di $X$, o di $\Xi$ si ha senz'altro il valore di $l_1$.

Per determinare questo nomogramma si calcoleranno quindi i valori di $l_1 \sqrt{x^1 \xi^1}$ e di $(r'/x_1)^2$ col metodo già precedentemente esposto. Questi valori servono per determinare $\alpha^1_r$, $\alpha^1_x$ e quindi $l_1 \alpha^1_r r^1$ e $l_1 \alpha^1_x x_1$, coi quali si determineranno i valori cercati, per $l_1$ crescente da o al valore massimo $l_{12}$; così il nomogramma è determinato.

AVVERTENZE PER IL CASO DI TRONCHI SUCCESSIVI A DIFFERENTI CARATTERISTICHE.

Se la linea è costituita da più tronchi successivi di caratteristiche differenti, bisogna opportunamente tener conto di tale anomalia (fig. 18).

Sia ad esempio (1) la linea $AC$ in esame e siano i tronchi $AB$ e $BC$ di caratteristiche differenti.

Fig. 18.

Allora per il tronco $AB$ si preparano i diagrammi in base alle caratteristiche del tronco $AB$. Lo stesso dicasi per il punto $B$. Per il punto $C$ si calcolano i diagrammi colle caratteristiche risultanti dalle misure fatte in $A$ per tutto il tronco $AC$. Per i punti intermedi tra $B$ e $C$ si valutano le caratteristiche in funzione ad una interpolazione lineare tra quelle di $B$ e quelle di $C$.

CORREZIONI DA INTRODURSI PER SQUILIBRI NELLE LINEE.

Solitamente nelle linee elettriche di notevole sviluppo si prevedono delle rotazioni di fase ogni (30 ÷ 40) km, tali da far sì che i tre conduttori della terna siano nel loro complesso ugualmente soggetti a fenomeni di induzione di linee parallele e che la capacitanza di ciascun filo rimanga simmetrica. È bene notare a tale proposito, che mentre i valori di $r$ ed $x$ dipendono solo dal diametro e dalla natura del conduttore (2), il valore di $\xi$ dipende anche dalla distanza del conduttore dal suolo e dalla presenza o no dei fili di terra. Lo stesso dicasi del valore di $x^1_1$ misurato nel caso di corto circuito tra fase e fase senza contatto a terra.

Se le misure eseguite preventivamente sulle linee una volta per sempre mostrano delle differenze trascurabili, allora non occorreranno avvertenze speciali. In caso contrario sarà bene introdurre dei fattori correttivi.

Noti i valori

$r_{12}$, $x_{12}$, $r'_{12}$ identici per le fasi $R$, $S$, $T$

e $\xi_{12R}$, per la fase $R$ $X'_{12RS}$ per le fasi $R,S$

$\xi_{12S}$ » » » $S$ $X'_{12ST}$ » » » $S,T$

$\xi_{12T}$ » » » $T$ $X'_{12RT}$ » » » $R,T$

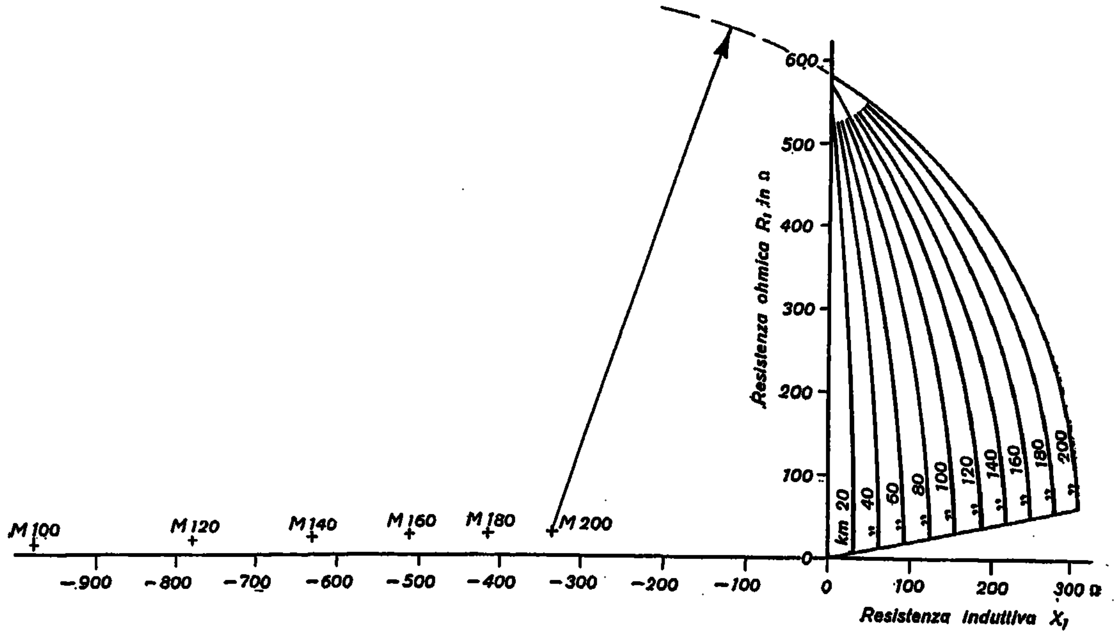



Fig. 17.

si calcolano i valori medi di $\xi_{12}$ e $X'_{12}$ ed in base ad essi si determinano i valori delle caratteristiche chilometriche della linea.

Siano questi, ad esempio, tali che risulti

$$\xi_R > \xi_S > \xi_T \qquad \text{e} \qquad X^1_{RS} > X^1_{ST} > X^1_{TR}$$

Allora i diagrammi $A_1$, $A_2$ e $B$ si calcoleranno impiegando i valori relativi alla fase $S$ e quello $C$ impiegando il valore di $X^1_{ST}$. Questi diagrammi $A_1$, $A_2$ e $B$ serviranno quindi senz'altro per la fase $S$ e quello $C$ per le fasi $T$ e $R$. Invece le letture fatte sulle altre fasi devono essere debitamente corrette.

Posto

$$Z_R = \sqrt{\frac{x}{\xi_T}} \quad Z_T = \sqrt{\frac{x}{\xi_T}} \quad Z_S = \sqrt{\frac{x}{\xi_S}} \quad \text{e} \quad r_{12k} = l_{12}\, \alpha_{rk}\, r$$

si hanno i fattori di correzione per i valori della

resistenza attiva .......... $(1 + dR_R) = \left(1 + \frac{Z_S - Z_R}{Z_R + 1/2\, r_{12k}}\right)$

» » .......... $(1 + dR_T) = \left(1 + \frac{Z_S - Z_T}{Z_T + 1/2\, r_{12k}}\right)$

conduttanza .............. $(1 + dP_R) = \left(1 + \frac{Z_R - Z_S}{Z_S + 1/2\, r_{12k}}\right)$

» .............. $(1 + dP_T) = \left(1 + \frac{Z_T - Z_S}{Z_S + 1/2\, r_{12k}}\right)$

suscettanza .............. $(1 + d\Xi_R) = \left(1 + \frac{\xi_S - \xi_R}{\xi_R}\right)$

» .............. $(1 + d\Xi_T) = \left(1 + \frac{\xi_S - \xi_T}{\xi_T}\right)$

reattanza tra fase e fase .. $(1 + dX^1_{RS}) = \left(1 + \frac{X^1_{ST} - X^1_{RS}}{X^1_{RS}}\right)$

» » » » » .. $(1 + dX^1_{TR}) = \left(1 + \frac{X^1_{ST} - X^1_{TR}}{X^1_{TR}}\right)$

INFLUENZA DELLE CONDIZIONI METEREOLOGICHE SULLE COSTANTI DI LINEA.

L'influenza delle condizioni metereologiche è solitamente trascurabile.

Se ne può tuttavia tener conto col calcolare preventivamente dei fattori correttivi. Basta misurare le caratteristiche della linea in esame in varie stagioni e con condizioni metereologiche differenti e tener conto degli scarti per il calcolo dei coefficienti correttivi come nel caso esposto.

ING. GIUSEPPE ROMAGNOLI MOSCA.

---

(1) Istruzioni fornite dalla Siemens-Halske.

(2) RUDENBERG: *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik*. Vol. 5, 1925, pag. 361 e MAYR: *ETZ*, pag. 1352 e 1436.

# Atti Ufficiali

## della Federazione Nazionale Fascista dei Gruppi Regionali Imprese Elettriche (FENAGRIEL)

### Verbale dell'Assemblea Generale Ordinaria tenuta a Roma il 12 febbraio 1932-X

La riunione ha avuto luogo in Roma, presso la sede della Federazione, il 12 febbraio 1932-X, alle ore 17.
Sono presenti o rappresentati i seguenti Sigg. Delegati dei Gruppi Regionali:

*Gruppo Regionale Imprese Elettriche del Piemonte*: Ponti On. Prof. Ing. Gian Giacomo; Chiesa On. Comm. Ing. P. Terenzio; Lombroso Ing. Giorgio; Pernigotti Ing. Giacomo; De Biasi Ing. Vittorino.

*Gruppo Regionale Imprese Elettriche della Lombardia*: Chiesa On. Comm. Ing. P. Terenzio; Coltri Ing. Comm. Carlo; Banfi Ing. Comm. Enrico; Denti Ing. Comm. Eugenio; Castelli Ing. Cav. Guglielmo; Broggi Ing. Cav. Uff. Silvio.

*Gruppo Imprese Elettriche Veneto-Adriatiche*: Gaggia Ing. Gr. Uff. Achille; Gaggia Ing. Luigi; Rossi Ing. Comm. Antonio. Modè Ing. Gaetano; Goldbacher Ing. Cav. Uff. Alberto; Salce Ing. Comm. Luciano; Braga Dott. Piero.

*Gruppo Ligure Imprese Elettriche*: Balsamo Ing. Comm. Natale; Nordio Avv. Federico; Buffa Gr. Uff. Mario; Pernigotti Ing. Giacomo; Orlando Ing. Salvatore; Ferraris Rag. Tomaso.

*Gruppo Imprese Elettriche Toscane*: Prinetti Ing. Ignazio; Salvini Comm. Ing. Giuseppe; Banti Ing. Comm. Giovacchino; Melinossi Ing. Giuseppe; Bianchi Ing. Mario.

*Gruppo Imprese Elettriche dell'Italia Centrale*: Biagini Comm. Ing. Augusto; Cerrato Ing. Giovanni Maria; Colombo Ing. Attilio; Fascetti Ing. Giulio; Gay On. Silvio; Rinaldi Comm. Rag. Ernesto.

*Gruppo Imprese Elettriche Meridionali-Tirrene*: Cenzato Comm. Ing. Giuseppe; Brun Ing. Stefano.

*Gruppo Regionale Imprese Elettriche delle Puglie*: Battaglia Ing. Mario; Chieco Comm. Rodolfo; Ascoli Cav. Ing. Mario; Lucifero Ing. Carlo; Alloisio Ing. Eugenio; Fago Rag. Cav. Domenico;

*Gruppo Regionale Imprese Elettriche Calabresi*: Maglione Ing. Girolamo; Valery Ing. Nicola; Bombini Dott. Franco; Bisogni Ing. Giacinto; De Falco Dott. Giacinto.

*Gruppo Regionale Imprese Elettriche della Sicilia*: Fusco On. Gr. Uff. Ing. Francesco; Patanè Ing. Giuseppe; Di Giunta Cav. Pietro.

*Gruppo Regionale Imprese Elettriche della Sardegna*: Dolcetta Gr. Uff. Ing. Giulio; Silva Ing. Silvio; Brotzu Ing. Giovanni.

Sono inoltre presenti il Revisore dei Conti Gr. Uff. Ing. Alessandro Taccani e l'Ing. Gustavo Palestrino, intervenuto per invito del Presidente.

In assenza del Presidente On. Motta, indisposto, assume la Presidenza il Vice-Presidente Ing. Gaggia, il quale, constatato che degli 85 delegati complessivamente spettanti ai 12 Gruppi e da questi designati, sono presenti o rappresentati 54 Delegati, cioè più della metà richiesta dall'art. 16 dello Statuto, dichiara valida l'Assemblea in prima convocazione e invita il Segretario a dare lettura della seguente

#### RELAZIONE DEL CONSIGLIO DIRETTIVO

Ai primi giorni del decorso mese di ottobre, dopo una lunga e dolorosa malattia sopportata con grande stoicismo e con la serenità dei forti, cessava di vivere il nostro collega Ing. Guido Leone Fano.

Il Consiglio della FENAGRIEL che, fin dalla sua costituzione lo ebbe tra i suoi membri più autorevoli e gli affidò anzi la carica di Revisore dei conti, nella prima assemblea dopo la di lui dipartita vuole ricordarlo ai colleghi tutti ed inviare a lui un pensiero riconoscente ed affettuoso.

I) ORGANIZZAZIONE.

Nel decorso esercizio 1930-1931 la Federazione ha rivolto particolare cura all'aggiornamento dello schedario delle ditte inquadrate dai Gruppi Regionali, aggiornamento reso in special modo necessario dalla trasformazione, fusione e cessazione di numerose ditte.

La diligente tenuta dello schedario delle aziende inquadrate riveste carattere di notevole importanza in quanto la perfetta conoscenza delle ditte, del numero dei loro dipendenti e, sopratutto, delle norme contrattuali che regolano i rapporti tra datori e prestatori d'opera, è la base essenziale per ogni proficua azione della Federazione stessa.

Il prospetto che segue indica la ripartizione nei diversi Gruppi Regionali delle ditte inquadrate, nonchè dei loro dipendenti, distinti in dirigenti, impiegati e operai, alla data del 1° luglio 1931:

| GRUPPI | Ditte inquadrate | Dipendenti | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Dirigenti | Impiegati | Operai | Totale |
| Piemontese | 49 | 35 | 881 | 2.046 | 2.962 |
| Lombardo | 144 | 206 | 2.197 | 5.940 | 8.343 |
| Veneto ... | 84 | 97 | 1.192 | 2.994 | 4.283 |
| Ligure ... | 38 | 52 | 627 | 1.563 | 2.242 |
| Toscano .. | 35 | 40 | 607 | 1.787 | 2.434 |
| Marche ... | 39 | 17 | 204 | 736 | 957 |
| Italia Cen. | 83 | 84 | 907 | 2.867 | 3.858 |
| Meridionale | 150 | 112 | 924 | 2.380 | 3.416 |
| Pugliese .. | 46 | 34 | 348 | 1.006 | 1.388 |
| Calabrese . | 84 | 43 | 194 | 778 | 1.015 |
| Sicilia .... | 111 | 52 | 656 | 1.888 | 2.596 |
| Sardegna . | 72 | 9 | 33 | 442 | 484 |
| Totali .. | 935 | 781 | 8.770 | 24.427 | 33.978 |

II) ATTIVITÀ CONTRATTUALE.

A) *Contratti stipulati o trattati.*

Numerosi e di notevole importanza, in considerazione delle Società alle quali si applicano, sono i contratti collettivi di lavoro per i quali si sono svolte trattative nello scorso anno. Alcuni di questi contratti hanno richiesto laboriose e delicate trattative che non sempre si poterono conchiudere tra le associazioni di primo e di secondo grado, e si dovettero continuare in sede Confederale.

Nell'anno 1931 sono stati stipulati i seguenti contratti collettivi di lavoro:

Dalla *Confederazione Generale Fascista dell'Industria*:

1) Il contratto per gli operai della Società « Terni ».
2) Il contratto per gli impiegati della Soc. Gen. Elettrica della Sicilia.
3) Il contratto per gli operai della Società Gen. Elettrica della Sicilia.

Sono invece stati definiti direttamente dai Gruppi i seguenti contratti:

Dal *Gruppo Imprese Elettriche Veneto-Adriatiche*:

Il contratto per gli impiegati delle aziende elettriche minori.

Il contratto per gli operai delle aziende elettriche minori.

Con questi contratti sono stati regolati i rapporti di lavoro di 70 impiegati e 231 operai appartenenti a 13 aziende che, per la loro modesta entità, non erano state incluse nel contratto per le aziende maggiori.

Dal *Gruppo Ligure Imprese Elettriche*:

Il contratto per gli impiegati della CIELI.

Il contratto per gli impiegati della OEG.

Questi due contratti sostituiscono quelli del 1927 che, pur essendo di fatto applicati, non potevano ritenersi perfetti perchè non ratificati dalla superiore Confederazione.

Dal *Gruppo Regionale Imprese Elettriche Toscane*:

Il contratto per gli impiegati della Soc. Forze Idrauliche dell'Appennino Centrale di Pistoia.

Il contratto per gli operai della Soc. Forze Idrauliche dell'Appennino Centrale di Pistoia.

Dal *Gruppo Imprese Elettriche dell'Italia Centrale*:

Il contratto per gli impiegati della Soc. Elettricità e Gas di Roma.

Il contratto per gli operai della Soc. Elettricità e Gas di Roma.

Nello scorso mese di ottobre vennero iniziate le trattative per la stipulazione dei contratti riguardanti 25 Società, alcune delle quali, pur avendo la prevalenza degli impianti nella circoscrizione del Gruppo Lombardo, hanno impianti anche nella circoscrizione di altri Gruppi (Piemontese, Ligure, Veneto).

A rappresentare queste ultime è, come di consueto, intervenuta la nostra Federazione.

Tra le 25 Società di cui sopra sono comprese le maggiori aziende produttrici e distributrici di energia elettrica, come si rileva dal numero dei dipendenti i cui rapporti di lavoro andranno ad essere regolati con tali contratti:

| | | |
|---|---|---|
| Impiegati ..... | N. | 1.934 |
| Operai ........ | » | 5.028 |

Iniziate, come detto, nello scorso ottobre le trattative per questi contratti, nel laborioso corso delle discussioni vennero definite e risolte numerose clausole, ma non fu possibile raggiungere il completo accordo. Per questo venne deferita la risoluzione delle clausole controverse in sede Confederale, ove nello scorcio del mese di gennaio ebbero luogo riunioni per la loro risoluzione.

B) *Contratti pubblicati.*

Nel 1931 sono stati pubblicati i seguenti contratti collettivi:

per gli impiegati della Soc. Forze Idrauliche dell'Appennino Centrale Pistoia;

per gli operai della Soc. Forze Idrauliche dell'Appennino Centrale Pistoia;

per gli impiegati della Unione Esercizi Elettrici e Consociate (Compartim. Marche e Abruzzo);

per gli operai della Unione Esercizi Elettrici, ecc.

per gli operai della Soc. Mediterranea di Elettricità, Roma.

III) Situazione contrattuale in atto.

Al 31 dicembre 1931 risulta pertanto che vi sono:

42 Società provviste di contratti collettivi per gli impiegati, non pubblicati, ma regolarmente applicati;

33 Società provviste di contratti collettivi per gli impiegati, regolarmente pubblicati;

52 Società provviste di contratti collettivi per gli operai, non pubblicati, ma regolarmente applicati;

35 Società provviste di contratti collettivi per gli operai regolarmente pubblicati.

Si chiarisce che la mancata pubblicazione è solo dipesa dallo svolgimento delle pratiche per le ratifiche da parte delle due Confederazioni interessate.

Il prospetto che segue indica la ripartizione nei Gruppi Regionali delle Società fornite di contratti collettivi.

| Gruppo | Contratti collettivi per gli impiegati | | Contratti collettivi per gli operai | |
|---|---|---|---|---|
| | non pubblicati | pubblicati | non pubblicati | pubblicati |
| Piemontese .. | 6 | — | 6 | — |
| Lombardo .... | 7 | — | 15 | — |
| Veneto ...... | 13 | 20 | 13 | 20 |
| Ligure ...... | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Toscano ..... | — | 4 | — | 4 |
| Marche ...... | — | 1 | — | 1 |
| Italia Centrale | 2 | 2 | 4 | 3 |
| Meridionale .. | 3 | 4 | 3 | 4 |
| Pugliese ..... | — | 1 | — | 1 |
| Calabrese .... | 4 | — | 4 | — |
| Sicilia ...... | 5 | — | 5 | — |
| Sardegna ..... | — | — | — | 1 |
| Totali ..... | 42 | 33 | 52 | 35 |

Il numero dei dipendenti regolati da tali contratti è indicato dai prospetti seguenti:

Impiegati

| Gruppo | Dipendenti al 1-VII-31 | Regolati da contratto collettivo | | |
|---|---|---|---|---|
| | | non pubblicati | pubblicati | Totale |
| Piemontese .. | 881 | 820 | — | 820 |
| Lombardo .... | 2.197 | 1.532 | — | 1.532 |
| Veneto ...... | 1.192 | 115 | 994 | 1.109 |
| Ligure ...... | 627 | 407 | 11 | 418 |
| Toscano ..... | 607 | 11 | 579 | 590 |
| Marche ...... | 204 | — | 182 | 182 |
| Italia Centrale | 907 | 494 | 232 | 726 |
| Meridionale .. | 924 | 172 | 631 | 803 |
| Pugliese ..... | 348 | 11 | 298 | 309 |
| Calabrese .... | 194 | 106 | 10 | 116 |
| Sicilia ...... | 656 | 509 | — | 509 |
| Sardegna ..... | 33 | — | — | — |
| Totali ...... | 8.770 | 4.177 | 2.937 | 7.114 |

Operai

| Gruppo | Dipendenti al 1-VII-31 | Regolati da contratto collettivo | | |
|---|---|---|---|---|
| | | non pubblicati | pubblicati | Totale |
| Piemontese .. | 2.046 | 1.734 | — | 1.734 |
| Lombardo .... | 5.940 | 3.919 | — | 3.919 |
| Veneto ...... | 2.994 | 338 | 2.179 | 2.517 |
| Ligure ...... | 1.563 | 752 | 38 | 790 |
| Toscano ..... | 1.787 | 54 | 1.617 | 1.671 |
| Marche ...... | 736 | — | 587 | 587 |
| Italia Centrale | 2.867 | 1.023 | 1.342 | 2.365 |
| Meridionale .. | 2.380 | 578 | 1.223 | 1.801 |
| Pugliese ..... | 1.006 | 39 | 780 | 819 |
| Calabrese .... | 778 | 416 | 130 | 546 |
| Sicilia ...... | 1.888 | 1.474 | — | 1.474 |
| Sardegna ..... | 442 | — | 275 | 275 |
| Totali ..... | 24.427 | 10.327 | 8.171 | 18.498 |

Dai prospetti sopra riprodotti si ricava che l'81,11 per cento degli impiegati ed il 75,72 per cento degli operai dipendenti dalle Imprese Elettriche d'Italia risulta regolato da contratti collettivi.

Se poi si tenesse presente che tra gli 8.770 impiegati ed 24.427 operai vi è compreso del personale che per l'esiguità della prestazione che corrisponde (poche ore e spesso pochi minuti di lavoro al giorno) non è assoggettabile ai contratti collettivi di lavoro, le percentuali suddette verrebbero ad essere aumentate.

La relazione del Consiglio, seguita attentamente dagli intervenuti è alla fine approvata all'unanimità.

***

APPROVAZIONE DEL CONTO CONSUNTIVO DELL'ESERCIZIO 1930-31

Il Presidente sottopone quindi all'esame dell'Assemblea il Rendiconto dell'esercizio 1930-1931 ed invita il Tesoriere Economo Ing. Biagini ed il Revisore dei Conti Ing. Taccani a dare lettura dello loro relazioni al Rendiconto in esame.

Effettuate tali letture il Presidente mette ai voti il conto consuntivo dell'esercizio finanziario 1930-1931, che risulta approvato all'unanimità.

Il Presidente comunica quindi ai Signori Delegati che, pur non essendo richiesto dallo Statuto, il Consiglio desidera, come per il passato, sottoporre all'esame dell'Assemblea il bilancio preventivo dell'esercizio 1932-1933 ed invita quindi il Tesoriere Economo a darne lettura. Il preventivo viene senz'altro approvato dall'Assemblea.

***

NOMINA DI DUE REVISORI DEI CONTI

Il Presidente rammenta ai Delegati che, a termini dell'articolo 15 dello Statuto, deve procedersi alla nomina di due Revisori dei conti e propone di nominare il Rag. Ernesto Rinaldi e di riconfermare l'Ing. Alessandro Taccani che tiene a ringraziare, insieme al Tesoriere Economo Ing. Biagini, per l'attività svolta per la Federazione.

L'Assemblea all'unanimità accoglie la proposta del Presidente.

***

Nessun Delegato avendo chiesto la parola e non essendovi altri argomenti all'ordine del giorno, alle ore 15,45 il Presidente dichiara sciolta la seduta.

---

# Note sull'articolo "L'impianto idroelettrico dell'Isarco"

(Parte II. - Rivista del Dicembre 1932 - X)

*Riportiamo la lettera dell'Ing. Rebora del 9 corrente con la quale si chiude la discussione tra gli Ingg. Lutz e Palestrino di cui nella nostra Rivista del febbraio scorso.*

*Milano, 9 marzo 1932-X.*

*Alla Redazione della Rivista «L'Energia Elettrica»*

*MILANO*

Mi sia consentita una osservazione intorno all'argomento trattato dai colleghi Palestrino e Lutz su «L'Energia Elettrica» del febbraio 1932 - X, pag. 165.

Nella bella monografia dell'Ing. Lutz sull'impianto dell'Isarco («L'Energia Elettrica» del dicembre 1931), leggo a pag. 1072:

«Le suddette prescrizioni vennero stabilite partendo dal concetto (che è stato seguito anche nello studio della ripartizione dell'isolamento) che la resistenza dell'isolamento del trasformatore alle sovratensioni debba essere superiore a quello dell'isolamento della linea.»

E più avanti:

«Sarebbe stato desiderabile che anche l'isolamento della linea di trasporto fosse stato tenuto in limiti tali affinchè la tensione alla quale avviene la scarica superficiale all'esterno degli isolatori a sospensione fosse inferiore od almeno non superiore a quella che occorre per provocare la scarica ai passanti dei trasformatori.... ».

Mi permetto osservare che, in generale, un apparecchio od un punto qualunque di un sistema scaricherà non solo secondo le previsioni deducibili dalle prove che su quel dato apparecchio o parte di esso si siano potute eseguire in sede di collaudo, ma — specialmente — in relazione alla sovratensione effettiva che si verificherà proprio in quel punto durante le perturbazioni di esercizio. Purtroppo sino ad oggi i valori e le caratteristiche di questi transitori ci sono ancora poco noti, e non ci è possibile per ora prevedere in ogni caso in quale punto del sistema la esaltazione del transitorio avrà luogo. Quindi prendendo pretesto dalla utile discussione degli Egregi Colleghi mi sono permesso rammentare che la effettiva uniformità o non uniformità di isolamento, secondo che si desidera o l'una o l'altra condizione, non dipendono solo dalle nostre previsioni ma anche e sopratutto dal manifestarsi dei transitori in punti in genere non precisabili. Così può avvenire che in occasione di un transitorio resista un isolatore che alla prova scarica a 50 kV e l'arco si manifesti invece in un punto del sistema il quale richiede per lo stesso effetto 100 kV.

Tale concetto ho ritenuto utile segnalarlo anche durante la discussione avvenuta nell'ultimo Congresso di Perugia della AEI.

Concludo: Ognuno può, in sede di progetto, proporzionare gli isolamenti come meglio crede, ma non si dimentichi che i transitori possono non rispettare la graduatoria che noi abbiamo stabilito.

Colgo l'occasione per inviare agli Egr. Colleghi Palestrino e Lutz i miei cordiali saluti e li ringrazio per avermi dato occasione di interloquire.

Gino Rebora.

# FATTI E TESTIMONIANZE

## Ancora su l'incidenza dell'energia elettrica nelle industrie

*L'incidenza della spesa causata dall'energia elettrica sui singoli bilanci della vita collettiva, continua ad essere cagione di dissensi ed incomprensioni singolarissimi.*

*Taluno ci nega addirittura il diritto di presentare alla considerazione ed alla riflessione degli uomini responsabili la piccolezza di questa incidenza, come argomento valido a dimostrare lo scarso fondamento delle lagnanze che si fanno contro il prezzo dell'energia elettrica.*

*E per combatterci meglio, si prestano a noi idee ed affermazioni mai avute. Ci si contesta, per esempio, con aria scandalizzata, che anche le spese piccole devono essere ridotte, se si vuol diminuire il costo dei prodotti. Ma noi non ci siamo mai sognati di negare questa scoperta lapalissiana. Abbiamo sempre detto e ripetiamo sembrarci lecito e legittimo presumere che maggiore attenzione sia data agli elementi il cui* peso relativo (*ossia l'incidenza*) *è maggiore anzichè a quegli altri che incidono meno.*

*Se nella scala decrescente dell'incidenza, da fattori rappresentabili con una percentuale del* 25 % *si scendesse a fattori rappresentabili via via con percentuali minori* (*per esempio uno che gravi col* 10 %, *un altro col* 7 % *ed infine l'energia elettrica con l'uno per cento*) *non sembrerebbe strano il procedimento di chi dedicasse tempo ed ingegno ed ira a limare l'untorello dell'uno per cento, anzichè prendere di mira i pezzi più pesanti del suo carico? Chi oserebbe consigliare al cacciatore una fucilata al passero anzichè alla lepre, entrambi a tiro?*

*Fuori di celia, una diminuzione pratica del venti per cento di tutti gli elementi costitutivi del costo, mentre determinerebbe nel nostro esempio un ribasso del due per mille solamente, per ciò che dipende dall'energia elettrica, realizzerebbe un minor costo del prodotto di nientemeno che il cinque per cento, quando potesse applicarsi al primo degli elementi elencati.*

*Può sembrare puerile insistere ulteriormente. Tuttavia ci sia accordato notare che la recente diminuzione del tasso di sconto, se si ripercuotesse tale e quale nelle banche, realizzerebbe in molte industrie, che si procurano il capitale circolante mercè operazioni cambiarie, un'economia dello stesso ordine di grandezza dell'incidenza determinata* (*sul costo del prodotto*) *dall'energia elettrica!!*

*E del resto chi non sa che, per esempio, la consuetudine di concedere lo sconto del due per cento a chi paghi per pronta cassa, anzichè differire di tre mesi il pagamento, rappresenta una tale oscillazione sugli incassi, che rispetto alla medesima la spesa dell'energia elettrica incorporata nel prodotto diventa quasi del tutto trascurabile?*

*E quando confrontiamo la spesa per testa o per famiglia della luce elettrica con la corrispondente spesa del tabacco o del vino non pretendiamo già, come alcuni scimuniti vanno blaterando, di criticare o rimproverare chicchessia, nè tanto meno di predicare austerità o parsimonia, funzioni tutte che non spettano a noi, sibbene intendiamo soltanto mostrare che le intemerate e le intimazioni di chi si erige a nostro mentore e tuona contro il caro elettricità potrebbero a rigore di logica sperare frutti più copiosi se avessero per oggetto, anzichè la spesa sopportata per procurarsi un servizio necessario come la luce, alcuni altri titoli di spesa che gravano forse dieci volte tanto per procurare ai cittadini spassi o consumi voluttuarii. Non vorremmo con ciò passare per sognatori. Sappiamo benissimo che non è la ragione a reggere il mondo; ci lasciamo anzi andare a dire sovente che la ragione è un'umile ancella di una coppia ben più possente: il sentimento e la forza. Ma non possiamo neanche ammettere che altri pretenda gabellarci per ragioni delle affermazioni basate sulla presunzione o persuasione di avere dalla propria parte la sullodata coppia di coniugi.*

*E bisogna credere tanto più nella bontà delle esposte argomentazioni, quando si tenga conto anche delle condizioni dell'industria elettrica, cioè della possibilità pratica di ottenere sul prezzo dell'energia elettrica quel ribasso del venti per cento che si è sopra adottato a titolo di esemplificazione, o un altro qualsiasi che abbia virtù di proporzionare l'effetto alle speranze e non susciti invece amare delusioni.*

*Orbene le cifre dei dividendi sono lì a mostrare in sintesi come una diminuzione di quel genere, e spesso anche minore, basterebbe ad annullare o quasi il profitto delle imprese elettriche; sul qual profitto dunque l'ipotetico ribasso del venti per cento inciderebbe per il cento per cento.*

*Ma questo contrasto fra le conseguenze che la supposta riduzione del prezzo dell'energia avrebbe sul costo dei prodotti industriali e sul profitto del venditore di energia, mentre sembra decisivo per chiunque conservi mente serena e desideri giudicare obiettivamente, non ha avuto alcuna efficacia sulla mente dei nostri avversari, uno dei quali ha perfino trovato che, se i dividendi stanno assottigliandosi e talvolta spariscono, rimane pur sempre il capitale da buttare nelle canne bramose dei ribassisti!*

*A tale stato di ossessione arriva la mente umana quando è preconcetta! Costui evidentemente ritiene che non ci sia altro modo di uscire dalle difficoltà in cui il mondo si dibatte che diminuire a tutti i costi il prezzo dell'energia. Con questo chiodo in testa diventa comprensibile che egli trovi naturale spogliare le imprese elettriche:* Salus publica *con quel che segue.*

*Abbandoniamo dunque il campo delle argomentazioni; e ricorriamo alla documentazione delle cifre.*

*Purtroppo la UNFIEL non può ancora raccogliere statistiche proprie; riproduciamo perciò nel seguito uno specchio riassuntivo riguardante gli Stati Uniti. La tabella si riferisce all'anno* 1929, *e per la prima volta indica separatamente quale incidenza rappresentino i combustibili, e quale l'energia elettrica* acquistata da terzi, *sul valore dei prodotti dell'industria manifatturiera e, ciò che è ancora più importante, sul valore aggiunto dalla lavorazione.*

*La statistica non è del tutto conclusiva, perchè una parte delle industrie agli Stati Uniti produce direttamente, bruciando carbone, l'energia elettrica che le occorre. Rimane tuttavia sempre molto interessante rilevare che se si astrae dalle industrie nelle quali il combustibile o l'energia elettrica rappresentano materia prima o calore, l'incidenza complessiva dell'energia elettrica e del combustibile nelle rimanenti industrie* (*rappresentanti circa il* 70 % *del valore totale*) *è soltanto dell'*1,22 % *rispetto al valore dei prodotti e del* 2,62 % *rispetto al valore aggiunto dalla lavorazione.*

*i. g. m.*

# Incidenza della spesa per i combustibili e l'energia elettrica nell'industria manifatturiera degli Stati Uniti
## Census of Manufactures 1929

(Base cambio \$ 1,00 = L. 19,10)

| GRUPPO DELLE INDUSTRIE | a | b | c | d | e | f | g | h | i | l | m | n | o |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Valore | | Combustibili | | | Energia elettrica acquistata da terzi | | | | | Totale per i combustibili e l'energia elettrica acquistata da terzi | | |
| | | | | Incidenza sul valore | | | | | Incidenza sul valore | | | Incidenza sul valore | |
| | della produzione | aggiunto dal processo industriale al costo delle materie prime impiegate e dell'energia consumata | Spesa complessiva | della produzione $100 \frac{c}{a}$ | aggiunto dal processo industriale $100 \frac{c}{b}$ | Consumo | Spesa complessiva | Prezzo medio | della produzione $100 \frac{g}{a}$ | aggiunto dal processo industriale $100 \frac{g}{b}$ | Spesa complessiva | della produzione $100 \frac{m}{a}$ | aggiunto dal processo industriale $100 \frac{m}{b}$ |
| | mil. di lire | mil. di lire | mil. di lire | % | % | mil. di kWh | mil. di lire | cent./kWh | % | % | mil. di lire | % | % |
| A) *Industrie manifatturiere propriamente dette* | | | | | | | | | | | | | |
| 1) Alimentari | 229.670 | 64.690 | 1.744 | 0,76 | 2,70 | 4.171 | 1.340 | 32,1 | 0,58 | 2,07 | 3.084 | 1,34 | 4,77 |
| 2) Cuoio | 36.404 | 14.784 | 141 | 0,39 | 0,95 | 228 | 122 | 53,5 | 0,34 | 0,83 | 263 | 0,72 | 1,78 |
| 3) Gomma | 21.343 | 10.291 | 180 | 0,84 | 1,75 | 883 | 196 | 22,2 | 0,92 | 1,90 | 376 | 1,76 | 3,65 |
| 4) Legno | 68.607 | 38.328 | 347 | 0,51 | 0,91 | 820 | 336 | 41,0 | 0,49 | 0,88 | 683 | 1,00 | 1,79 |
| 5) Meccaniche (macchine, esclusi i mezzi di trasporto) | 134.528 | 82.907 | 1.200 | 0,89 | 1,45 | 2.823 | 907 | 32,1 | 0,67 | 1,09 | 2.107 | 1,57 | 2,54 |
| 6) Mezzi di trasporto (navi, locomotive, automobili, ecc.) | 115.517 | 45.160 | 559 | 0,48 | 1,24 | 1.625 | 472 | 29,0 | 0,41 | 1,05 | 1.031 | 0,89 | 2,28 |
| 7) Riparazione materiale ferroviario | 24.255 | 13.780 | 417 | 1,72 | 3,03 | 618 | 179 | 29,0 | 0,74 | 1,30 | 596 | 2,46 | 4,33 |
| 8) Tessili | 176.547 | 79.625 | 1.057 | 0,60 | 1,33 | 4.033 | 1.256 | 31,1 | 0,71 | 1,58 | 2.313 | 1,31 | 2,91 |
| 9) Tipografiche | 60.564 | 45.898 | 140 | 0,23 | 0,31 | 686 | 352 | 51,3 | 0,58 | 0,77 | 492 | 0,81 | 1,07 |
| 10) Varie | 65.465 | 39.489 | 239 | 0,36 | 0,61 | 455 | 207 | 45,5 | 0,32 | 0,52 | 446 | 0,68 | 1,13 |
| TOTALE | 932.900 | 434.952 | 6.024 | 0,65 | 1,38 | 16.342 | 5.367 | 32,8 | 0,58 | 1,23 | 11.391 | 1,22 | 2,62 |
| B) *Industrie nelle quali combustibili ed energia elettrica rappresentano in prevalenza materia prima o calore* | | | | | | | | | | | | | |
| 11) Cartarie | 36.142 | 15.271 | 1.062 | 2,94 | 6,95 | 2.980 | 498 | 16,7 | 1,38 | 3,26 | 1.560 | 4,32 | 10,21 |
| 12) Cementiere, ceramiche, vetrarie | 29.824 | 19.767 | 2.308 | 7,74 | 11,68 | 2.845 | 701 | 24,6 | 2,35 | 3,55 | 3.009 | 10,09 | 15,23 |
| 13) Chimiche | 71.805 | 34.164 | 1.110 | 1,55 | 3,25 | 6.965 | 789 | 11,3 | 1,10 | 2,31 | 1.899 | 2,65 | 5,56 |
| 14) Derivati carbone e petrolio (gas illuminante compreso) | 69.237 | 20.936 | 9.531 | 13,77 | 45,52 | 1.129 | 228 | 20,2 | 0,33 | 1,09 | 9.759 | 14,10 | 46,61 |
| 15) Metallurgiche (escluse siderurgiche) | 68.780 | 21.686 | 829 | 1,21 | 3,82 | 2.147 | 408 | 19,0 | 0,59 | 1,88 | 1.237 | 1,80 | 5,70 |
| 16) Siderurgiche | 136.336 | 62.523 | 7.752 | 5,69 | 12,40 | 4.986 | 1.094 | 21,9 | 0,80 | 1,75 | 8.846 | 6,49 | 14,15 |
| TOTALE | 412.124 | 174.347 | 22.592 | 5,48 | 12,96 | 21.052 | 3.718 | 17,7 | 0,90 | 2,13 | 26.310 | 6,38 | 15,09 |
| TOTALE GENERALE | 1.345.024 | 609.299 | 28.616 | 2,12 | 4,70 | 37.394 | 9.085 | 24,3 | 0,68 | 1,49 | 37.701 | 2,80 | 6,19 |

# L'industria elettrica e i dilettanti

Ci sono molte occupazioni che gli uomini pratici sdegnano; e c'è un proverbio che definisce l'inutilità delle medesime con un confronto curioso; si dice: è come raddrizzare le gambe ai cani. A pensarci un poco, questo confronto non vuol già dire che sia difficile raddrizzare le gambe ad *un* cane; bensì essere sciocco insistere, perchè i cani nascono con le gambe storte, cosicchè il lavoro non avrebbe termine e la fatica sarebbe perpetuamente sprecata.

Il lettore che legga questa rubrica ed appartenga in ipotesi alla categoria dei saggi, troverà forse che anche noi a pigliarcela coi dilettanti facciamo un po' la figura di chi vuol raddrizzare le gambe ai cani. Ebbene no; se noi di tanto in tanto canzoniamo con tal quale urbanità chi parla di cose che non conosce, è in fondo perchè ci divertiamo. *Castigat ridendo mores*: ecco un lavoro gradevole, il quale non è detto che resti senza frutto. A furia di batterlo, un chiodo finisce per entrare.

In una città che si onora di un vero plotone di medaglie d'oro, un tizio, che dichiara di *aver voluto parlare della questione con un competentissimo*, ha stampato sei colonne fitte del quotidiano locale, infiorandole di affermazioni talvolta curiosissime, talvolta sdegnose, sempre sbalorditive, in merito al caro-energia. Ma noi deploriamo sinceramente che l'ignoto valentuomo, ornato del superlativo di « *competentissimo* » sia rimasto nell'ombra. Eccesso di timidità? Mancanza di fiducia nella propria competenza? Difetto di coraggio? Infiliamo questi interrogativi col più gran rammarico di non potervi rispondere; avremmo avuto piacere di conoscere almeno il nome di chi ha inoculato al nostro dilettante errori, sentimenti e concetti del genere di quelli stampati dall'allievo. Il quale comincia con bella franchezza a dire « subito » che « il discorso tenuto dall'On. Motta alla Società « per il progresso delle Scienze in Milano *non gli è piaciuto* « *affatto* (sic). Non solo perchè ha avuto delle espressioni che « offendono la sensibilità di ogni buon fascista, (*saremmo curiosi di saperne qualche cosa di più, ma su questo punto l'articolessa non aggiunge nessun particolare.* - N. d. R.) « ma perchè ha ri« badito degli errori che *è tempo di rilevare al pubblico*, perchè « ormai la questione delle tariffe elettriche è d'ordine nazionale; « è una piaga che fa dar *sangue al contribuente* (sic); è un pro« blema d'ordine corporativo che deve essere una buona volta « risolto ».

Dopo questa preparazione di grosse artiglierie non ci sarebbe che nascondersi nel fifaus. Invece state a sentire come le sballa grosse: « Sappiano i lettori che col metodo finora seguito dai « magnati dell'industria elettrica, nel 1931 sono rimasti total« mente inutilizzati più di sette miliardi di kWh (*sic. sic*).

« Si pensi che soltanto elettrificando la panificazione, l'Italia « risparmierebbe più di 100.000 tonnellate annue di carbone, « pari a quasi 150 (*sic. sic.*) milioni di lire italiane ! ». Essere incompetenti sta bene; è spesso un modo d'essere beati; difatti dice il Vangelo: Beati i poveri di spirito chè di loro è il regno dei Cieli ! Ma almeno saper fare una moltiplicazione, prima di montare in cattedra ! O illustre panificatore, centomila tonnellate di carbone hanno si e no un valore di *quindici* milioni di lire, non di *centocinquanta !* È vero che centocinquanta milioni è una cifra che fa colpo; e per far colpo c'è gente disposta a commettere qualunque sproposito, anche di aritmetica. Il fine giustifica i mezzi, diceva Machiavelli ! Ma il buon senso si ribella, e non bisogna metterne in mostra la mancanza. Dove saranno mai stati pescati i sette miliardi di Kilowattora sprecati dai magnati, lo può sapere soltanto il buon Dio, visto che noi mortali non ne sappiamo nulla e solamente stimiamo che l'energia invenduta sia forse inferiore al quinto di sette miliardi ! E d'altra parte cosa dovevano fare i magnati? Obbligare i consumatori a crepar d'indigestione elettrica? Nel 1931 sono rimasti inutilizzati a diecine di migliaia anche i vagoni ferroviari. Che anche S. E. Ciano sia un magnate? Non ha mai letto il nostro a....menissimo avversario che le importazioni sono diminuite in misura enorme? Non ha mai sentito dire che c'è una disoccupazione notevole? Che anche tutto questo sia l'effetto del metodo seguito *dai magnati dell'industria elettrica*? Oh povera Italia, se dovesse essere guidata da questi scriba ! E povero giornalismo italiano se dovesse sempre stampare di queste ridicolaggini ! Però un po' più di cautela i signori direttori dei giornali non potrebbero averla? Deve essere lecito a chicchessia abbia della tolla, diffamare un'industria pulitissima, e scaldare la testa agli utenti? Che ne dice il Prefetto del luogo, il quale pare sia perfino ingegnere laureato, ciò che a noi fa molto piacere?

Ma proseguiamo nelle citazioni: « Essi (i magnati) *natural*« *mente* non si curano di raggiungere lo sfruttamento completo « di questa enorme ricchezza nazionale, poichè soltanto con gli « incassi che realizzano con la vendita dell'energia luce (a regi« me di quasi monopolio) i loro bilanci sono più che assicurati ».

È difficile elencare gli errori ed accertare la profondità delle cognizioni di chi ha scritto queste righe; il quale non ha probabilmente che una scusante, oltre la sua incompetenza e cioè l'inclinazione demagogica del suo spirito.

Per questi eroi del dilettantismo che difficoltà ci può essere ad inventare di sana pianta che l'introito della luce basta ad assicurare i bilanci? *Accusare poi un industriale di non voler vendere la sua merce* è una cosa naturalissima ! Magnati sì, (è il loro pensiero) ma stupidi come le oche ! Figuratevi (pensano i nostri critici) che non sanno neanche di avere convenienza a vendere tutta l'energia di cui dispongono ! Non sanno? Ma chi lo dice? Sanno benissimo; *non vogliono ;* qui sta il busillis; *non vogliono !* E perchè? Perchè (e qui una strizzatina d'occhi o un pugno sul tavolo a seconda del temperamento) perchè così tengono alto il prezzo, e strozzano il cliente ! Pare impossibile che nell'anno di grazia 1932-X dell'era fascista ci siano ancora degli individui imbibiti di sapienza e di comprensione fino a questo punto. Ma non è finita, lettori carissimi; il nostro dilettante è tutto infiammato dal sacro fuoco di salvare il popolo gemente: « la questione è impellente e sprizza scintille di « lamentele da ogni angolo d'Italia (*sic*) » egli esclama !

Bisogna proprio dire che i magnati dell'industria elettrica hanno il cuore di granito. Come si fa a rimanere impassibili davanti ad una « questione che oltre far dare sangue al contri« buente, sprizza (*sic*) scintille (*sic*) di lamentele da ogni an« golo d'Italia? ». Ma d'altra parte pure loro bisogna compatirli, poveri magnati ! È povera gente, senza studii; senza intelligenza ! Oh se avessero le idee e le cognizioni del nostro.... Paneroni ! State a sentire con quanta profondità, genialità e novità di vedute egli parla dei prezzi e delle industrie mobiliari e immobiliari: « Allo stato attuale dell'economia, i prezzi hanno « il carattere specifico della convenzionalità, o peggio dell'em« pirismo; ed è possibile costruire l'edificio scientifico della « natura di un'industria su queste sabbie mobili ?

« Bisogna invece distinguere fra industria di produzione e « industria di distribuzione. La prima è mobiliare (*sic*: mobiliare) « perchè la merce che essa produce può essere portata in qualun« que mercato senza che la distanza della produzione al consumo « pesi in modo infinitamente maggiore e proibitivo sul costo « unitario di quanto non pesino i trasporti marittimi o ferro« viari per altre merci (*sic, sic*).

« La seconda invece è immobiliare per destinazione. Nessuno « si sognerebbe oggi di.... spiantare una rete cittadina, racco- « gliere il materiale di ricupero e correre ad altro mercato più « redditizio ».

Che succede? I lettori gridano *basta*? Abbiate pazienza amici lettori; ancora un saggio della sapienza del nostro maestro. State a sentire a quali alti ideali democratici egli inspiri la sua visione dell'industria elettrica; quale geniale correzione porti ai principii della Carta del Lavoro, e con quale profondità di consenso egli partecipi in ispirito all'opera di concentrazione che va svolgendo il Governo: « La Carta del Lavoro ha consa- « crata l'iniziativa privata come la forma più efficace al pro- « gresso produttivo. L'iniziativa privata, però, risolve, è vero, « il problema tattico della produzione, ma è efficace veramente « soltanto quando è esplicata da una moltitudine di individui: « a ognuno di essi l'ampiezza del territorio d'azione trova li- « mite soltanto nella facoltà che ha un qualunque uomo (*sic*) « di avvertire tutti gli appigli tattici di questo territorio e di « sfruttarli con intelligenza (*sic*). Gli accentramenti finiscono « invece sempre ed ostinatamente in una burocrazia paralizza- « trice della sana attività individuale (*sic*) e questo stesso peri- « colo è latente in ogni grande concentrazione industriale, nella « quale la iniziativa privata si riduce alla possibilità di veduta « di un solo individuo sovra l'orizzonte vastissimo di centinaia « di organismi a lui sottoposti. In questo caso di « privato » « nulla più rimane che un reddito aziendale che va a beneficio « del capitale dei singoli anzichè del bilancio statale (*sic, sic*) « e si creano per converso quelle famose piramidi a cui accennava « un valoroso scrittore di materia economica, le quali, viste da « basso, dànno l'illusione della grandezza, viste dal culmine « danno la vertigine ».

E se poi cortesi lettori volete proprio farcela finire, lasciateci almeno riportare la chiusa dell'immenso articolo: « Non è « certamente (come fu detto in quel tal discorso) « il proposito « di soddisfare la clientela » il vertice ideale (che si può proporre « solo un negoziante di provincia), l'idealità massima dell'in- « dustria elettrica italiana !.... ».

« Del resto sappiamo che in questo momento la questione « è ben studiata da Chi può e deve decidere e la decisione sarà « certamente in senso corporativo, così come il colto e studio- « sissimo nostro informatore ha dimostrato che sia necessario « pel bene della Nazione ».

Dove si vede che millantar credito anche presso le altissime gerarchie non è inibito ad alcuno. Complimenti al « colto e studiosissimo » informatore ignoto !

*x. y.*

---

# Paolo Boselli e l'Industria elettrica

Nella dolorosa occasione della scomparsa del compianto Senatore Boselli è opportuno ricordare che Egli, allora Ministro per l'Agricoltura, l'Industria e il Commercio, fu il presentatore al Parlamento di quella Legge 7 Giugno 1894 che si può dire abbia costituito il battesimo della nostra Industria con l'istituzione della servitù obbligatoria di elettrodotto.

Nel rammentare tale fatto, confermando la gratitudine che la nostra Industria deve alla Sua memoria, non sarà fuori di luogo ricordare in proposito alcune circostanze.

In una lucida Relazione al Parlamento Egli espose i motivi che avevano ispirato la presentazione della Legge: non ultimo fra questi la necessità di favorire l'impiego delle forze idrauliche. Mostrando mente aperta e precorritrice ed un giusto apprezzamento del problema affrontato, rilevava come questo rivestisse tale importanza per l'avvenire del Paese da dover essere risolto anche con sacrificio della proprietà privata, notando che... « il malvolere, l'inerzia, l'ignoranza, la naturale avversione a « tutto ciò che ha sapore di novità che voglia compiersi a van- « taggio altrui nel suo fondo per parte del proprietario, possono « essere talvolta di ostacolo a che si faccia uso di una forza « motrice elettrica destinata ad accrescere la produzione del « nostro paese ed a diminuire il costo di produzione nelle in- « dustrie ». Tale concetto fu svolto più ampiamente dal Relatore parlamentare On. Giovanelli del quale meritano d'essere riportate le parole seguenti, che parafrasano il pensiero del Boselli: ....« Con l'adozione del disegno di Legge non potrà « più avvenire che per meno lodevoli cagioni la volontà contra- « ria di un privato o di un Ente pubblico impedisca l'esecuzione « di un'opera di spiccata entità individuale, ma che in sostanza « ridonda ed in varia guisa a beneficio generale... ».

Alla elevata discussione che seguì in Parlamento parteciparono insieme al Boselli i più eminenti parlamentari (fra i quali il compianto Prof. Colombo, principale assertore della Legge).

La Legge Boselli (così fu chiamata per parecchi anni) fa onore all'Italia ed a Chi la promosse e la sostenne. Ad essa la nostra Industria deve una delle sue « causae vivendi »: ed oggi questa rivolge un commosso e grato saluto al grande Italiano scomparso, cui la sorte sembra aver voluto affidare il patrocinio delle più nobili cause e delle iniziative più utili alla Patria.

*L'E. E.*

# DIRITTO E GIURISPRUDENZA

**Fornitura di energia elettrica - Clausola di prelazione - Danni - Competenza.**

MASSIMA

*La competenza per valore si determina dall'ammontare economico della domanda, e non dal valore della obbligazione da cui la stessa dipende, quando l'obbligazione stessa non sia controversa.*

*Conseguentemente è competente il Pretore a conoscere della domanda di risarcimento danni per la violazione di un patto di prelazione non controverso, ove l'attore limiti l'ammontare dei danni richiesti entro i confini della competenza pretoria.*

*Il patto di prelazione apposto ad un contratto di fornitura di energia elettrica è valido.*

*Quando l'utente, scaduto il contratto, comunichi al fornitore le condizioni offertegli da altro concorrente fornitore, per invitarlo ad esercitare il diritto di prelazione, la accettazione da parte del fornitore delle condizioni proposte rende perfetto il contratto (art. 36 Cod. Comm.) e l'utente è tenuto ad osservarlo, od in difetto a risarcire il danno.*

*Nè vale ad esimerlo la circostanza che non gli sia stato consegnato per esame il contratto scritto invano sottopostogli per la firma.*

Pretore Parma, 19 febbraio 1932, Est. Grieb, in causa Società Emiliana Esercizi Elettrici (Avv. Bazini) c. Tangerini (Avv. Isi).

FATTO

Con citazione del 30 ottobre scorso anno la Soc. Emiliana Esercizi Elettrici, corrente in Parma in persona del suo Consigliere Delegato Sig. Ing. Cav. Uff. Silvio Broggi conveniva dinanzi questa R. Pretura la Sig.ra Tangerini Amelia di Cento, e premesso che costei in data 1° aprile 1930 stipulava con scadenza al 30 giugno 1931 regolare contratto — reg. a Parma il 24/10/1931 Vol. 168, n. 2551, con L. 1 — con essa richiedente per la fornitura di energia a scopo di illuminazione; che in forza di tale contratto, tra l'altro la utente si impegnava di usare esclusivamente delle energia fornita dalla SEEE per tutta la durata dell'accordo, e si obbligava alla scadenza a darle la preferenza per un successivo quinquennio a parità di condizioni che l'utente fosse in grado di ottenere con eventuali altri mezzi o con offerte da altri fornitori; che al termine del contratto la convenuta dopo aver riconfermato la sua obbligazione alla concessione della prelazione, distaccava abusivamente il proprio impianto di utilizzazione dalle reti di essa richiedente, allacciandolo a quelle di una concorrente; chiedeva che la Tangerini, con sentenza provvisoriamente esecutiva fosse condannata al risarcimento dei danni tutti provocati e provocandi, nonchè alle spese ed onorari di lite.

Stabilitosi il contraddittorio, la Società attrice esibiva il contratto innanzi ricordato, una lettera della Tangerini contenente proposta di amichevole componimento, ed insisteva per l'accoglimento della sue domande. In linea subordinata chiedeva provare a mezzo di interrogatorio i seguenti capitoli:

*a*) « Vero che Voi Tangerini Amelia, allorchè al 30 giugno 1931 venne a scadere per Vostra disdetta il contratto prodotto in atti e che vi si presenta, mentre avete riconosciuto il Vostro obbligo di dover dare alla Soc. Emiliana Esercizi Elettrici Parma per un quinquennio successivo alla scadenza, la preferenza a parità di condizioni che foste stata in grado di ottenere con eventuali altri mezzi o con offerte di altri fornitori, allorchè la Società Emiliana Vi presentò per la firma il contratto alle condizioni che Voi stessa le avevate offerte in prelazione, Vi siete rifiutata di firmare ».

*b*) « Vero che successivamente avete, in dispregio alla obbligazione di cui sopra, allacciato alla rete di altra fornitrice l'impianto oggetto del contratto scaduto e che vi si presenta ».

La convenuta esibiva la corrispondenza scambiata con la Società attrice, una lettera da costei diretta a tale Artioli Anita, e contrastava la domanda eccependo la incompetenza per valore del Magistrato adito, l'infondatezza della inadempienza attribuitale per non esserle stato consentito di controllare il nuovo contratto che le veniva sottoposto per la firma, e la insussistenza del danno perchè non provato.

In subordine chiedeva fosse delegato il Pretore di Cento per l'accoglimento dell'interrogatorio deferitole e fosse nominato un perito, perchè alla stregua delle risultanze di causa, potesse determinare il danno realmente risarcibile all'attrice. Replicava la Società per sostenere l'inaccoglibilità delle eccezioni avversarie e all'udienza del 22 scorso mese, sull'accordo delle parti, la causa veniva chiusa a sentenza.

DIRITTO.

Va esaminata preliminarmente l'eccezione di incompetenza per valore della Magistratura adita. Sostiene in primo luogo la convenuta che nel caso in esame debba trovare applicazione il 2° capoverso dell'articolo 72 C. P. C. il quale stabilisce che quando si domanda parte e non residuo di una maggiore obbligazione, il valore si desume dalla maggiore obbligazione, se questa è controversa. La tesi però non regge neanche di fronte ad una critica superficiale. Innanzitutto non sembra al giudicante che la domanda di risarcimento di danni proposta dall'attrice Società possa considerarsi parte di altra obbligazione, nei sensi indicati dalla disposizione di legge in esame. Ed invero l'obbligazione principale contratta dalla convenuta fu tutta eseguita. Solo un'ultima condizione della convenzione non fu rispettata e precisamente la clausola di prelazione a favore dell'attrice, sicchè il risarcimento dei danni da costei domandato non può considerarsi come il residuo di tutta la obbligazione. D'altra parte l'art. 72, quando stabilisce che la competenza si desume da tutto il valore della obbligazione, pone una condizione precisa e necessaria: occorre che tutta la obbligazione sia controversa. Nel caso in esame invece la Tangerini riconosce il contratto di fornitura di energia firmato il 1° aprile 1930, non contesta il patto di prelazione, non si oppone alle altre clausole. E allora il contratto stesso non è controverso, e la discussione si limita solo alla interpretazione di una sua clausola. Sembra che la convenuta voglia sostenere la sua eccezione proprio per questo motivo. In sostanza ella dice: poichè è la portata della clausola di prelazione che è controversa, e tale clausola ha un valore indeterminabile ai sensi dell'art. 81, il Pretore dovrebbe dichiararsi incompetente. Senonchè l'erroneità del suo ragionamento è subito dimostrabile. A stabilire il valore di una obbligazione non si deve aver mente alla importanza pratica e sociale di essa, come fa in questa occasione la Tangerini, ma bisogna riferirsi esclusivamente alla somma in denaro, cui può essere ragguagliata la prestazione pattuita o la prestazione controversa. Solo quando questo ragguaglio supera la somma limite di L. 5000, o non sia possibile eseguirlo, la competenza a decidere spetta al Tribunale. Negli altri casi la eccezione di incompetenza per valore non regge, perchè il Pretore, come ogni altro Giudice nella sua naturale sfera di attività, è precisamente libero di interpretare le varie clausole contrattuali nella loro essenza, nei loro effetti, nel loro spirito. Se così non fosse, l'attività di ogni Magistrato, che non sia il Tribunale dovrebbe limitarsi ad un semplice lavoro di riconoscimento di debiti non contestati.

E non è questa la funzione del Giudice, cui invece è affidato un compito molto più vasto, nobile, elevato e difficile; quello cioè di interpretare le leggi e la volontà delle parti, valutare le ragioni da queste addotte, conciliare e in mancanza condannare.

Ove poi si volesse sostenere l'eccezione di incompetenza per valore, per non avere la Società attrice indicato in una misura concreta l'ammontare dei danni di cui intende essere risarcita, anche quest'altra tesi dovrebbe essere respinta per due motivi:

in primo luogo perchè la Soc. Emiliana ha espressamente richiamato che tali danni non potranno mai superare la cifra di L. 5000; in secondo luogo perchè il valore indeterminabile cui si accenna nell'art. 81 C. P. C. è, come si è visto, quello che assolutamente non può essere commisurato in danaro. E questa seconda ipotesi non si verifica nella controversia in esame, perchè il pregiudizio economico della Società può facilmente calcolarsi moltiplicando per il numero degli anni fissato nel patto di prelazione l'importo del consumo di energia fatto dalla Tangerini nell'anno contrattuale di utenza effettiva.

Del resto l'art. 80 C. P. C. nel fissare il principio che il valore della causa si presume di competenza dell'autorità giudiziaria adita quando non sia determinato dall'attore, pone una norma di carattere singolare, preordinata a garantire la rapida definizione dei giudizi, contro la quale un solo rimedio ha il convenuto: quello di impugnare e quindi anche provare, *quia onus probandi incumbit ei qui dicit*, che il valore della lite esula dai limiti della competenza del Magistrato adito.

Non prova la Tangerini, nè chiede di provare questa circostanza e pertanto la sua eccezione pregiudiziale va respinta. Passando all'esame di merito va rilevato che non cade in discussione la validità del patto di prelazione. Anzi la stessa convenuta, per rispettare tale clausòla del contratto, il 18 giugno 1931 scriveva alla Società attrice che aveva avuto proposte più favorevoli dall'Ente Adige Garda. La invitava quindi a dichiarare entro quindici giorni dalla ricezione della lettera se era disposto ad esercitare il diritto di prelazione alle condizioni offerte dall'altra Società fornitrice di energia elettrica.

Invero la Tangerini, per rispettare gli impegni assunti, avrebbe dovuto comunicare sin dal 31 maggio le nuove offerte fattele dall'Ente Adige Garda, in quanto dal 1° giugno si intendeva prorogato per un altro anno il contratto di utenza; ma poichè la Società attrice non si è avvalsa di questa circostanza per farne oggetto di un capo di domanda, neanche questa giustizia può prenderla in esame. La Società Emiliana nel termine fissato dal contratto risponde accettando di continuare la fornitura di energia alle condizioni sottoposte; senonchè al momento di firmare il nuovo contratto la Tangerini si rifiutava.

Sostiene costei che non è affatto vero che ella non volesse firmare, in quanto che fu il rappresentante della Società Emiliana in Cento che la pose in condizione di non poter firmare, per essersi rifiutato di lasciare il contratto perchè ella potesse esaminarlo. Senonchè la giustificazione addotta, a parte che non è provata nè si chiede di provarla, non può essere accolta. La Società Emiliana Esercizi Elettrici come ogni altra azienda fornitrice di energia, è una venditrice come ogni altro commerciante nei confronti dei suoi utenti. I suoi contratti di fornitura sono dunque obbligazioni commerciali alle quali vanno applicate le disposizioni di cui all'art. 36 Cod. Comm. Statuisce tale norma: «Il contratto bilaterale tra persone lontane non è perfetto, se l'accettazione non giunge a notizia del preponente nel termine da lui stabilito». Poichè la risposta dell'attrice che accettava le nuove condizioni nell'esercizio del suo diritto di prelazione, pervenne alla Tangerini nel termine da questo fissato, sin da questo momento la convenuta, per il verificatosi perfezionamento del nuovo contratto, si intendeva obbligata verso la Società. Che il rappresentante di questa si sia rifiutato di lasciare la copia del contratto tradotto di poi per iscritto, perchè Ella potesse studiarlo e controllarlo, che Ella invece non abbia voluto di proposito firmarlo, son cose che non contano in questa controversia nella quale la Società attrice chiede il risarcimento dei danni per la inesecuzione di una convenzione liberamente accettata e perfetta in tutti i suoi particolari. L'incidente relativo alla firma del contratto a stampa, anche se vero, non liberava la convenuta, la quale se aveva interesse a controllare lo scritto poteva fare i suoi riscontri nello stesso momento in cui questo le veniva presentato. Nè l'incaricato della Società si sarebbe rifiutato di attendere, come giustamente invece si rifiutò di lasciare lo stampato. Perchè se la Tangerini aveva motivi di sospettare che nel contratto non fossero state trascritte integralmente le nuove condizioni, parimenti l'incaricato della Società poteva aver motivi di temere che in sua assenza la convenuta potesse modificare a suo favore le clausole.

E allora poichè anche il motivo addotto dalla Tangerini per giustificare la mancata sottoscrizione del contratto non ha consistenza giuridica, la sua condanna deve essere pronunciata. Quanto all'ammontare dei danni, l'attrice si riserva di chiederne la liquidazione in altra sede. La convenuta pretenderebbe che essi fossero determinati in questo stesso giudizio; ma la pretesa non è attendibile perchè la causa ha per oggetto esclusivamente una declaratoria di responsabilità per inadempienza contrattuale. Le spese seguono la soccombenza. La clausola di provvisoria esecuzione può essere concessa, trattandosi di controversia commerciale.

P. Q. M. (*omissis*).

**Fornitura di energia elettrica - Clausola di esclusività - Inadempimento - Riallacciamento coattivo delle linee.**

MASSIMA

*L'utente di una fornitura di energia elettrica, che in ispreto alla clausola di esclusività allacci il proprio impianto alla rete di distribuzione di altro fornitore, può essere condannato alla esecuzione specifica della obbligazione inadempiuta, e cioè a riallacciare i propri impianti alla rete del primo fornitore.*

*Il detto fornitore bene può autorizzarsi a far eseguire tale riallacciamento per conto ed a spese dell'utente inadempiente.*

I.

Pretore Este, 12-20 novembre 1931, Est. Apicella, in causa Soc. Euganeo di Elettricità (Avv. Lancerotto) c. Verdi (Avv. Gambarin).

II.

Pretore Este, 27-29 dicembre 1931, Est. Apicella, in causa Soc. Euganeo di Elettricità (Avv. Lancerotto) c. Martinengo (Avv. Gambarin).

III.

Pretore Este, 26-29 dicembre 1931, Est. Apicella, in causa Soc. Euganea di Elettricità (Avv. Lancerotto) c. Zerbetto (Avv. Gambarin).

I.

Fatto

Premesso che con contratto 1° agosto 1929, Verdi Lucia aveva stipulato la fornitura di energia con essa istante; che il contratto perdura per non avvenuta disdetta; che con esso la istante si era assicurato il diritto di esclusiva e di prelazione; che al 1° gennaio 1931 la Verdi aveva staccato il proprio impianto dai fili dell'istante per allacciarlo a quelli di altra Società; con atto 23 giugno 1931 la Società Euganea di Elettricità conveniva dinnanzi questa Giustizia la Verdi per sentirsi condannare a riallacciare il proprio impianto di illuminazione elettrica con i fili di essa Società e, in mancanza, per sentire autorizzare essa istante a procedervi a spese della convenuta nel termine di giorni 10 dalla notifica della sentenza; e per sentirsi condannare al pagamento del mancato consumo dal momento del distacco dei fili al momento del riallacciamento, ed alle spese di lite.

Nella udienza del 31 luglio 1931 la convenuta negava di aver firmato il contratto, asserendo che il 1° agosto 1929 non si trovava neppure ad Este, e, mentre l'attrice si riserbava di deferire giuramento decisorio sulla autenticità della firma che risultava apposta sul contratto, veniva ammessa prova per interrogatorio sulla formula: Vero che voi avete apposto la firma al contratto dimesso in causa e che vi si mostra? Nella udienza del 25 settembre la convenuta rispondeva all'interrogatorio ed in quella del 16 ottobre u. s. la causa passava in decisione sulle seguenti conclusioni delle parti. L'attrice alla domanda. La convenuta chiede che la Società Euganea esibisca il contratto precedente; dato che alla data del contratto esibito essa non era ad Este.

Diritto

Osserva che l'atteggiamento della convenuta è quello tipico dilatorio ed inconclusivo. La Verdi infatti nella udienza di comparizione, dichiarava di non aver firmato contratti; nell'interrogatorio, mentre riconosceva che la firma era sua, aggiungeva di non ricordare di aver firmato il contratto, dato che all'epoca del contratto stesso non era ad Este; e poi aggiungeva ancora che non doveva essere la sua perchè non ricordava di aver firmato contratto. Nella udienza di spedizione, poi, dichiarava di non disconoscere la firma, ma che la data del contratto non rispondeva a quella vera poichè a quella data essa non era ad Este. È chiaro che un simile inconcludente sistema di difesa, fatto di una serie successiva di dichiarazioni contraddittorie, non ha altro scopo se non quello di trascinare la lite per le lunghe, senza la possibilità, peraltro, di raggiungere un risultato positivo.

Il Giudicante, a parte il riconoscimento della convenuta, rileva innanzi tutto che la firma che appare apposta al contratto è perfettamente identica alla firma che la convenuta ha apposto alla sua risposta all'interrogatorio. La convenuta asserisce che

alla data risultante dal contratto essa non era ad Este. Ma questa sua asserzione essa non ha comunque avvalorata per cui non può essere considerata.

Dalla relazione di notifica della citazione, poi, appare che questa è stata consegnata alla sorella della convenuta per momentanea assenza di costei da casa. Attualmente la convenuta è ad Este. Essa non ha eccepito che non è più lei l'utente, che non è stata lei a staccare i fili. Essa ha riconosciuto che aveva un contratto con la Euganea ed evidentemente questo; contratto che durava nel momento in cui i fili sono stati staccati. Senza contratto non vi sarebbe stato l'attacco, e l'uso dell'energia. Senza l'attacco non sarebbe stato possibile il distacco. Dato ciò, è perfettamente inutile la indagine circa la data del contratto poichè la convenuta non ha in alcun modo eccepito di aver disdettato il contratto in tempo utile. E allora? Se il contratto era in vigore, la Verdi doveva rispettarlo.

Malamente quindi la convenuta ha operato il distacco dei fili e non può sfuggire alle istanze attrici che sono pienamente fondate, come non può del pari non subire la soccombenza nelle spese del giudizio dato il suo malizioso atteggiamento di causa che non può favorevolmente essere considerato dal Magistrato. Poichè la sentenza può munirsi di clausola.

P. Q. M. (*omissis*).

II.

FATTO E DIRITTO

Premesso che Martinengo Dante con contratto 2 febbraio 1928 stipulava con la Società Euganea di Elettricità un contratto di fornitura di energia a scopo di illuminazione; che di suo arbitrio il Martinengo il 1 maggio 1931 staccava il proprio impianto dai fili della Società Euganea per allacciarsi a quelli di altro Ente; con atto 19 settembre 1931 la Società Euganea di Elettricità conveniva dinanzi questa Giustizia il Martinengo per sentirsi condannare con sentenza munita di clausola, a riallacciare il proprio impianto ai fili della Società istante e ciò nel termine di giorni 10 dalla notifica della sentenza, facoltizzando, in mancanza la Società stessa a procedervi a spese del convenuto; condannarsi inoltre al pagamento del mancato consumo e alle spese di lite.

Chiamata la causa nell'udienza del 18 corr. passava in decisione sulle seguenti conclusioni:

L'attrice alla domanda. Il convenuto chiede la reiezione sia perchè egli ha cambiato di abitazione e il contratto non obbliga di far uso di energia nella nuova abitazione e sia perchè il vecchio impianto lasciato è stato assunto dal successore. Osserva che per clausola del contratto, questo si rinnova tacitamente se non è disdettato almeno due mesi prima della scadenza. Ora poichè il contratto scadente il 31 gennaio non è stato disdettato, o almeno il convenuto non ha fornito prova alcuna di averlo disdettato e nei termini contrattuali; come del pari nessuna prova ha dato di aver ceduto il contratto a chi gli è succeduto nella casa che asserisce di aver lasciata; anche a prescindere dall'altra clausola contrattuale per cui l'utente garantisce alla Società il diritto di prelazione per la fornitura di energia elettrica alla fine del contratto per un eguale periodo; la domanda attrice va accolta in tutti i suoi capi, meno che per le spese che si stima di compensare.

P. Q. M. (*omissis*).

III.

FATTO E DIRITTO

Premesso che Zerbetto Maria con contratto 7 gennaio 1929 ha stipulato la fornitura di energia da parte della Società Euganea di Elettricità a scopo di illuminazione con diritto di esclusiva e di prelazione; che di suo arbitrio la Zerbetto al 1 aprile ha staccato i fili del proprio impianto da quelli della Euganea per allacciarli a quelli di altra Società; con atto 29 settembre 1931 la Società Euganea di Elettricità conveniva la Zerbetto dinanzi questa Giustizia per sentirsi condannare a riallacciare i fili nel termine di giorni 10 dalla notifica della sentenza facoltizzando in mancanza la Società a procedervi a spese della convenuta; condannarsi inoltre al pagamento del mancato consumo e spese di lite.

Chiamata la causa nell'udienza del 27 novembre u. s. passava in decisione sulle seguenti conclusioni:

L'attrice chiede l'accoglimento della domanda ed in via del tutto subordinata prova per interrogatorio e per testi sui fatti di citazione stessa. La convenuta dichiarava di aver chiesto alla Società copia del contratto per conoscere quali erano i suoi impegni, e non avendo avuto risposta, pur essendosi fatta riserva di ritenersi svincolata dall'impegno in caso appunto di mancata risposta, si era creduta libera e si era allacciata con altra Società. Chiede che l'attrice esibisca la lettera rimessale.

Osserva che non è il caso di addivenire alle prove richieste in subordine dalla parte attrice poichè la convenuta ha riconosciuto di avere slacciato il proprio impianto dai fili di distribuzione di energia della attrice per allacciarsi a quelli di altra Società. Di fronte alla esistenza del contratto che tuttora dura, la speciosa scusa addotta dalla convenuta non ha alcuna influenza, perchè essa poteva personalmente recarsi alla Società e vedere e chiedere il contratto senza scrivere e senza, per di più, comminare decadenze che la legge non piglia in considerazione. Poichè quindi la domanda va accolta e si stima di compensare le spese, e la sentenza va munita di clausola.

P. Q. M. (*omissis*).

---

**Fornitura di energia elettrica - Patto di prelazione - Sua interpretazione, estensione ed efficacia.**

MASSIMA

*Il patto di prelazione contenuto in un contratto per fornitura di energia elettrica è valido.*

*Il fornitore che si sia riservato il diritto di prelazione per la nuova fornitura, a condizione di fornire la energia « a prezzo non superiore a quello chiesto da altro fornitore », è tenuto, ove intenda esercitare tale suo diritto, a praticare non solo il minor prezzo ma anche le più favorevoli condizioni offerte dal concorrente : in difetto di che il diritto deve aversi per rinunciato e deve ritenersi autorizzato l'utente a stipulare col nuovo fornitore* (1).

I.

Tribunale Busto Arsizio, Pres. Banzi, Est. Rossi, 15-26 giugno 1931, in causa Soc. ELETTRICA ALTO MILANESE (Avv. Marinoni) c. AIROLI VED. SPERTINI (Avv. Pozzi).

II.

Tribunale Busto Arsizio, Pres. Banzi, Est. Toma, 23 dicembre 1931 - 8 gennaio 1932, in causa Soc. ELETTRICA ALTO MILANESE (Avv. Marinoni) c. ARIOLI VED. PASTORI (Avv. Pozzi).

I.

FATTO

Con atto di citazione 18 aprile 1931 la Soc. Elettrica Alto Milanese, corrente in Busto Arsizio, evocava avanti questo Tribunale Airoli Rosa vedova Spertini residente in Laveno assumendo di avere stipulato con la convenuta un contratto di fornitura di energia elettrica ad uso luce con decorrenza dal 1° marzo 1927 e scadenza al 28 febbraio 1931, con espressa pattuizione che l'utente alla scadenza del contratto si impegnava a dare la sua preferenza alla S.E.A.M. nella fornitura della energia occorrentegli.

Che nonostante tale patto e nonostante ogni avvertimento, l'utente non avevale dato modo di esercitare il diritto di preferenza, passando senz'altro la fornitura ad altra Società, per cui essa attrice intendeva essere risarcita del grave danno derivatone.

Tutto ciò premesso chiedeva condannarsi la convenuta con clausola di provvisoria esecutorietà, al risarcimento dei danni acclarati a mezzo di perito nonchè al pagamento delle spese di causa e di rappresentanza.

Contestatasi la lite la attrice faceva d'atti la polizza di abbonamento alla fornitura in oggetto, la disdetta 22 settembre 1930 inviata dalla utente nonchè copia di circolare in data 21 luglio 1930 e la lettera 29 settembre 1930 inviata a questa — instando per la nomina di un perito per la liquidazione dei danni — ed in caso di bisogno per l'ammissione di prova per interpello e testi sulle circostanze di fatto denunziate in citazione, ed in definitiva per l'accoglimento della proposta domanda.

La convenuta ha prodotto la polizza di abbonamento stipulata il 19 novembre 1930 con la Società Idroelettrica Valcuviana con decorrenza dal 1° gennaio 1931, un modulo polizza di abbonamento per fornitura luce della S.E.A.M. e della Società Varesina per imprese elettriche, ed, assumendo di essersi comportata in conformità delle condizioni della polizza a suo tempo stipulata con la S.E.A.M. e di non avere potuto rinnovare la fornitura per rifiuto dello incaricato di detta Società Sig. Bodini ad accordare le identiche condizioni offerte dalla Società Valcuviana concorrente ha concluso per la reiezione della domanda attrice ed in subordine per l'ammissione di prova per testi sulla circostanza di fatto sopra denunciata.

DIRITTO

È pacifico in causa che a seguito della disdetta data dalla convenuta e da altri utenti energia elettrica di Laveno per il 31 dicembre 1930 la Società, attrice accettava la notificatale cessazione del contratto di abbonamento, e richiamando l'art. 15 delle condizioni generali di polizza invitava gli stessi a rivolgersi al proprio incaricato per la zona di Laveno, Sig. Bodini Natale, per il sessennale rinnovo della polizza.

Le divergenze sorgono fra le parti allorquando passano ad interpretare il contenuto di tale clausola.

Statuisce l'art. 15 precitato che: « Quando l'abbonamento venisse a cessare e l'utente intendesse tuttavia di continuare o riprendere nei tre anni successivi alla cessazione l'uso comunque di energia elettrica *egli dovrà dare la preferenza alla Società ove questa si dichiari disposta a fornirgli la sua energia a prezzo non superiore a quello chiesto da altro fornitore ed in entrambi i casi il nuovo abbonamento sarà stipulato per un sessennio e per il detto prezzo a favore della Società* ED ALLE CONDIZIONI GENERALI DEL PRESENTE ABBONAMENTO.

Assume la S.E.A.M. la piena legalità del diritto di prelazione riservatosi con la clausola di sopra trascritta, mentre la convenuta ne eccepisce la nullità perchè contraria alla morale ed alla legge.

Sulla validità della clausola di preferenza, in casi analoghi, la giurisprudenza si è già in senso affermativo ripetutamente pronunciata.

Così recentemente la Corte di Appello di Milano, sentenza 22 dicembre 1927 - 13 gennaio 1928: Zanchi c. Soc. Elettrica Bergamasca.

Tenute presenti la norme di interpretazione dettate dagli art. 1124-1131 C. C. il patto stipulato ad esclusivo vantaggio della Società imponeva alla utente, nell'occasione della stipulazione di un nuovo contratto, l'obbligo di preferire — a parità di condizioni — la S.E.A.M. a qualsiasi altra ditta concorrente e necessariamente dava a questa il diritto ad essere preferita.

Tale clausola di preferenza, interpretata secondo la presumibile intenzione delle parti contraenti e tenuto conto delle modalità della sua pratica attrazione, faceva pertanto obbligo alla Airoli di comunicare alla S.E.A.M. le condizioni offerte dalla ditta concorrente in ordine al prezzo.

La attrice, mentre riconosce nella memoria aggiuntiva alla propria conclusionale che sotto il termine: « condizioni di prezzo » la clausola in oggetto non intende soltanto il corrispettivo per ogni kilowattora fornito; ma evidentemente comprende tutti gli elementi voluti da parte avversa e cioè prezzo di kWh minimi, noleggi, quote di trasformazione, esazioni, possibilità di aumenti ecc. ecc. ed ogni altro fattore che influisca in qualsivoglia misura sullo esborso complessivo dello utente, contesta che la Airoli abbia ad essa Società comunicato le tariffe ed i costi offertile dalla Società concorrente.

Pone invece quest'ultima e deduce a prova per testi che l'incaricato della S.E.A.M., messo al corrente delle condizioni favorite dalla S.A.I.V. mediante esibizione del relativo modulo, oppose un rigido rifiuto alla cancellazione del patto *C* dei minimi, del patto 15 e delle altre clausole più onerose, pretendendo assolutamente la sottoscrizione integrale del contratto nelle forme di quello scaduto e disdettato.

La prova dedotta dalla convenuta è pienamente rilevante e concludente ai fini della reiezione della domanda attrice.

Invero se la clausola di preferenza vincola la S.E.A.M. che intende avvalersene, a sottostare al prezzo offerto dalla concorrente, e se quello offerto dalla Società Anonima Idroelettrica Valcuviana non comporta aggravi di minimi (patto *A*) di sopra prezzi termici (patto *C*) ed una spesa inferiore di quasi la metà per ogni kW fornito, non avrebbe ragione alcuna la S.E.A.M. di dolersi del comportamento della Airoli quando risultasse effettivamente provato il rifiuto opposto dal Bodini Luigi, incaricato per tale affare dalla S.E.A.M., ad eliminare dal nuovo contratto tutti gli aggravi di costo sovra denunciati per adeguare il prezzo della nuova fornitura a quello inferiore della concorrenza.

E poichè dovendosi istruire il giudizio è necessario sospendere ogni ulteriore pronunzia sul merito e sulle spese, ed è il caso di concedere la provvisoria esecutorietà della presente sentenza per la natura commerciale del giudizio.

P. Q. M. (*omissis*).

II.

FATTO

Con citazione 18 aprile 1931 la Società Elettrica Alto Milanese esponeva di avere concluso con Arioli Margherita vedova Pastori un contratto per la fornitura di energia elettrica e che per patto espresso l'utente si era impegnato alla scadenza di dare la preferenza alla S.E.A.M. nella fornitura di energia elettrica occorrentegli; assumeva inoltre che la Arioli era venuta meno a tale patto non avendo alla scadenza del contratto dato modo ad essa istante di esercitare il diritto di preferenza, perchè si era senz'altro rivolta ad altra Società per la fornitura di energia elettrica. Esponeva infine che la Arioli era debitrice verso essa istante di L. 8,80 per luce fornitale. Ciò premesso la conveniva avanti questo Tribunale chiedendone la condanna al risarcimento dei danni patiti e paziendi per la violazione del patto sopraindicato, oltre il pagamento della somma di L. 8,80 quale importo di energia elettrica consumata e non pagata. Posta la causa in deliberazione i procuratori delle parti concludevano come in epigrafe.

DIRITTO

Emerge dalla polizza prodotta dalla Società istante che in virtù dell'art. 15 del contratto l'utente che alla fine dell'abbonamento intendesse di continuare o di riprendere nei tre anni successivi alla cessazione, l'uso comunque di energia elettrica, egli dovrà dare la preferenza alla Società ove questa si dichiari disposta a fornirgli la energia a prezzo non superiore a quello richiesto da altro fornitore. Sulla validità di tale clausola stipulata a tutto vantaggio della S.E.A.M. non può sorgere contestazione poichè nella specie la libertà dell'obbligato non venne soppressa, ma semplicemente limitata per un determinato oggetto ed entro determinati limiti di tempo e di luogo; ciò che è legittimo, non contrastando con l'art. 1122 C. C. Ciò premesso osserva il Collegio che mentre l'attrice sostiene che a quanto erasi pattuito nell'art. 15 della polizza la convenuta contravvenne, costei invece, pur non contestando di avere concluso il nuovo contratto per fornitura di energia elettrica con altro fornitore, oppone di avere legittimamente proceduto in quanto se non ebbe a rimuovere il contratto con la S.E.A.M., ciò dipese dal rifiuto opposto dal rappresentante dell'attrice a concedere quelle condizioni contrattuali più favorevoli e meno onerose per l'utente che la Società Valcuviana concedeva. E poichè tale suo assunto la convenuta offre di dimostrare, ritiene il Collegio di disporre la prova per testimoni all'uopo dedotta, influente e pertinente ai fini della controversia. Provato invero quanto la convenuta assume, la domanda di danni proposta dall'attrice dovrebbe essere senz'altro disattesa per la insussistenza della lamentata violazione contrattuale. Torna difatti utile osservare che interpretato il contratto secondo la comune intenzione delle parti in ossequio all'art. 1131 C. C. *sotto il termine « condizioni di prezzo » cui si accenna negli art.* 13 *e* 15 *della polizza, non deve intendersi soltanto il corrispettivo per ogni kilowattore fornito,* MA TUTTO CIÒ CHE RENDE MENO ONEROSO IL CONTRATTO. La stessa difesa della Società istante non contesta che in tali sensi va interpretata detta clausola, e così fu anche ritenuto da questo stesso Tribunale in altre numerose cause identiche all'attuale promosse dalla S.E.A.M., contro suoi abbonati. Non potrebbe pertanto la istante dolersi che la convenuta ebbe a contrattare con altra Società concorrente, dimostrato che essa non intese rinnovare il contratto a quelle meno gravose condizioni contrattuali praticate dalla Valcuviana. In ordine alla domanda di pagamento della somma di L. 8,80 di cui alla bolletta prodotta, rappresentante, come l'attrice assume, il conguaglio dal 2 dicembre 1930 al 1° gennaio 1931 per energia elettrica consumata compresa la tassa governativa e il nolo del contatore, osserva da ultimo il Collegio che la convenuta eccepisce che mai le venne presentata come è stabilito dal patto 10° della polizza, la bolletta portante tale addebito. Di fronte a tale impugnativa e di fronte al contenuto del patto sopraindicato, che prescrive che il pagamento deve dall'utente effettuarsi a presentazione della bolletta, si dimostra rilevante la prova all'uopo invocata dalla convenuta, per giustificare, ad ogni effetto, la propria morosità. Ogni altro provvedimento compreso quello delle spese va rinviato all'esito del disposto mezzo istruttorio, e può autorizzarsi la provvisoria esecuzione della vertenza data la natura commerciale della causa (art. 4099 P. C.).

P. Q. M. (*omissis*).

NOTA

(1) Le due sentenze sopra riportate fanno parte di un gruppo numeroso di sentenze emanate dal Tribunale di Busto Arsizio in cause ivi vertite fra la Società Alto Milanese ed utenti suoi.

Lamentava la Società che da parte degli utenti si fosse violato, mediante stipulazione di nuovi contratti con altri fornitori, il patto di prelazione che li vincolava nei confronti di essa società.

Opponevano gli utenti che essi al patto avevano tenuto fede, sottoponendo alla società le offerte di contratto avute dai fornitori concorrenti; e che era stata proprio la Società a non valersi del diritto suo, in quanto, pur accettando di praticare i minori prezzi offerti dalla concorrenza, aveva però preteso di tener ferme nel nuovo contratto tutte le altre condizioni contrattuali (obbligo dei minimi di consumo, ecc.) non richieste dai concorrenti, condizioni che rendevano più oneroso il contratto.

Il Tribunale di Busto Arsizio, nelle numerose sentenze in cui ha esaminato la controversia, in relazione ai casi concreti sottopostigli (tutti perfettamente analoghi) ha dato ragione agli utenti.

Il criterio seguito dal Tribunale di Busto si risolve più che altro in una dimostrazione di fatto, nella indagine cioè della comune intenzione dei contraenti, nella interpretazione della portata e degli effetti del patto contrattuale secondo la presumibile volontà delle parti.

Niun dubbio, ha anzitutto affermato il Tribunale, sulla validità del patto di prelazione; la giurisprudenza è ormai unanime; il riconoscimento di tale validità può dirsi ormai *jus receptum*.

Niun dubbio del pari, aggiungiamo noi (ed implicitamente ha riconosciuto anche il Tribunale di Busto, che la questione non si è neppure proposta, scendendo senz'altro alla interpretazione del patto) che la clausola di prelazione, purchè limitata nel tempo e nello spazio in guisa da non costituire obbligazione illimitata, sia valida qualunque siano le condizioni cui le parti abbiano inteso di subordinarla. Se, ad esempio, il fornitore imponesse in contratto, e l'utente accettasse, un patto in forza del quale, allo scadere della fornitura, l'utente sia tenuto, ove voglia ancora servirsi di energia, a rivolgersi al precedente fornitore, per un termine prefissato, non solo a preferenza che ad altri fornitori, ma anche alle stesse condizioni di prezzo vigenti, quantunque egli ne possa da terzi ottener di migliori, non è chi non veda come il patto sia perfettamente valido.

Ciò che risolve ogni dubbiezza, in tal caso, è il termine apposto all'obbligo di rinnovo; come le parti possono liberamente stipulare un contratto per 12 anni anzichè per 6, nulla vieta che nel contratto sessennale vi sia l'obbligo del rinnovo puro e semplice per un altro sessennio, qualora all'utente occorra sempre la fornitura.

A maggior ragione quindi deve ritenersi valido il patto (che interessa la questione concreta) con cui il fornitore si riserva il diritto di essere preferito nella fornitura, per un tempo determinato, a parità di prezzo con i concorrenti eventuali, ma tenendo ferme le condizioni contrattuali sue, anche se più gravose.

Il Tribunale di Busto, ripetesi, ha implicitamente ma necessariamente ritenuto la validità di un patto siffatto; tanto che, per risolvere la controversia concreta sottopostagli, si è preoccupato di stabilire se le parti avessero pattuito una clausola di tal genere (nel qual caso doveva riconoscersi il buon diritto della società) oppure, parlando di « uguali condizioni di prezzo » avessero inteso riferirsi alla uguaglianza di tutte quelle condizioni contrattuali, che, rendendo più o meno oneroso per l'utente il contratto, si ripercuotono, benchè indirettamente, sul costo della energia da fornirsi.

Ed ha risolto la questione aderendo alla seconda delle tesi sopra accennate.

Decisione, ripetesi, di mero fatto, la quale, più che a crear precedenti, varrà a porre in guardia le società fornitrici di energia elettrica perchè più esplicite ed indubbie siano le clausole da inserire nei loro contratti tipo. La clausola di prelazione infatti, come fu sempre riconosciuto dalle nostre magistrature, costituisce, al pari del patto di esclusività, una necessità dei produttori di energia, che non potrebbero immobilizzare gli ingentissimi capitali che tale industria richiede, nè produrre con continuità una merce costosa e non immagazzinabile, senza una una relativa sicurezza di uno smercio adeguato e costante. Per conservare gli utenti, possono le imprese, talora con sacrificio, acconciarsi a praticare prezzi minori, imposti dalla concorrenza; ma sarebbe invero troppo pericoloso che, ad ogni rinnovo di contratto, oltre a rivedere i prezzi caso per caso, fossero costrette persino a modificare per i singoli le loro condizioni generali di fornitura, con danno anche della propria organizzazione amministrativa. (Si pensi al caso di un concorrente che pratichi diverse condizioni più spaziate di pagamento; dovrebbe forse il precedente fornitore, per non perdere il cliente, modificare la propria organizzazione per la esazione, o crearne delle nuove per i clienti singoli?). Basterà che le società si cautelino con una maggiore precisazione della clausola. E parrebbe a ciò idoneo lo stabilire che l'utente si obbliga a concedere la prelazione al fornitore purchè gli sia praticato il minor prezzo offerto dal concorrente, ma precisando che tutte le altre clausole contrattuali saranno tenute ferme nel nuovo contratto, anche se più gravose di quelle offerte dalla concorrenza, intendendosi per ugual prezzo solo il prezzo unitario della energia, fermi restando gli altri obblighi correlativi (minimi di consumo, condizioni di pagamento, sopra-prezzo per la produzione termica, ecc.). Un patto così chiaramente stillato non avrebbe lasciato dubbi neanche nel caso risolto dalle annotate sentenze.

Ma è poi vero (per tornare al caso contemplato dalle sentenze suddette) che la clausola della Soc. Alto Milanese si dovesse interpretare (anche così e come stillata) nel senso affermato dal Tribunale di Busto? Ci sembra che il Tribunale lo abbia più affermato che veramente dimostrato.

Dice il patto che la Società, per esercitare il suo diritto di prelazione, deve fornire la energia « *a prezzo non superiore* a quello chiesto da altro fornitore » ed aggiunge che il nuovo abbonamento sarà fatto per un sessennio « alle condizioni generali del presente ».

Ma — ha osservato il Tribunale — le altre condizioni (minimi di consumo, esazioni, ecc.) influiscono « sullo esborso complessivo dello utente » si risolvono in aggravii di costo.

Tutto questo può essere vero, supponiamo anzi, ai fini della tesi, che lo sia. Si ammetta cioè che le condizioni fatte dal nuovo fornitore si risolvano, a parità di prezzo, in un minor costo della energia.

Ma sarà per questo tenuto il precedente fornitore a consentire non solo il minor prezzo, ma anche quella maggiore convenienza economica del contratto che è determinata dalle altre condizioni accessorie?

La lettura del patto sembra debba far decidere per la negativa. La convenienza economica di un contratto può essere valutata, a parità di condizioni della merce fornita, in base a due elementi concorrenti ma distinti: il *prezzo* della fornitura, e le *condizioni* della stessa (che pure a parità di prezzo possono renderla più o meno gravosa).

Questa distinzione precisa dei due elementi si trova appunto nel patto in esame; nel quale si legge che, quanto al prezzo, il fornitore dovrà praticare quello minore che sia da altro richiesto, mentre, quanto alle condizioni generali, potrà tener ferme quelle del contratto in corso.

Ed allora la interpretazione del Tribunale di Busto, a nostro sommesso avviso, non solo non è conforme allo spirito ed alla lettera del patto, ma è con lo stesso in aperto contrasto; non avrebbe infatti alcun senso l'ultima parte della clausola (il richiamo alle condizioni generali) se anche queste debbano essere modificate ogni qual volta possano avere una influenza sugli effetti economici del contratto.

AVV. ALESSANDRO PATRUCCO.

# PRASSI AMMINISTRATIVA

Nella presente rubrica vengono riassunti principii, che hanno carattere generale, ma che vengono affermati dalla giurisprudenza o dalla stessa Pubblica Amministrazione in occasione di specifici provvedimenti amministrativi in materia attinente a derivazioni di acque pubbliche a scopo di produzione di energia elettrica o di provvedimenti relativi a servitù di elettrodotto, concessioni di sussidi a impianti e linee elettriche, laghi e serbatoi artificiali etc. La massima viene desunta dal testo di sentenza o decisione o dal decreto, e dal relativo parere del Consiglio dei LL. PP.; la ricerca del provvedimento testuale è resa possibile ai lettori colle indicazioni della decisione o sentenza — che vengono indicati per ciascuna massima — o della data del decreto — e annesso disciplinare che sono pubblicati nel *Bollettino del Ministero dei Lavori Pubblici* — colla data e numero del relativo parere del Consiglio dei LL. PP. In ogni modo la Direzione della Rivista è a disposizione degli interessati per ogni altra ricerca, richiesta di copie e simili.

La Rivista *L'Energia Elettrica* non ha bisogno di richiamar la importanza di queste massime, che costituiscono precedente giudiziario e amministrativo che vale spesso a risolvere casi pratici controversi, in via di interpretazione giurisprudenziale od autentica attuata in casi analoghi.

Ogni massima ha un numero progressivo che sarà richiamato nell'apposito indice annuale.

225 — *Proroga di concessioni idroelettriche già vigenti prima del* 1919 - *Istanza concorrente di maggior utilizzazione - Irrilevanza.*

Nel caso che sia richiesta la rinnovazione di una concessione idroelettrica anteriore al 1919 e che, nella relativa istruttoria sia presentata istanza concorrente che prevede una maggiore utilizzazione e per un impianto da costruirsi *ex novo*, quest'ultima può essere respinta, ove a favore della prima domanda di rinnovazione militi la considerazione di motivi prevalenti di interesse economico nazionale, che escludano l'opportunità di effettuare nuovi impianti, con una spesa non indifferente.

D. R. 1° giugno 1931. Società A.C.N.A. Derivazione dal Tirino in Comune di Bussi (Aquila). Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 877 del 1929 e 1081 del 1930. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1932, pag. 9-10).

226 — *Proroga di concessione idroelettrica anteriore al* 1919 - *Estenzione alle acque di supero.*

In occasione del rinnovo di una concessione idroelettrica anteriore al 1919 ouò esser imposto al concessionario l'obbligo di utilizzare anche le acque di supero rispetto alla quantità prevista dal primo decreto, anche, se del caso, mediante assorbimento di utenze legittime preesistenti, salvo l'obbligo di cedere agli utenti, in corrispettivo, la quantità di energia corrispondente.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 10.

227 — *Progetto esecutivo di concessione idroelettrica - Aumento di portata — Caso di non necessità di ulteriore istruttoria.*

L'aumento di portata e di conseguente utilizzazione prevista nel progetto esecutivo di un impianto idroelettrico, in confronto del progetto di massima, non induce di necessita una ulteriore istruttoria, quante volte il punto di derivazione all'incirca risulti quello originariamente previsto.

D. R. 2 luglio 1931. Soc. Idroelettrica dell'Isarco. Derivazione dall'Isarco in Comune di Bolzano. Parere Cons. Sup. LL. PP., n. 1594 del 1929 (*Boll. Min. LL. PP.*, 1931, pag. 3125.

228 — *Disciplinare di concessione idroelettrica - Clausole speciali nell'interesse della difesa militare - Rimboschimento.*

Fra le clausole speciali introdotte nell'interesse della difesa militare in un disciplinare di concessione idroelettrica può esservi quello per cui alla società concessionaria è imposto l'obbligo di eseguire i lavori col minimo danno dei boschi e delle singole piante e di provvedere al rimboschimento delle zone adiacenti alla costruzione che fossero prive di alberatura e con alberatura troppo rada.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 3135-36.

229 — *Disciplinare di concessione idroelettrica - Clausole particolari nell'interesse della difesa militare - Predisposizione di opere per la distruzione degli impianti in caso di guerra.*

Nel disciplinare di una concessione idroelettrica può, nell'interesse della difesa militare, essere introdotta una clausola in virtù della quale alla Società concessionaria può esser imposto l'obbligo di eseguire durante la costruzione dell'impianto certi determinati lavori ritenuti necessari dall'Autorità militare per la sollecita distruzione o inutilizzazione dell'impianto stesso, naturalmente in caso di guerra. Tali lavori possono consistere, nella specie, in più manufatti da mina (nei pozzi muniti di chiusino fori cilindrici nelle e pile e nelle gallerie nel canale) posti lungo l'asse della diga e nei vari manufatti. Può essere prescritto che tali opere debbano essere compiute contemporaneamente alle opere di costruzione degli impianti, e che per le medesime debba essere prestata speciale cauzione in numerario, da restituirsi dopo il collaudo speciale.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 3136-37.

230 — *Disciplinare concessione idroelettrica - Clausole nell'interesse militare - Particolari oneri oltre quelli del consueto tipo.*

Fra le clausole speciali di interesse della difesa militare che possono essere inserite nel Capitolato speciale di concessione idroelettrica, possono essere imposte quelle relative ad oneri speciali che impongano: *a*) *l'oscuramento* di tutte le luci esterne e del fabbricato, quest'ultimo mediante pesanti tendoni a tutte le finestre, atti ad impedire in modo assoluto che la luce interna riesca a trapelare dall'esterno; *b*) il *mascheramento* delle condotte forzate mediante piantagioni di rampicanti, coltura a zolle e giardini, o mediante colorazioni grigio-roccia.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 3140-41.

231 — *Concessione idroelettrica - Sostituzione volontaria di concessionario - Contemporaneo assorbimento di altre concessioni.*

In occasione della approvazione, da parte dell'autorità concedente, della volontaria sostituzione di uno ad altro concessionario, può contemporaneamente autorizzarsi l'assorbimento della derivazione di cui alla concessione ceduta, con altra maggiore derivazione o già esistente o di nuova concessione accordata al concessionario sostituto.

D. R. 10 ottobre 1931. Concessione Soc. An. Acciaierie e Ferriere Lombarde. Derivazione dal Serio. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1932, pag. 168).

232 — *Concessione idroelettrica in via precaria - Sussidio governativo precariamente concesso.*

Una concessione idroelettrica può esser concessa in via precaria e subordinatamente alla condizione di altra maggiore utilizzazione, prevista o in via di istruttoria o anche già concessa tanto a favore della stessa Ditta concessionaria che di terzi ma non ancora eseguita. In tale occasione all'impianto concesso in via precaria può essere accordato il sussidio governativo, sempre in via precaria.

D. R. 10 agrsto 1931. Concessione Berra. Derivazione dal Tanaro in Comune di Bastia Mondovì (Cuneo). (*Boll. Min. LL. PP.*, 1932, pag. 225 e segg.

233 — *Concessione idroelettrica anteriore al* 1919 - *Rinnovazione - Formula.*

Il decreto di concessione idroelettrica, rilasciato in rinnovazione di altra concessione scaduta e anteriore al 1919 può contenere la seguente formula: « considerato che nel decorso del trentennio la derivazione è stata esercitata senza dar luogo a reclami o inconvenienti e che non si è verificata alcuna variazione nel corso d'acqua, per cui non ostano motivi di decadenza nè di pubblico interesse alla chiesta proroga ecc. ». Nella specie, naturalmente viene applicato l'aumento del canone di cui al D. L. 25 febbraio 1924, n. 456.

D. R. 4 settembre 1931. Concessione Soc. An. Manifatture Lane Borgosesia. Derivazione dal fiume Sesia in Comune di Varallo Sesia (Vercelli). Parere del Cons. Sup. LL. PP., n. 177 del 1931. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1932, pag. 24.

234 — *Concessione idroelettrica - Clausole nell'interesse della difesa militare - Aggiunte alla clausola tipo.*

Nel disciplinare di una concessione idroelettrica, fra le clausole di interesse della difesa militare può essere introdotta quella con la quale si impone al concessionario di sistemare a sue spese con interruzioni, mascheramenti ed accessori, secondo le disposizioni che saranno date a suo tempo, previo sopraluogo e di concerto col competente ufficio tecnico dall'autorità militare, la quale ha facoltà di controllo, sorveglianza, ecc. la località ove ha sede l'impianto.

D. R. 28 agosto 1931. Concessione al Comune di Gorizia. Derivazione dal fiume Fontefredda di Gorizia). Parere Cons. Sup. LL. PP., n. 559 del 1931. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1932, pag. 102.

# NOTE E RIASSUNTI

## RECENTI SVILUPPI TERMOTECNICI NELLA PRODUZIONE DELL'ENERGIA

*L'Ingegnere*, n. 1, 1932. – Prof. Ing. Gino Bozza.

L'A. passa in rassegna i progressi realizzati in questi ultimi anni nei metodi per la trasformazione dell'energia termica in energia meccanica, mettendo in evidenza come per i motori con ciclo ad esplosione, il rendimento del 26% realizzato, verrà molto probabilmente superato per l'aumentata velocità della combustione e per l'introduzione del ciclo a 6 tempi, col quale si sarebbe raggiunto in fase sperimentale il rendimento del 36%. Per i motori con ciclo Diesel si è arrivati ad un rendimento del 35%, con potenze mai prima raggiunte. I fluidi impiegati nei cicli a vapore sono l'acqua ed il mercurio, e si prevede che si supererà rapidamente il rendimento medio attuale del 35% toccando il 40%; gli altri elementi, il difenile e l'ossido di difenile non presentano caratteristiche termodinamiche e chimiche adatte a cicli di lavoro, mentre possono trovare utile applicazione nel campo della trasmissione del calore. Progressi notevoli si sono pure realizzati nel campo della combustione, specie per l'estensione su vasta scala dei combustibili polverizzati. La continua incessante evoluzione ci ha così condotti gradualmente da rendimenti del valore di 0,82%, trovato dal Newcomen, or sono circa 160 anni per la prima macchina a vapore, a quello del 40% per gli impianti a mercurio, ed alla produzione di enormi quantità di energia che nei soli Stati Uniti è vicina ai 100 miliardi di kWh annui.

Per i motori a scoppio a ciclo Otto, l'inferiorità del rendimento di fronte al Diesel è dovuta in parte all'incompleta combustione con formazione di $CO_2$, o, se si vuole avere combustione completa, alla necessità di forti eccessi d'aria con relativa altissima perdita di calore nei gas di scarico. Un altro fattore predominante è costituito dalla velocità della combustione della miscela; i progressi fin'ora realizzati sono stati però principalmente costruttivi, intesi cioè a dare maggior sicurezza al motore, e volti all'impiego di nuovi carburanti. Le velocità di esplosione crescono rapidamente al crescere della pressione iniziale fino ad un massimo fra 5 e 10 atm, poi ridiscendono altrettanto rapidamente: ad esempio la miscela aria benzina, con temperatura iniziale 50° ha una velocità di 7 m/sec a 5 atm, 17 m/sec a 10 atm, 8 m/sec a 15 atm, 2 m/sec a 25 atm; questi valori poi variano con la quantità di aria, presentando un massimo nella zona di forte deficienza dell'aria stessa. L'esame di questi fenomeni ha condotto a sperimentare un motore a 6 tempi, due dei quali sono attivi, cioè:

1° aspirazione di una miscela povera di aria rispetto alle quantità teorica richiesta, ma che non dia nerofumo, oppure con tale eccesso di combustibile da ottenere abbondante produzione di nerofumo;
2° compressione ed esplosione;
3° combustione incompleta ed espansione;
4° ricompressione con l'aggiunta di aria sotto pressione;
5° seconda combustione ed espansione;
6° scarico che avviene a 4/6 atm e quindi con eventuale ricupero dell'energia dei gas in apposita turbina.

Nelle prove eseguite su motore da 9 HP a 220 giri si è trovato un rendimento del 24%, col funzionamento a 4 tempi, e del 37% col funzionamento a 6 tempi.

Col motore Diesel si è arrivati alla potenza di 18 000 HP, con 2000 HP per cilindro, un rendimento del 36% ed un consumo di 240 gr per kWh. Per i tipi fino a 2000 HP sono risultati convenienti motori a 4 tempi, per potenze superiori a 2 tempi a semplice effetto, fino a 10 000 HP, e a doppio effetto oltre tale potenza. I progressi sono anche qui dovuti alla sovralimentazione e tutto lascia prevedere una larga applicazione di questo motore nell'aviazione, come si ha nelle costruzioni navali.

La turbina a gas è usata in generale per il ricupero dell'energia dei gas di scappamento dei motori, poichè il problema della utilizzazione diretta del combustibile urta contro la difficoltà della ricerca del materiale adatto per le pale, data la temperatura elevatissima che si raggiunge nella combustione; comunque sono allo studio speciali sistemi di raffreddamento da parte di autorevolissimi tecnici. Il concetto di utilizzare il calore dei combustibili a mezzo di fluidi applicato da circa 8 anni ha condotto a vantaggi enormi poichè mentre il consumo del combustibile è aumentato del 30 %, la produzione dell'energia è cresciuta del 120%; tutto ciò è dovuto ai progressi nel rendimento della combustione e nella trasmissione del calore al fluido intermedio, nonchè ai miglioramenti del rendimento del ciclo. Infatti si sono introdotte delle griglie metalliche moderne, si sono trasformati i focolari sviluppando i metodi di combustione a polverizzato, si è cercato di aumentare la quantità di calore trasmessa per irradiazione a detrimento di quella per convenzione giungendo al rapporto 8 a 2, si sono aumentate le potenze evaporanti, si è adottato il preriscaldamento dell'aria e si è giunti ad altissimi tassi di combustibile bruciato per unità di misura. La grandezza dei focolari e delle caldaie è stata così ridotta enormemente tanto che la Centrale di East River ha potuto installare 3 caldaie da 400 mila kg/ora ciascuna, sulla stessa area che prima sarebbe stata occupata da 2 caldaie da 115 mila kg/ora. Il rendimento delle caldaie, coll'aumentato coefficiente di trasmissione a 100 kg/m². ora, supera normalmente l'85% e può arrivare al 90% in relazione al tipo di combustibile; così è pure aumentata la potenza delle caldaie che in Italia ha raggiunto i 2000 mq ed all'estero ha superato detto valore.

Il rendimento della trasformazione del calore è, come si sa, riferito al ciclo di Carnot, ed i cicli impiegati sono sempre per vapori, perchè i gas non si prestano convenientemente a causa del loro debole contenuto termico. Inoltre i dati inerenti ai pesi molecolari, ai valori atomici, ai calori specifici di vaporizzazione etc. mostrano che dal punto di vista del ciclo il più favorevole è il mercurio a molecole monoatomiche, seguito dall'acqua; sono sfavorevoli invece il difenile e l'ossido di difenile. Quanto poi alla quantità di calore per kg, favorevole è l'acqua, a basso peso molecolare: gli altri sono molto lontani ed all'incirca equivalenti.

Dall'esame pertanto delle diverse proprietà e caratteristiche emerge che i due fluidi organici sono sfavorevoli se usati secondo un ciclo a condensazione semplice: s'imporrebbe immediatamente la rigenerazione; al riguardo basta pure confrontare le curve di cui al diagramma ($T$ $S$) in figura. Essi potrebbero essere considerati solo in un ciclo a due fluidi in cui il calore venisse ceduto, ma anche qui il mercurio presenta senz'altro notevoli vantaggi. Risulta però che essi hanno buon impiego nel riscaldamento indiretto come fluidi trasportatori di calore e ciò per l'elevato contenuto termico per unità di volume, a temperature elevate con pressioni relativamente basse, e per i buoni coefficienti di trasmissione, tanto che essi sono anche proposti per il surriscaldamento intermedio. Tutte queste applicazioni hanno pertanto condotto allo studio della termodinamica di questi vapori e principalmente del vapor d'acqua e di quello del mercurio, anche nelle condizioni critiche, e giungendo attraverso le ricerche di Van der Waals, del Callendar e di altri, a deduzioni molto importanti per le teorie dei diversi stati della materia.

Il rendimento delle trasformazioni negli impianti termici, con riferimento al teorema di Carnot, è stato aumentato per successive fasi e cioè: aumento del salto fra le temperature estreme, incremento delle pressioni di esercizio, incremento delle temperature del vapor d'acqua ecc. fino agli impianti a più fluidi. I primi progressi tangibili si ebbero col surriscaldamento e la condensazione: con un surriscaldamento a 350° e condensazione a 30° si realizza, per il ciclo di Carnot, un rendimento di 0,514, ma un rendimento termico totale di 0,19 circa, se è buono quello della caldaia. La pressione era stata sempre limitata intorno alle 20 atm, con valori tipici massimi nel 1918 si hanno: 24,5 atm, temperatura 354°, due preriscaldamenti, rendimento termico 0,22. Successivamente si ebbero le 60 atm per l'impianto di Borsig, nel 1925, le 103 atm alla centrale di Mannheim, le 120 atm nell'impianto di Ilse, l'ingrandimento di Langerbrugge a 200 atm e gli impianti di Benson a pressione critica di 240 atm. L'impiego dell'alta pressione, superiore alle 100 atm, esige la circolazione forzata del vapore per liberarlo dall'acqua senza eccessive difficoltà, e da qui l'adozione di vari artifizi come quello Atmos con i tubi a rotazione per raccogliere il vapore al centro e consentire una facile trasmissione ecc. Per le pressioni inferiori a 100 atm è sufficiente, per una buona

trasmissione, la semplice circolazione dell'acqua nei tubi dei focolari.

In base a quanto risulta dal diagramma entropico dell'acqua l'impiego delle alte pressioni impone il surriscaldamento fino a limiti che oscillano intorno ai 400° per gli impianti americani ed a valori che hanno superato i 450° e più per gli impianti

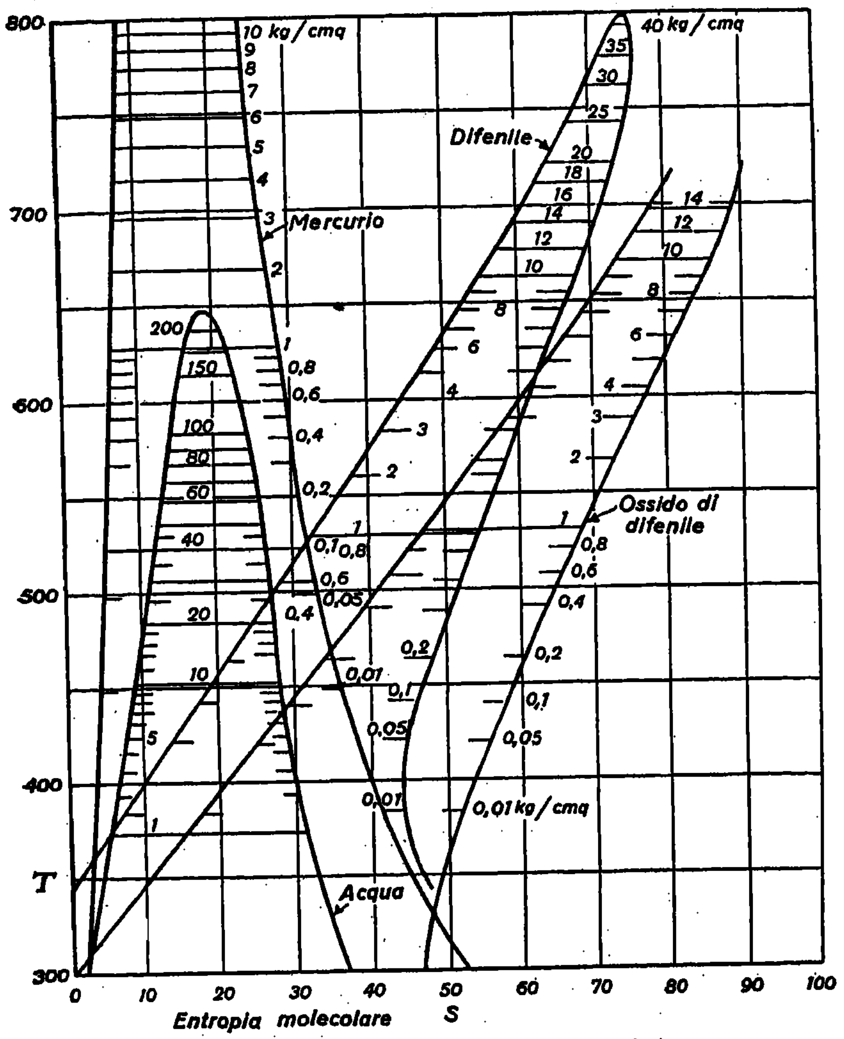



Fig. 1. - Diagramma entropico dei diversi fluidi in esame: vapor d'acqua, mercurio, difenile e ossido di difenile.

europei. Da qui l'impiego di acciai speciali del tipo inossidabile, al nichel cromo molibdeno: è probabile che 500° sia il limite massimo di surriscaldamento ammissibile. L'impiego di pressioni elevate, in impianti a condensazione, porta alla necessità del surriscaldamento intermedio, poichè l'umidità del vapore, negli ultimi stadi, è tale da diminuire notevolmente il rendimento della turbina e da provocare corrosioni forti. Alcuni costruttori sono ricorsi all'adozione di speciali canali nelle ruote della turbina e ciò consente l'evacuazione dell'acqua che si separa; altrimenti il surriscaldamento intermedio verrebbe effettuato in due modi: *a*) prelevamento del vapore umido e passaggio attraverso un focolare apposito o in quello delle caldaie principali; *b*) scambio di calore da vapore o da altro fluido.

Nella valutazione delle condizioni per il rendimento massimo entra naturalmente in giuoco anche il fattore della potenza della turbina, in quanto che pressioni troppo alte per potenze moderate conducono a palette troppo corte, con forti perdite relative per fughe di vapore. La pratica poi di cicli a rigenerazione, con le prese intermedie di vapore per il preriscaldamento dell'acqua di alimentazione della caldaia, consente di aumentare sensibilmente i valori dei rendimenti. Per incidenza si può notare che non sembra debba convincere la presa di vapore al disotto di 6000 kW, come non convengono le alte pressioni per turbine di piccola potenza; e di qui il rifiorire degli impianti a stantuffo, arrivando a 100 atm e 400 kW con quello di Carey. Con le turbine a contropressione le cose cambiano completamente: si può innalzare molto la pressione senza dover ricorrere al surriscaldamento intermedio e non si hanno le difficoltà dei grandissimi volumi allo scarico.

Sui rendimenti attuali con carichi elevati si hanno i seguenti valori: 3150 kcal/kWh (centrale di Columbia, rendimento 27,3 %) e si stima che si possano raggiungere 2400 kcal/kWh (rendimento 35,8 %) con tutti gli accorgimenti precedentemente indicati. Anche in caso di carichi molto variabili l'impiego di impianti di accumulazione o di turbine con regolazione delle prese intermedie permette di ottenere pure rendimenti abbastanza alti (26 ÷ 28) %. Per quanto riflette l'impiego dei materiali occorre notare che a temperature elevate non esiste più un vero limite elastico, ma si ha una deformazione permanente continuamente crescente: le prove rapide pertanto danno valori che non hanno alcun significato per le costruzioni che debbano essere soggette a lungo a carichi elevati e ad alta temperatura. Il criterio di calcolo deve ammettere allora una dilatazione continua, tale che nel periodo presumibile di vita non conduca a deformazioni pericolose.

Negli impianti a più fluidi a cui si è accennato, il mercurio ha avuto maggiore successo come fluido sussidiario all'acqua. Sono note le caratteristiche del primo impianto a mercurio: velocità turbina a Hg 700 giri/min; pressione vapore Hg 5 kg/cm²; temperatura 474°; pressione di condensazione 0,05 kg/cm²; temperatura 227°; vapor d'acqua prodotto all'ora 59 000 kg; pressione vapore 19,3 kg/cm²; temperatura 360°; potenza turbina a Hg 10 000 kW; potenza complessiva 23 000 kW. Il rendimento medio di un anno è risultato di 2550 kcal/kWh ossia 33,7 % e si spera arrivare al 40 %. Un altro recentissimo studio di un ciclo a due fluidi è quello di Könemann, che impiegherebbe l'ammoniaca che si può liberare dagli ammoniacati di cloruro di zinco $ZnCl_2 \, NH^3$ e $ZnCl_2 \, 2 \, NH^3$. Infine una notevole importanza nell'economia degli impianti termici è la questione dei recuperi di calore nelle varie industrie i quali vanno ad aumentare i valori dei rendimenti, così si hanno: ricupero dell'energia dei gas di scarico nei motori a gas, a scoppio e Diesel, recupero del calore dai fumi dei forni metallurgici, recupero del calore dei fumi soffiati nel tiraggio delle griglie a catena etc.

V. Ru.

---

## L'ELETTRICITA' CHE GUARISCE GLI AMMALATI

(RECENTI PROGRESSI NELLE APPLICAZIONI CHIRURGICHE E MEDICHE DI CORRENTI AD ALTA FREQUENZA).

*Electrical Review*, 27 novembre 1931. - Dr. E. P. CUMBERBATCH.

I progressi più importanti, che si sono avuti negli ultimi anni nella cura delle malattie con l'elettricità, sono senz'altro quelli dovuti all'uso di correnti ad alta frequenza, le quali, impiegate con opportuni valori della frequenza, della tensione e della corrente, hanno dato alla Chirurgia sopratutto e alla Medicina poi la possibilità di curare tante malattie in migliori condizioni e con maggiore sicurezza di guarigione.

1) TAGLIO DI TESSUTI VIVI CON SUTURA DEI CAPILLARI.

La più importante applicazione in Chirurgia è quella che ha permesso di sostituire al coltello, nel taglio dei tessuti vivi, un sottile ago assicurato ad un manico isolante e collegato al polo positivo di un generatore di corrente ad alta frequenza; all'altro polo si collega un elettrodo, generalmente piatto, che va a contatto con una determinata parte del corpo e, quando la corrente ha quasi raggiunto il suo valore massimo, si avvicina l'ago al tessuto in cura. Tra questo e l'ago si forma subito un arco che incide il tessuto e che si mantiene tutt'attorno all'ago quando questo penetra nel tessuto, quasi a proteggerlo, e anche quando si muove nel tessuto per tagliarlo: in questo caso l'arco taglia il tessuto vivo coagulando le pareti tagliate per una profondità di circa 1 mm, e queste, distaccandosi, lasciano il passaggio libero all'ago. Colla coagulazione delle superfici di taglio si ha contemporaneamente la sutura dei piccoli vasi sanguigni e linfatici, cioè il taglio del tessuto vivo avviene senza efflusso di sangue. Soltanto se l'ago incontra un vaso grande, la membrana di questo si taglia e si ha subito efflusso di sangue che, con un metodo nuovo che costituisce un altro progresso nelle applicazioni di correnti ad alta frequenza in Chirurgia, si fa cessare in pochissimo tempo: riunendo e stringendo le parti distaccate con un forcipe collegato, colla sua parte metallica, all'elettrodo positivo del generatore si fanno poi attraversare le parti riunite da una corrente che le riscalda fino ad una temperatura di coagulazione. Quindi il forcipe si apre e lo si allontana dal vaso suturato. Questo metodo è molto più rapido dell'ordinario, col quale si legano e si stringono i vasi per impedire l'efflusso di sangue, e determina una economia di tempo preziosa quando coll'ago si incontrano diversi vasi grandi.

L'immediata sutura de' vasi capillari durante il taglio coll'ago è di grande importanza perchè evita la diffusione, attraverso detti capillari, di cellule cancerose; ciò accade invece facilmente al chirurgo che si serve del coltello in prossimità di un tumore maligno, dove maggiore è il pericolo del diffondersi delle dette cellule.

Un altro vantaggio importante della sutura dei vasi capillari durante il taglio, si ha quando l'operazione si eseguisce su certi tumori non maligni della scatola cranica; durante questa operazione si possono avere delle emorragie che non si possono fermare subito e facilmente quando si adopera lo scalpello,

coll'arco invece i piccoli vasi si suturano durante il taglio e quei pochi vasi grandi incontrati dall'arco si suturano rapidamente e facilmente nel modo descritto.

Anche le incisioni si eseguiscono meglio coll'arco e guariscono come quelle eseguite collo scalpello; perchè la sutura avvenga presto occorre che lo spessore di tessuto coagulato sia minimo, altrimenti la parte coagulata non viene assorbita e per eliminarla in altro modo si ritarda la guarigione.

Nelle altre sue applicazioni chirurgiche alle quali accenneremo ora, la corrente fa morire *in situ* il tessuto anormale o riscaldandolo fino a farlo coagulare tutto, oppure disseccandolo prima e poi bruciandolo: nel primo caso si ha la « coagulazione diatermica », nel secondo il « disseccamento elettrico ».

2) Coagulazione diatermica.

Nella « coagulazione diatermica » l'elettrodo attivo è costituito da un piccolo disco metallico che si pone a contatto del tessuto in cura e l'altro è costituito da una grande piastra metallica messa a contatto di qualche parte del petto o del dorso; la corrente che passa attraverso il tessuto ammalato cresce gradualmente di intensità man mano che lo stesso si riscalda e la sua resistenza di conseguenza diminuisce; il riscaldamento viene prolungato fino ad avere in tutto il tessuto ammalato la temperatura di « coagulazione ». La cura, per es., di un tumore canceroso alla lingua si fa mettendo questa a contatto coll'elettrodo positivo: si nota subito la coagulazione che si ha alla superficie di contatto dell'elettrodo, la quale diventa di color bianco-pallido; si continua poi il riscaldamento fino a far evaporare ogni liquido contenuto nella lingua. In principio la « coagulazione diatermica » si è limitata alla cura di tumori maligni in stato così avanzato da dover escludere ogni altro metodo: la diatermia ha ottenuto ottimi risultati in questi casi ed anche in quelli che in precedenza erano stati curati con altri metodi. Risultati efficacissimi si sono avuti pure colla « coagulazione diatermica » nella cura di certi tipi di tumori maligni della pelle, che avevano resistito in precedenza all'azione del radio.

Una difficoltà, che anche recentemente si incontrava nel processo della « coagulazione diatermica », era nella determinazione della profondità del tessuto coagulato nel caso di elettrodo attivo piatto a contatto della superficie del tessuto: una nuova tecnica ha fatto superare questa difficoltà ed ha allargato il campo di applicazione di questo metodo di cura. Il nuovo elettrodo attivo ha la forma di un ago che si introduce nel tessuto sano adiacente ad un tumore; man mano che l'ago penetra nel tessuto si aumenta l'intensità della corrente, così intorno all'ago si inizia la coagulazione estendendosi fino alla superficie. La profondità di immersione dell'ago è data dalla massima profondità raggiunta dal tessuto ammalato; oltre la punta dell'ago, e intorno allo stesso, lo strato coagulato non deve avere uno spessore superiore a 1 o 2 mm, e così viene regolata la profondità della coagulazione. Appena la coagulazione si manifesta alla superficie, si estrae l'ago e lo si immerge nel tessuto sano in un punto adiacente al primo e al tessuto del tumore, raggiungendo la stessa profondità di coagulazione precedente; ciò ripetendo fino a circondare il tumore, si costituisce alla fine una barriera di tessuto coagulato nella quale i vasi sanguigni sono stati chiusi e perciò è impedito il diffondersi di cellule provenienti dal tumore. Senza questa barriera protettiva ogni rimozione del tumore, che può in seguito essere tagliato e asportato, potrebbe riuscire pericolosa.

Questo processo combinato di coagulazione del tessuto sano circostante e della consecutiva rimozione del tumore col coltello elettrico, è richiesto sopratutto nei casi in cui si hanno tessuti anormali in uno stato molto avanzato e quando la posizione anatomica non permette che si possano fare incisioni per la rimozione oltre una certa distanza, molto piccola, dal tumore.

3) Disseccamento elettrico di tumori.

La terza applicazione chirurgica delle correnti ad alta frequenza è, come detto, il « disseccamento elettrico di tumori »: nella cura del cancro non si sono avuti risultati soddisfacenti con questo metodo, nella cura di tumori non maligni e di altri tipi di tumori, invece, la sua efficacia è stata presto riconosciuta. E col migliorarsi della tecnica si è attualmente riusciti ad avere un metodo efficacissimo per la cura di diversi tumori della pelle, di protuberanze sul corpo e di masse carnose createsi negli organi pelvici, di porri e segni di nascita, ecc.

L'operazione si svolge nel modo seguente: il paziente si mette disteso su un « letto condensatore », nel quale cioè un foglio sottile di ebanite copre una lamiera più piccola di metallo connessa ad un polo del generatore, l'altro polo essendo collegato ad una bacchetta metallica che il paziente stringe con una mano; l'operatore tiene in mano un elettrodo con manico isolato, che somiglia ad un ago grosso, e ne porta la punta quasi a contatto del tessuto da trattare; su questo si scaricano con grande frequenza delle scintille corte che disseccano il tumore piuttosto che bruciarlo. Regolando il generatore e aumentando gradatamente la lunghezza delle scintille, si trasforma il tumore in una piccola massa secca, che si può asportare, se si distacca facilmente, ovvero rimuovere con uno scalpello. Dopo l'operazione il paziente prova una sensazione piacevole perchè non ha più il tumore; e la cicatrice è liscia, soffice ed elastica.

4) Chirurgia elettro-termica.

Dopo quanto esposto si può stabilire quanto appresso.

Nei tre metodi descritti la corrente ad alta frequenza produce calore, ma in modi e con effetti diversi, variando nei tre casi le sue caratteristiche elettriche.

Nel « taglio » la corrente deve avere una frequenza alta per poter mantenere una temperatura elevata, quella dell'arco, in una regione molto limitata, intorno all'ago che si muove nel tessuto; nella « coagulazione » deve essere grande la intensità della corrente, superiore a quella necessaria per il « taglio » coll'ago, ed in grado di produrre calore sufficiente per coagulare le proteine distribuite nel tessuto; nel « disseccamento elettrico » deve essere piuttosto alta la tensione, perchè si abbia una scarica frequente di scintille prima sulla superficie del tessuto e poi sugli strati successivi, scintille che dànno una temperatura molto elevata e perforano e disseccano rapidamente il tessuto. La stessa corrente ad alta frequenza non può dunque servire per le tre applicazioni considerate, perchè variano da un caso all'altro o la frequenza o la corrente o la tensione. La frequenza deve variare inoltre da tessuto a tessuto dello stesso corpo: in prossimità di muscoli, di nervi, ecc. il tessuto può essere più o meno eccitabile e si applica la frequenza più alta al tessuto più sensibile. La intensità di corrente deve essere in ogni caso molto più alta di quella che può tollerare il corpo in caso di correnti continue o alternate a bassa frequenza.

5) Diatermia medica.

Anche nella Medicina si è ricorso alle correnti ad alta frequenza per la cura di certe malattie ed anche in questo campo si sono affrontati in un primo tempo i casi più difficili, i reumatismi più intrattabili e le artriti deformanti. L'importanza della diatermia medica si è confermata però di recente con i successi ottenuti nella cura di certe malattie dell'occhio e dell'orecchio, in alcuni casi di *angina pectoris*, nella cura della polmonite lobare e sopratutto nel trattamento di infezioni agli organi pelvici; per questi ultimi casi il successo è frequente, il trattamento però richiede molte precauzioni nell'applicazione degli elettrodi e nella regolazione della temperatura. Infezioni normali e croniche si curano con temperatura massima raggiunta gradatamente di 114 gradi F, cioè 45°,6 C. Chi ha un po' di familiarità coi problemi di medicina si convince facilmente dell'importanza de' trattamenti diatermici a cui si è accennato.

6) Cura delle artriti e « febbre artificiale ».

Per le artriti se ne considera un tipo che è dovuto alla propagazione di infezione o di tossine da un focolare primitivo; questo può trovarsi nelle radici dei denti, nelle tonsille e spesso lo si trova nella cervice dell'utero. Se con la diatermia si toglie la vita al focolare infettivo, l'artrite scompare nel maggior numero dei casi e le articolazioni riprendono il loro funzionamento normale; anche quando l'artrite ha una lunga esistenza, durante la quale si sono avuti cambiamenti strutturali permanenti nelle articolazioni, si può avere colla diatermia qualche beneficio, con lo sradicamento della infezione, cioè con l'estinzione del focolare, e con la cura applicata successivamente alle articolazioni.

Le correnti richieste nella diatermia devono poter raggiungere una intensità relativamente alta, perchè l'elettrodo a piastra può avere una superficie di $\sim$ (200 $\div$ 250) cmq, perciò il generatore deve essere di grande potenza. (Si sono costruiti recentemente generatori con triodi, che sono molto silenziosi e sono particolarmente adatti in sale di ospedali). La frequenza non è ben precisata, perchè sembra che influisca sulla distribuzione del calore generato nel corpo; questo è un conduttore molto complesso, perchè i tessuti vivi sono permeati diversamente di vasi sanguigni e il sangue che vi scorre porta via per convezione più o meno calore, di quello generato nei tessuti stessi.

I più recenti progressi nella diatermia medica si hanno nell'uso di correnti ad alta frequenza per aumentare la temperatura dell'intero corpo, applicando un elettrodo piatto e grande al petto ed all'addome, e l'altro alla schiena. L'ordinario generatore usato in diatermia non è adatto per questo caso e si ri-

corre ad una costruzione speciale che può dare, sotto carico, una corrente di (4÷5) A per una a tre e più ore; si ottiene così una temperatura di 103, 104 ed anche di 105 gradi F (cioè di 39°,5 a 40°,5 C), cioè si produce una « febbre artificiale ». La febbre è da intendersi non come la diagnosi di malattia infettive accompagnate da aumento di temperatura, ma come l'aumento di temperatura che deriva dallo sforzo naturale di tutto l'organismo per sbarazzarsi dall'infezione, mentre i sintomi della malattia sono dovuti ai veleni prodotti dalla infezione.

7) VALORE DELLE TEMPERATURE ALTE E MIGLIORAMENTO DI METODI NATURALI.

I diversi metodi seguiti per liberare il corpo da molte forme di infezione, sono resi più efficaci col riscaldamento; l'aumento di temperatura, anche di un corpo sano, di 3° o 4° C con la diatermia, non produce nessuna sensazione spiacevole, si avverte una certa debolezza quando la temperatura ha raggiunto un massimo di 40°,5, ma scompare questa sensazione appena la temperatura ritorna al valore normale.

È da ritenersi che l'efficacia di molte cure derivi dal fatto che esse cagionano un aumento della temperatura del corpo: questo dicasi per le immersioni del corpo nell'acqua proveniente da sorgenti minerali, per le quali i buoni risultati sono stati attribuiti all'azione de' sali sciolti nell'acqua; e per le iniezioni di vaccini per la cura di infezioni, per le quali si ritiene che i vaccini iniettati abbiano un'azione specifica su quelli dell'infezione, mentre ragionevolmente i risultati terapeutici possono essere attribuiti all'umento di temperatura conseguente all'iniezione del vaccino.

Da qualche anno una malattia del sistema nervoso, nota come paralisi generale dovuta ad infezione, è stata curata con febbre di malaria indotta nel paziente e il successo ottenuto in alcuni casi lo si è attribuito alla incapacità degli organismi infettivi originali di sopravvivere in presenza di quelli prodotti dalla malaria. Recenti risultati hanno provato che l'alta febbre che può accompagnare la malaria, e non la malaria coi suoi organismi infettivi, risponde del successo. Sono stati trattati recentemente alcuni casi di paralisi generale, aumentando la temperatura del corpo a 105 gradi F (40°,5 C) a mezzo di corrente diatermica e i risultati sono stati buoni come quelli ottenuti inducendo la febbre di malaria: però i rischi che si hanno coll'uso della corrente diatermica sono minori.

La « febbre terapeutica » è il nome che si applica alla cura colla quale si aumenta la temperatura dell'intero corpo con corrente ad alta frequenza. Si può pensare che una tale cura sia irrazionale, perchè il corpo stesso non cerca di curarsi a questo modo. Ma il corpo non sempre può riuscire, l'aumento di temperatura che si può avere in esso naturalmente, è insufficiente talvolta a liberarlo dal male; una più elevata temperatura può ottenersi facilmente con corrente diatermica, ottenendo con sicurezza un buon successo come nel riscaldamento a 114° F (45°,6 C) della cervice dell'utero; dette temperature sono più alte di quelle che si possono avere naturalmente.

È perciò possibile che malattie che hanno progredito lentamente e sono diventate croniche, al punto di non poter produrre nel corpo una temperatura elevata, possono essere curate con successo con un aumento della febbre a brevi periodi, a mezzo di corrente diatermica, escludendo l'iniezione di elementi che sono talvolta dannosi e non riescono a dare la temperatura richiesta.

È molto presto, oggi, per predire l'avvenire delle cure con la « febbre terapeutica »: una nuova pagina è stata aperta nel libro della Terapia sperimentale e questa può essere il principio di un breve o di un lungo capitolo.

f. j.

# Necrologio

Nella tarda età di quasi 86 anni si è spento a Bologna il **Gr. Uff. Prof. Luigi Donati** che tutti gli elettrotecnici italiani conoscevano ed ammiravano. Nato a Fossombrone nel 1846 lo troviamo nel 1871 aiuto alla Cattedra di Fisica a Pisa, nel 1876 Professore a Milano, nel 1877 a Bologna alla Scuola di Ingegneria, titolare di Fisica Tecnica, nel 1879 anche di Fisica Matematica alla Rª Università. Insegnò anche per molti anni Elettrotecnica Generale alla Scuola di Ingegneria. Di questa fu anche Direttore nel quinquennio 1918-1923.

Nella Scuola fu professore principe. Lo stile delle sue lezioni era severo ed impeccabile. Alla lucidezza del suo pensiero, espresso sempre in forma concettosa e precisa, dava particolare risalto con la espressione matematica. Investigò della fisica tutti i campi e per certi rami fu vero innovatore, riuscendo a dare forma di dottrina a molti e svariati argomenti. Vissuto nell'epoca d'oro della Scienza seppe approfondirne molte delle sue branche, l'Elettrologia in particolare, e lasciò un poderoso lavoro di ricercatore e di scienziato in una innumerevole serie di scritti e di memorie, le più importanti delle quali furono riunite in volume a cura di estimatori, ammiratori, colleghi e discepoli, nell'occasione del suo collocamento a riposo.

Membro di molte accademie scientifiche non ambì onori di alcun genere, pur avendoli con la sua vita intemerata, solo dedicata, alla famiglia, alla scuola, allo studio, tutti meritati.

La scomparsa del Prof. Donati è grave lutto per la città che gli diede i natali, per Bologna che lo aveva cittadino venerato, per le Scuole Superiori dove egli insegnò e per la Scienza italiana cui egli aggiunse prestigio e decoro.

Pure a Bologna si è spento un altro vegliardo a quasi 87 anni: il **Comm. Ing. Alfonso Calzoni.** Il nome Calzoni è nome di benemerita ed antica famiglia di industriali bolognesi il cui ceppo, Alessandro Calzoni, fondò la tanto celebrata officina fin dal 1835 e si può dire che le prime macchine idrauliche in Italia, intorno alla metà del secolo scorso, per utilizzare l'acqua cadente sieno uscite da quella officina. Si sviluppò più tardi, sempre sotto la guida di ingegneri Calzoni e anche oggi è un Calzoni — l'Ing. Alfredo — che la dirige.

In qualunque campo Alfonso Calzoni portasse la sua attività lo faceva con un nobilissimo senso del dovere. Vice Presidente del Consiglio di Reggenza della Banca d'Italia di Bologna, Consigliere di Banche e di Società Industriali era circondato dalla riverenza di tutti. E i funerali, imponenti per larga partecipazione di ogni ceto di cittadini, di autorità, di amici, di dipendenti e di operai, furono l'espressione dell'unanime profondo rammarico per la Sua scomparsa.

# RASSEGNA TECNICA

## a) INVASI E SCARICHI DI PIENA NEI LAGHI SERBATOI

*L'Ingegnere*, 1931, N. 10. – DR. ING. PROF. UMBERTO PUPPINI.

L'Autore considera una regolarizzazione della legge di dipendenza fra affiusso integrale e durata dell'onda di piena e ricerca l'evento che dà luogo al massimo di portata nello scaricatore di superficie. Le indagini sono svolte per via analitica. Egli parte dalla considerazione dell'altezza totale della pioggia, in un evento eccezionale, catastrofico, data dall'espressione

(1) $$h = aT^n,$$

dove per i valori di $n$ e di $a$ si può fare riferimento alle ricerche del Massari, del Montanari e del Marchetti. Il primo dà $n = 1/2$ per bacini fino a 10 kmq, $n \cong 1/3$ per bacini di oltre 10 kmq; il secondo assume $h = 0{,}07\, T^{1/3}$ (per $h$ in m e $T$ in ore), e il terzo A. trova per la pianura Friulana $h = 0{,}0497\, T^{0.30}$

Considerando già compreso in $a$ l'effetto dell'assorbimento, il volume affluente per una durata di piena uguale alla durata della pioggia, sarà:

(2) $$U = AaT^n$$

e la portata media di afflusso

(3) $$p = AaT^{n-1},$$

dove $A$ è l'area del bacino imbrifero alla quota considerata. Per una quota generica $z$, a cui corrisponda un'area $S$, all'inizio dell'evento di pioggia per il quale si ha $t = 0$ e $z = 0$ se $q$ è la portata di deflusso dallo scarico di superficie al momento generico $t$, sarà:

(4) $$pdt - qdt = Sdz.$$

Da questa equazione per sostituzione degli elementi riferiti ad un dato stramazzo per scarico di superficie, di lunghezza $L$, altezza $H$ sulla soglia, della lama defluente, nel periodo di massima ritenuta, per successive trasformazioni si ha

(5) $$t = \frac{2\,V}{3\,p^{1/3}\,Q^{2/3}}\,\varphi(\beta)$$

dove $Q$ è il valore di $q$ per $z = H$, $V$ è il volume compreso fra i valori $z = 0$ e $z = H$ e $\beta$ è legata al rapporto $Q/p$. Questa eguaglianza ci dà il tempo che occorre perchè una piena di durata $T$ e di volume complessivo $U$ di afflusso, produca una sopraelevazione $H$ sulla soglia degli scarichi di superficie.

Da questa formula, per $t = T$, si ricava

(6) $$T = \frac{2V}{3Q}\,\beta\,.\,\varphi(\beta),$$

cioè le dimensioni dello scarico di superficie non saranno nè deficienti, nè esuberanti per una piena di portata di afflusso $p = AaT^{n-1}$ e di durata $T$. Tra le stesse quantità $T$, $V$, $Q$ esistono altre notevoli relazioni che si hanno combinando fra di loro le espressioni delle varie grandezze. Così si hanno le

(7) $$\beta^3 = \frac{Q}{A\,a\,T^{n-1}};$$

(8) $$Q = \gamma\, V^{3/2};$$

(9) $$Q = \left(\frac{2}{3}\right)^{\frac{n-1}{n}} . \beta^{\frac{n+2}{n}} [\varphi(\beta)]^{\frac{n-1}{n}} . V^{\frac{n-1}{n}} . A^{\frac{1}{n}} . a^{\frac{1}{n}};$$

(10) $$V = 1{,}50\, \beta^{\frac{n+2}{1-n}} . [\varphi(\beta)]^{-1} . Q^{\frac{n}{n-1}} . A^{\frac{1}{1-n}} . a^{\frac{1}{1-n}};$$

(11) $$Q\,.\,V^{\frac{1-n}{n}} = \left(\frac{2}{3}\right)^{\frac{n-1}{n}} . \beta^{\frac{n+2}{n}} . [\varphi(\beta)]^{\frac{n-1}{n}} . A^{\frac{1}{n}} . a^{\frac{1}{n}};$$

(12) $$Q = \left(\frac{2}{3}\right)^{\frac{3(n-1)}{n+2}} . \beta^3 . [\varphi(\beta)]^{\frac{3(n-1)}{n+2}} . \gamma^{-\frac{2(n-1)}{n+2}} . (A\,a)^{\frac{3}{n+2}}.$$

Tutte queste equazioni si prestano alla ricerca dell'evento di pioggia più pericoloso, così dati $A$, $a$, $n$, $Q$ si ha il massimo di $V$, oppure dati $A$, $a$, $n$, $V$ si ha il massimo di $Q$ ecc. Questi problemi trovano riscontro in altri studiati dal Massari, e dal Supino, infatti la procedura per quanto concerne il massimo di $Q$ è analoga a quella seguita per i canali di fognatura e per quelli di bonifica e si giunge anche per $n$ all'espressione:

$$n = 1 - \frac{3}{1 + \beta\,\dfrac{\varphi'(\beta)}{\varphi(\beta)}}.$$

Per il computo di $n$ bene quindi si prestano i valori di $\beta$ determinati dal Supino nella memoria: « Il calcolo dei canali di bonifica », dopo di che risulta facile calcolare $Q$, quindi $H$ con la $Q = \mu\, L\, H \sqrt{2gH}$, $V$ con la $V = S\,H$ ed infine $T$.

Dall'ultima espressione (12) di $Q$, per $n = 1/3$ e $n = 1/2$ e tenendo presente i valori di $\beta^3\,[\varphi(\beta)]^{-6/7}$ e $\beta^3\,[\varphi(\beta)]^{-3/5}$ ecc. calcolati dall'autore nelle apposite tabelle si hanno le due equazioni $Q = 0{,}5982\ \gamma^{4/7}\,(A\,a)^{9/7}$ e $Q = 0{,}6252\ \gamma^{2/5}\,(A\,a)^{6/5}$ rispettivamente che, trasformate in unità metro-secondo, dànno luogo alle altre due espressioni omogenee

(12') $$Q = 1{,}4003\, \mu^{4/7} . L^{4/7} . S^{-6/7} . A^{9/7} . a^{9/7}$$ e

(12'') $$Q = 1{,}1339\, \mu^{2/5} . L^{2/5} . S^{-3/5} . A^{6/5} . a^{6/5}$$

rispettivamente e mentre dalla (9) si hanno

(9') $$Q = 0{,}3029\, V^{2} . A^{3} . a^{3}$$ e

(9'') $$Q = 0{,}4573 . V^{-1} . A^{2} . a^{2},$$

rispettivamente per $n = 1/3$ ed $n = 1/2$ e dove i coefficienti numerici 0,3029 e 0,4573 non hanno dimensioni.

La trattazione fatta viene applicata ad un esempio numerico. Si abbia un lago artificiale che utilizzi un bacino imbrifero dell'area $A = 25$ kmq e l'altezza $h$ di precipitazione sia data da $h = 0{,}0070\ T^{1/3}$ in unità metro-ora che corrisponde ad $h = 0{,}0046\ T^{1/3}$ in unità metro-secondo, appunto perchè nel passaggio metro-secondo a metro-ora il fattore $a$ va moltiplicato per $3600^{1/3} = 15{,}327$. Ciò significa una precipitazione di 202 mm in 24 ore, e si considera già ridotta per evaporazione ed assorbimento, nel qual caso secondo lo studio del Prof. Forti si deve ritenere per portata massima affluente di piena per kmq di bacino, a mc 8,33 al secondo, e quindi per 25 kmq, 208 mc al secondo. La formula di $h = 0{,}0046\ T^{1/3}$ potrà quindi essere usata per $T$ maggiore o uguale al valore dato da $8{,}33 = 10^6 \times 0{,}0046\ T^{-2/3}$ cioè per $T \geqq 13\,000$ secondi. Se fosse $V = 2\,000\,000$ mc dalla penultima equazione risulterebbe $Q = 115{,}17$ mc al secondo e dalla $\beta^3 = \dfrac{Q}{A\,a\,T^{n-1}}$ già citata $T = 14\,400$ secondi e la più grande portata di afflusso $Q/\beta^3 = \dfrac{115{,}17}{0{,}594} = 194$ mc-secondo ove $\beta = 0{,}84$. Se invece viene fissata la lunghezza $L$ della luce a stramazzo in 50 m e $\mu = 0{,}46$, $S = 2$ kmq, dalla espressione (12') si ottiene:

$$Q = 1{,}4003\,(0{,}46)^{4/7} . 50^{4/7} . (2\,.\,10^6)^{-6/7} . (25 . 10^6)^{9/7} . (4{,}6 . 10^3)^{9/7} =$$
$$= 107{,}09 \text{ mc/secondo}$$

e dalla $Q = \mu\, L\, H \sqrt{2gH}$ si ricava $H = 1{,}03$ m, quindi $V = 2\,060\,000$ mc.

Se al sovralzo $H$ corrisponde un abbassamento della soglia in modo che il carico in definitiva raggiunge un valore $\alpha\, H$ $(\alpha > 1)$, i risultati variano nella misura, pur restando immutate le espressioni delle formule, sempre chè naturalmente l'abbassamento della soglia sia proporzionale a $z$ e le formule (12') e (12'') vengono così modificate:

(12'a) $$Q = 1{,}4003\ \alpha^{6/7} . \mu^{4/7} . L^{4/7} . S^{-6/7} . A^{9/7} . a^{9/7};$$

(12''a) $$Q = 1{,}1339\ \alpha^{3/5} . \mu^{2/5} . L^{2/5} . S^{-3/5} . A^{6/5} . a^{6/5}.$$

Pertanto i risultati fondamentali di questo studio sono: *a*) dati $V$, $A$, $a$ si determina $Q$ dalla (9') e (9''); *b*) dati $A$, $a$, $S$, $L$ il valore di $Q$ è dato dalle (12') e (12''); *c*) ove al sovralzo massimo $H$ corrisponda un carico $\alpha\, H$, alle formule (12') e (12''), corrispondono le altre due modificate (12'*a*) e (12''*a*) come sopra detto.

Ru.

## LO SBARRAMENTO DI LLOYD A SUKKUR SUL FIUME INDO (b

*Engineering*, 29 gennaio 1932.

Nel mese di gennaio è stato inaugurato in India lo sbarramento di Lloyd, sul fiume Indo: il più grande impianto finora eseguito fra le opere del genere. I lavori ebbero inizio nel 1923 e portati a termine nella fine dello scorso anno: le cifre esposte appresso daranno l'idea della grandiosità dei mezzi richiesti per la realizzazione del progetto, opera del Sig. A. Musto.

Lo sbarramento del fiume ha la lunghezza di un chilometro e mezzo circa e si compone di 66 luci larghe circa 20 metri ciascuna, chiudibili mediante paratoie metalliche nei periodi

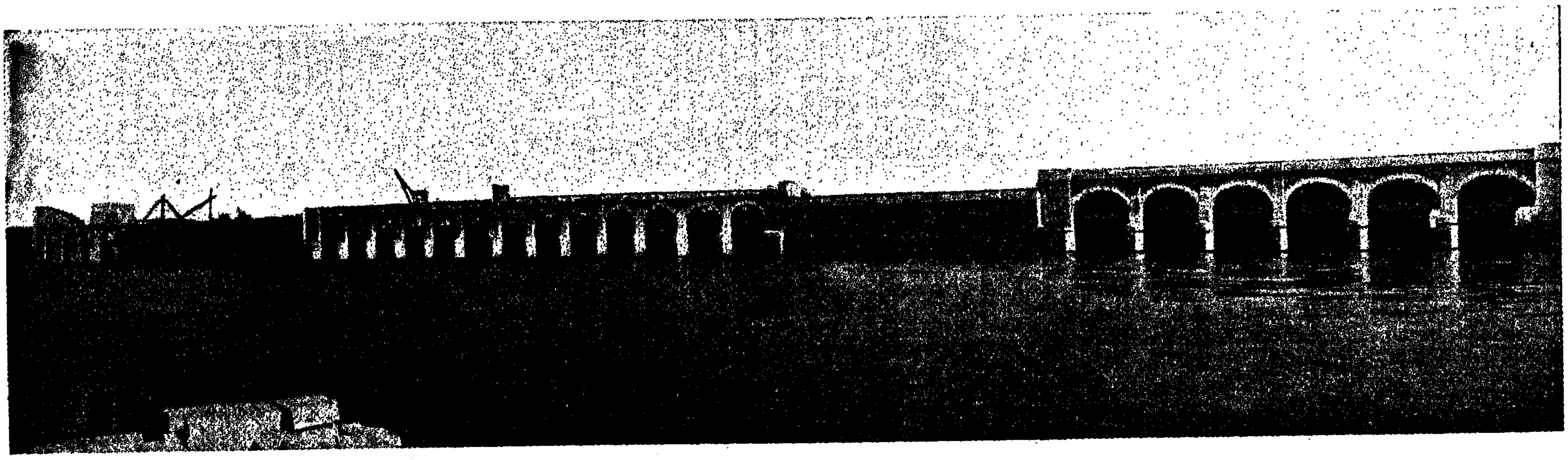


Fig. 1. - Una vista delle opere di presa sul fiume Indo.

in cui occorra parzializzare la portata dell'acqua, la quale può raggiungere un valore di 50 000 mc/sec. Le paratoie sono del tipo Stoney, a rulli, di cui 54 alte circa m 6, e le rimanenti circa m 7; esse sono comandate da argani meccanici, con due uomini, ed il tempo richiesto per l'intera corsa, mediante opportuni riduttori dello sforzo che con controbattente nullo può raggiungere il valore di 300 tonnellate, è di 50 minuti.

Le 66 luci sono limitate da pile, di cui 58 aventi lo spessore di m 3 circa, e le rimanenti 7, lo spessore di m 7,50 ciascuna.

Lo sbarramento è costituito da un ponte alto circa m 23, addossato ad un altro ponte più basso, sul quale è praticata una strada di traffico, mentre su di esso sono situati gli argani di comando ed i dispositivi di controllo della corsa delle paratoie. Fra le opere accessorie vanno notati i 7 canali principali laterali, di cui 3 in sponda destra e 4 in sponda sinistra, che misurano rispettivamente circa m 100, 75, 74, 50, 30, 25 e 24 di larghezza: i primi tre cioè superano in larghezza il Canale di Suez.

La lunghezza dei canali principali è di 2550 km, quella dei canali distributori di 7500 km mentre il complesso dei canali secondari e delle canne costituisce una vasta rete dello sviluppo di oltre 80 000 km.

L'acqua, dai canali principali, passa in quelli distributori e secondari attraverso luci ostruibili da paratoie a settore di varie dimensioni; queste hanno i perni di rotazione in acciaio, solidamente ancorati nelle murature e disposti ad altezze superiori a quelle del massimo livello delle acque. Queste paratoie, come quelle di maggiori dimensioni dello sbarramento,

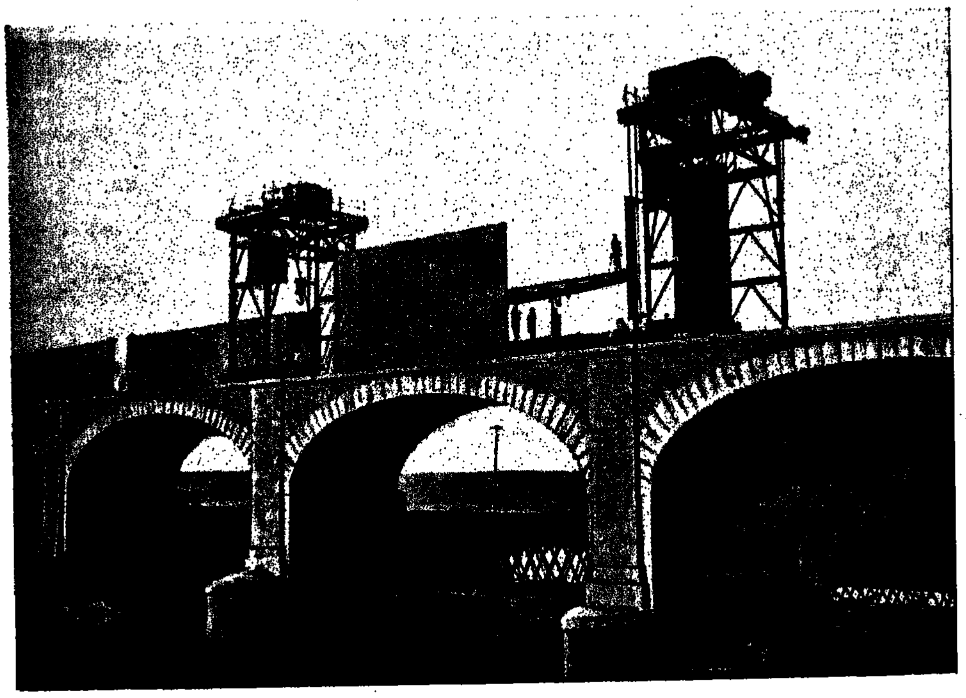


Fig. 2.

sono state spedite dalle officine del costruttore in più parti e ciò per esigenze di trasporto e di montaggio: la composizione è stata fatta in posto con gli adatti mezzi di cui il cantiere disponeva.

La superficie irrigata sarà di circa 2 500 000 di ettari, dalla quale, secondo le previsioni a sistemazione avvenuta si potranno ricavare oltre 2 500 000 di tonnellate annue fra grano, cotoni ecc.

Il costo dello sbarramento sarebbe stato di 15 milioni di sterline oro, mentre quello dei canali ecc di altri 30 milioni di sterline oro, in totale una somma complessiva che si aggirerebbe intorno ai 4 miliardi di lire italiane. Si calcola poi che per l'esecuzione dei lavori occorsero 135 000 uomini, il cui spostamento si ripercosse naturalmente sull'andamento dei lavori delle campagne limitrofe.

Ru

---

## LA CENTRALE IDROELETTRICA AUTOMATICA DI WHITE RAPIDS DELLA NORTHERN ELECTRIC COMPANY (c

*General Electric Review*, Vol. 34, N. 9 - 1931. – H. W. GOCHNAUER.

Questa centrale è stata costruita al confine fra gli Stati di Wisconsin e di Michigam, sul fiume Menominee, nella località denominata White Rapids. L'edificio, lungo m 43 e largo m 10,50 è situato sulla sponda sinistra del fiume che fa parte dello Stato del Michigan. La diga è formata da nove paratoie a comando, da m 7,50 × 3,50 cadauna, le quali consentono lo smaltimento della massima piena del fiume, e non risulta necessario ricorrere ad altri organi di scarico perchè il bacino può essere sghiaiato agendo sulle stesse paratoie, una delle quali, in due parti, consente altresì lo scarico dei ghiacci e di altri corpi galleggianti.

Il macchinario comprende 3 gruppi ad asse verticale, di cui due da 3750 kVA e uno da 2500 kVA, per una potenza complessiva installata di 10 000 kVA, generanti energia alla tensione di 2300 V e frequenza di 42/50 periodi con velocità di 100/120 giri. Le turbine in base alle caratteristiche dell'impianto sono del tipo Francis, esse funzionano con un salto di m 8,50 e la diversità delle potenze dei gruppi consente di sfruttare la portata di cui si dispone nelle migliori condizioni di rendimento, specie nei periodi di magra. L'energia prodotta viene trasportata alla distanza di km 130 circa, previa sopraelevazione della tensione a 132 000 V, mediante normali trasformatori installati nello stesso edificio.

La centrale ha funzionamento completamente automatico tranne l'avviamento e l'arresto dei gruppi che vengono comandati da un elettricista. Le condizioni di esercizio che si presentano sono due; una si ha quando il gruppo viene collegato alla linea già in tensione e l'altra quando esso deve fornire energia sulla linea inizialmente scarica. Dal sistema di sbarre a 2300 V parte la linea di trasporto ed una linea di alimentazione dei servizi della centrale.

Ogni unità è avviata allo stesso modo e cioè dopo la chiusura del circuito 8 di controllo dell'energia, collegante i vari apparecchi di misura a 125 e 220 V, e della messa a posto dei normali dispositivi di protezione. Se la linea è in tensione, l'avviamento si fa premendo il bottone 1 che chiude l'elemento 1 X del circuito principale 4 dell'olio, poi si agisce sul contatto 47 X fino ad avvertire dal 47 che le sbarre sono alimentate. Il contatto principale inserisce il solenoide del 65 M che porta il regolatore nelle condizioni di normale funzionamento e il 65 S viene pure alimentato permettendo al regolatore di sollevare le paratoie e far marciare le turbine: a questo punto il motore del reostato di campo 70 permette il controllo della tensione del generatore. La velocità di sincronismo è indicata dall'apparecchio 13 e appena essa è raggiunta l'interruttore di parallelo 52 si chiude connettendo la macchina alle sbarre. Successivamente si chiude il contatto di campo 41 fornendo l'eccitazione al campo dell'alternatore che si mette a passo con la linea, producendo l'energia corrispondente al carico che su di esso viene a gravare, mentre il relais 58 regola la variazione di tensione.

Quando la centrale è ferma l'energia di controllo è fornita da una batteria di riserva, che in periodo normale viene caricata da un piccolo gruppo convertitore a 140 V derivato dalle sbarre.

Quando la centrale dev'essere avviata con linea completamente scarica si richiedono una serie di manovre a mano, per-

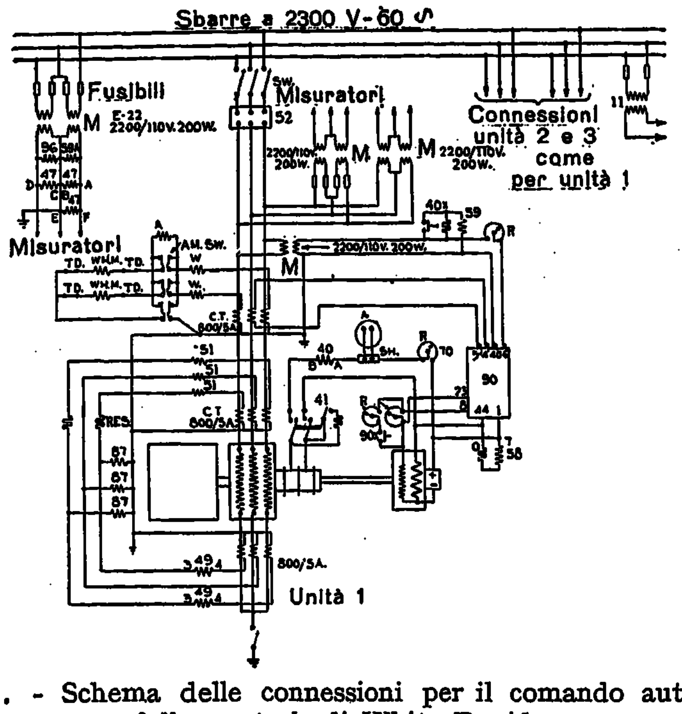



Fig. 1 *a*). - Schema delle connessioni per il comando automatico della centrale di White Rapids.

delle macchine; *e*) eccessi di velocità; *f*) sovratensioni; *g*) extracorrenti; *h*) interruzione della corrente di campo; *i*) sovrariscaldamento dei supporti; *l*) cortocircuiti o messa a terra degli avvolgimenti. L'impianto, in servizio dal 1927, è nelle migliori condizioni di conservazione, la turbina fu ispezionata nella scorsa estate, ed aveva ancora la vernice messa sulle proprie parti all'atto del montaggio. Per ciò che riflette la manutenzione è da notare che il costo è stato pressochè nullo, non essendosi verificato nessun inconveniente apprezzabile.

Ru

## CONFRONTI ECONOMICI FRA IMPIANTI IDRAULICI E IMPIANTI TERMICI

*Electrical World*, 12 dicembre 1931. - ING. G. A. ORROK.

(*Relazione presentata alla III Conferenza Internazionale del Carbone, a Pittsburg*).

Scopo precipuo della relazione in oggetto è quello di rettificare diversi concetti errati tuttora diffusi in America (ed in numerosi altri Paesi civili del mondo, fra i quali possiamo includere anche il nostro) a proposito degli aspetti economici dell'industria elettrica.

Purtroppo, infatti, non solo i profani, ma anche molti esperti in vari campi dell'economia politica e industriale, nonchè numerosi tecnici specializzati, persistono in valutazioni ed apprezzamenti completamente sbagliati al riguardo del problema economico della produzione e distribuzione dell'energia elettrica. Non si parli poi dei demagoghi, dei politicanti e dei gior-

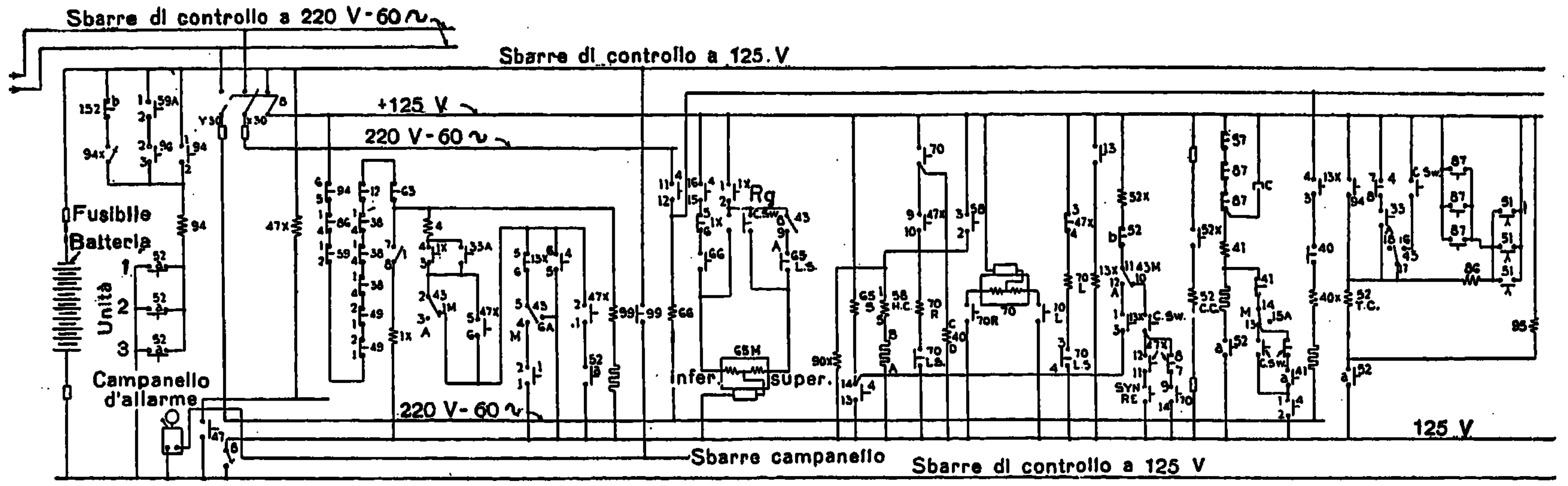



Fig. 1 *b*). - Continuazione dello schema di cui a fig. 1 *a*).

1 Elemento principale.
1X Contatto ausiliario per il n. 1.
4 Contatto principale.
8 Interruttore di controllo.
11 Trasformatore di potenza.
12 Dispositivo di sicurezza della velocità.
13 Sincronizzatore.
13X Contatto ausiliario per il n. 13.
33 Limitatore di apertura del distributore delle turbine.
33A Limitatore di apertura del distributore delle turbine.
38 Relais di temperatura dei supporti.
40 Relais di campo delle macchine.
40X Relais ausiliario per il n. 40.
41 Contatto del circuito di campo.
41X Dispositivo di controllo per il n. 41.
43 Commutatore.
47 Relais d'inversione della tensione di fase.
47X Relais ausiliario per il n. 47.
49 Relais di temperatura.
51 Relais di extracorrente.
52 Interruttore in olio.
52X Relais ausiliario per detto interruttore.
58 Relais del regolatore di tensione.
59 Relais di sovratensione.
59A Relais di sovratensione.
63 Relais a pressione d'olio.
65 Solenoide del regolatore.
65M Motore sincrono.
66 Relais a gradini.
70 Reostato di campo del motore.
86 Relais di messa fuori servizio.
87 Relais a corrente differenziale.
90 Regolatore di tensione.
90X Contatto ausiliario per il n. 90.
94 Contatto di scatto.
94X Interruttore ausiliario per il n. 94.
95 Freno del solenoide della valvola.
96 Relais di eccesso di frequenza.
99 Relais del segnale di allarme.
*a*) Commutatore ausiliario aperto quando il commutatore principale è aperto.
*b*) Commutatore ausiliario chiuso quando è chiuso il commutatore principale.
A Amperometro.
CC. Bobina chiusa.
CD. Tachigrafo.
CSW Commutatore di controllo.
C.T. Trasformatore di corrente.
Fu. Fusibili.
LG. Lampada azzurra.
LR. Lampada rossa.
LS. Interruttori di fine corsa.
P.F.I. Indicatore del fattore di potenza.
P.T. Trasformatore di potenza.
R.E. Ricettacolo.
R. Reostato.
SH. Shunt.
SW. Commutatore.
T.C. Bobina di scatto.
T.D. Dispositivo di prova.
WHM. Wattorametro.
WM. Wattometro.
C. Condensatore.
Rg. Regolatore.
I. Interruttore.

chè in tal caso il relais d'inversione di fase 47 non è inserito ed il 47 X del circuito di controllo rimane aperto. Per questa operazione perciò il n. 43 è posto nella posizione « a mano » con contatto nei punti 1, 2 e 4 e 5 del circuito di controllo.

Le indicazioni di avviamento sono date dal n. 1 e 1 X come prima; la turbina parte e l'avvicinarsi della velocità sincrona è segnata dall'apparecchio 13. Chiuso l'interruttore 52 e il contatto di campo 41 la macchina, collegata alle sbarre, è pronta a prendere il carico.

I sistemi di protezione sono completamente automatici e si estendono così alle macchine come alle apparecchiature; essi fanno capo ad un circuito di allarme e prevedono dispositivi contro: *a*) aumento di tensione ed aumenti di frequenza, combinati; *b*) interruzioni od inversioni di fase; *c*) abbassamento della pressione dell'olio di azionamento della pompa del regolatore e di lubrificazione; *d*) sovrariscaldamenti degli avvolgimenti

nalisti, i quali, esulando dai confini strettamente economici del problema, ne hanno fatto una questione di opinione personale, giungendo ad affermazioni assolutamente arbitrarie come, ad es., le seguenti:

« Le forze idrauliche sono un dono gratuito della Natura »;

« Qual'è la *materia prima* di questo monopolio? Essa è costituita dai fiumi e dai ruscelli che scorrono dai monti al mare »;

« Ogni corso naturale d'acqua, che precipita dalle falde montane e scorre al mare attraverso le valli e le pianure, può produrre questo invisibile e poco noto elemento che l'uomo ha chiamato *elettricità* ».

Ora l'A., valendosi di argomentazioni che, in parte almeno, sono applicabili anche al caso nostro e basandosi su vari dati relativi alle risorse idriche e agli impianti americani, dimostra le seguenti due tesi:

1°) che l'energia idraulica non è gratuita, nè abbondante (e tanto meno quindi esuberante);

2°) che l'utilizzazione delle forze idrauliche non è sempre conveniente.

Per quanto concerne la prima tesi, l'A. osserva anzitutto che, se anche la Natura ci fornisce l'acqua con le cascate e i fiumi, noi dobbiamo impiegare degli ingenti capitali per costruire gli impianti di utilizzazione e le reti di trasporto e di distribuzione, se vogliamo trasformare l'energia idrica disponibile in energia elettrica e trasportare poi questa ai centri di consumo.

Le cascate del Niagara, che fra le sorgenti di energia idrica non completamente utilizzate sono certamente le più vantaggiose dal lato finanziario, richiedono una spesa di circa 4000 Lire per kW realizzato, che diventano circa 6000 L/kW se si considera il trasporto ai centri di consumo, con le relative perdite.

Pochissimi corsi d'acqua naturali presentano, d'altronde, portate e dislivelli sufficienti per giustificare l'investimento di capitali ingenti quali occorrono, in generale, per la produzione e il trasporto dell'energia idroelettrica. L'A. istituisce un calcolo sommario dell'energia che si potrebbe ricavare dallo sfruttamento integrale delle risorse idriche degli Stati Uniti, partendo dall'altezza media annua delle precipitazioni ($\sim$ 760 mm), dalla superficie totale colpita (terra e acqua: $\sim$ 7.700.000 km$^2$) e dall'altitudine media del suolo ($\sim$ 680 m). Ammettendo un rendimento globale delle macchine pari all'80 % circa, egli trova una potenza media disponibile di circa $1000 \times 10^6$ kW. Per passare da questa potenza (realizzabile solo nel caso ipotetico che fosse possibile utilizzare, sotto un dislivello medio di 680 m, tutta l'acqua fornita dalle precipitazioni sulla superficie degli S. U.) all'energia praticamente ritraibile, indipendentemente dalle condizioni economiche, l'A. introduce i seguenti coefficienti di riduzione:

1°) coefficiente medio (netto) di deflusso (= volume delle acque fluenti derivabili: volume delle precipitazioni) = 0.35;

2°) rapporto fra il valore idrodinamico effettivo e quello teorico, risultante dal prodotto del deflusso medio disponibile per l'altitudine media del suolo = 0.64;

3°) coefficiente di correzione, derivante dalla limitazione pratica dei salti e dei tronchi fluviali utilizzabili = 0.60;

4°) coefficiente di utilizzazione pratica delle portate fluenti (variabili durante l'anno) = 0.50.

Tenendo conto di questi coefficienti, l'energia annualmente ritraibile dai corsi d'acqua americani si ridurrebbe a $586 \times 10^9$ kWh. Questo valore però corrisponde ad un limite superiore, raggiungibile solo nel caso che venissero utilizzate tutte indistintamente le risorse idriche degli Stati Uniti, senza tener conto di alcuna condizione di tornaconto economico.

Se la stessa quantità di energia dovesse essere prodotta termicamente, con un consumo medio di combustibile di 760 gr. per kWh (valore medio raggiunto negli impianti termoelettrici americani durante il 1930) occorrerebbero circa $445 \times 10^6$ tonn. di carbone, pari al 73% circa del consumo annuo degli S. U.

Una diversa valutazione dell'energia idroelettrica ritraibile dai corsi d'acqua degli S. U. è stata fatta dal Geological Survey il quale, considerando solamente i casi in cui il costo del kW installato non supererebbe le 10.000÷12.000 Lire, è pervenuto alle seguenti cifre:

$207 \times 10^6$ kW, con una durata di utilizzazione del 90 % $\cong$ $163 \times 10^9$ kWh;

oppure $328 \times 10^6$ kW, con una durata di utilizzazione del 50 % $\cong$ $144 \times 10^9$ kWh.

In cifra tonda: $160 \times 10^9$ kWh, corrispondenti a $122 \times 10^6$ tonn. di carbone (calcolate in base al consumo medio, dianzi considerato, di 760 gr. per kWh).

Il G. S. stabiliva, al 1° gennaio 1931, una potenza installata di 8.799.000 kW la quale, con una durata di utilizzazione del 50% avrebbe consentito una produzione di $38.5 \times 10^9$ kWh; la produzione effettivamente raggiunta nel 1930 fu invece di $33 \times 10^9$ kWh.

Con questa proporzione fra energia collocabile ed energia producibile (con utilizzazione della potenza installata pari al 50%), l'energia idroelettrica effettivamente utilizzabile negli S. U. si ridurrebbe a $123 \times 10^9$ kWh. Il costo di questi kWh, afferma l'A., sarebbe però da 3 a 4 volte maggiore di quello dell'energia termica.

Negli Stati Uniti si consuma già attualmente il doppio del suddetto quantitativo sotto forma di energia meccanica prodotta col vapore, mentre l'energia generata per uso pubblico e privato ha raggiunto, nel 1928, quasi la stessa cifra di $123 \times 10^9$ kWh. La produzione idraulica rappresenta il 44÷33% dell'energia prodotta nelle centrali ed è prevedibile che questa proporzione andrà sempre diminuendo coll'aumentare del costo dei nuovi impianti idraulici. Dimostrata, con le argomentazioni sin qui esposte, la prima tesi sopra accennata, l'A. passa alla seconda ed istituisce un confronto fra il costo dell'energia idraulica e quello dell'energia termica.

Il costo capitale della potenza ritraibile dalle risorse idriche ancora utilizzabili negli S. U. può ritenersi variabile da 5500 a 11000 Lire per kW installato in centrale; (naturalmente, facendo riferimento alle condizioni tecniche ed economiche attuali).

A questa cifra si deve aggiungere il costo delle apparecchiature e delle linee necessarie per la trasformazione, il trasporto e la distribuzione dell'energia prodotta; costo che si aggira in media sulle 1900 L/kW.

Gli oneri fissi, (interesse, ammortamento, tasse e assicurazioni), che rappresentano il 90÷95% del costo totale dell'energia idroelettrica, variano normalmente fra il 9 e il 15% del costo della potenza installata. L'A. assume un valore medio del 12,5%; nel determinare poi il costo del kWh producibile, in funzione del capitale investito per ogni kW di massima potenza *efficiente* (1) e del fattore di carico (utilizzazione percentuale della potenza massima efficiente) tiene conto anche di una spesa di 90 L/kW-anno relativa all'esercizio e alla manutenzione degli impianti di produzione e di trasporto.

Nel caso degli impianti termici, il costo capitale della potenza varia, come è noto, entro limiti assai più ristretti che nel caso precedente. Facendo una media dei costi relativi a un centinaio di centrali termoelettriche, l'A. perviene ad una cifra di L 1900 per kW installato. I valori estremi per impianti costruiti nell'ultimo quarantennio sarebbero rispettivamente 950 e 3800 L/kW, mentre per diverse centrali sorte nell'ultimo quinquennio il costo in oggetto è variato dalle 1300 alle 2200 L/kW.

Gli oneri fissi non superano generalmente il 45% del costo totale dell'energia temoelettrica e si possono ragguagliare ancora al 12.5% del costo capitale del kW installato (2).

Il consumo di combustibile negli impianti americani varia da un minimo di circa 400 gr/kWh (negli impianti più recenti e perfezionati) a un massimo di 1450 (negli impianti più vecchi),

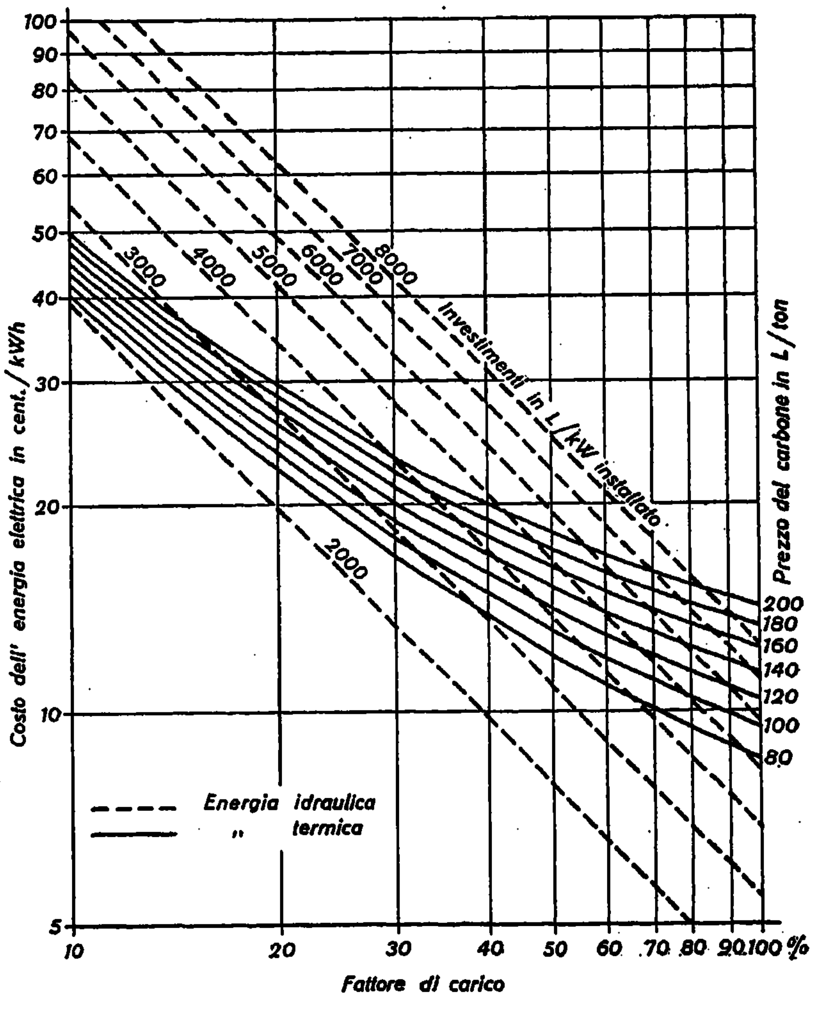



Fig. 1.

mantenendo un valore medio di 760 gr/kWh (1930). Come è noto, tale consumo dipende oltre che dalle caratteristiche dell'impianto, anche dalla utilizzazione del medesimo. Con impianti

(1) L'A. ammette, nel caso degli impianti idroelettrici che la potenza installata coincida con la potenza massima efficiente dell'impianto; esclude cioè ogni riserva.

(2) Nel caso degli impianti termici l'A. considera la potenza installata uguale alla potenza efficiente più una riserva del 20 %. Il costo medio d'impianto, riferito al kW *efficiente*, sarà pertanto $1{,}2 \times 1900 = 2280$ Lire.

adibiti a servizi di base con elevato fattore di carico, si potrà arrivare ad un consumo di soli 360 gr/kWh (corrispondenti a circa 2700 cal/kWh).

L'A., nel calcolare i costi dell'energia termoelettrica, in funzione del fattore di carico e del prezzo del carbone, valuta il consumo di combustibile in base alla relazione:

$$\text{Cal/kWh} = 3300 + \frac{25.000}{f}$$ ovverosia, per carbone da 7500 Cal/kg:

$$\text{kg/kWh} = 0.440 + \frac{3,333}{f}$$

ove $f$ è il fattore di carico in %.

Agli oneri fissi (riferiti al costo capitale del kW *efficiente*) e al costo del combustibile consumato, l'A. aggiunge anche una spesa viva di esercizio di 1.5 cent/kWh.

I risultati del confronto fra i costi dell'energia idraulica e quelli dell'energia termica sono riportati nel diagramma logaritmico della fig. 1, avente per ascisse i fattori di carico. Le curve corrispondenti ai costi dell'energia idraulica hanno per parametro il costo capitale del kW installato (efficiente); quelle relative all'energia termica hanno invece per parametro il prezzo del carbone. Come si rileva dal diagramma, lo scostamento fra i prezzi delle due specie di energia è specialmente sensibile in corrispondenza dei medi e bassi fattori di carico.

Risulta inoltre, in modo evidente, che il margine di convenienza delle utilizzazioni idrauliche è già assai limitato per effetto della concorrenza degli impianti termici. Concorrenza che diventerà sempre più sensibile col progressivo perfezionamento degli impianti termici stessi (specialmente grazie all'impiego di più elevate pressioni e temperature e all'adozione di cicli binarii) al quale si contrapporrà il costo ognor crescente degli impianti idroelettrici.

A. T.

## e) SCELTA ECONOMICA DI UN IMPIANTO ELETTRICO

*World Power*, gennaio 1932, pag. 12. – J. BOLTON.

L'A. si occupa specialmente dei criteri che devono guidare il tecnico nella scelta della sezione più conveniente da adottare per un cavo destinato ad un dato servizio.

Quando un cavo o un trasformatore o altro impianto elettrico funziona a pieno carico per tutto il tempo nel quale è inserito, riesce relativamente semplice effettuare una scelta razionale sulla base di criteri economici. Se invece il carico subisce delle variazioni sensibili, una parte delle perdite (quelle nel ferro, nei dielettrici, di attrito, ecc.) possono venir determinate con esattezza, mentre le categorie di perdite dipendenti dall'intensità della corrente divengono difficili da apprezzare nella loro grandezza e nel loro valore economico.

Le perdite nel rame dipendono naturalmente dalla forma della curva di carico oltrechè dalla sua ampiezza media; per apprezzarle convenientemente bisognerebbe fare uso di una quantità di curve di carico determinandone col metodo dei minimi quadrati il valore medio: questo metodo riesce però assai laborioso.

In generale si ricorre ad uno dei seguenti 3 metodi: si considera la corrente media, oppure la corrente media moltiplicata per un valore costante oppure si adottano formule diverse contenenti il fattore di carico.

Il primo metodo è assai inesatto e dà sempre valori troppo bassi per le perdite. Il secondo metodo parte dall'ipotesi che la curva di carico abbia una certa forma fissa che permetta di adottare un cosidetto « fattore di forma di carico » che viene preso talvolta prossimo a 1,25; tale ipotesi è però tuttaltro che sempre attendibile, specialmente se i fattori di carico variano notevolmente. Il terzo metodo si presenta più approssimato.

Chiamando $I$ il valore massimo della corrente di carico nell'anno e con $F$ il fattore di carico medio annuale, è chiaro che si raggiungono le massime perdite qualora si verifichi la massima corrente $I$ durante la frazione $F$ di anno, mentre nel rimanente periodo non si verifichi nessuna corrente. In questa ipotesi, che l'A. chiama caso $A$, le perdite sono proporzionali a $I^2F$.

La più piccola perdita possibile si avrebbe invece, qualora si verificasse continuamente una corrente media, $IF$, mentre il valore massimo $I$ fosse raggiunto solo momentaneamente e così di rado durante l'anno da poter essere trascurato nel calcolo delle perdite complessive. Questo, che può chiamarsi caso $B$, darebbe delle perdite proporzionali a $I^2F^2$. Omettendo il fattore comune $I^2$ ed esprimendo le perdite con una frazione di quelle che si verificherebbero se esistesse continuamente la corrente massima, tale frazione, che può chiamarsi « fattore di carico delle perdite », avrebbe il valore $F$ nel caso $A$ e $F^2$ nel caso $B$.

In ogni altro caso le perdite effettive avranno valore intermedio fra i 2 estremi suddetti e si può assumere, come caso $C$, che esse siano esattamente intermedie fra quelle. In tal caso il fattore di carico delle perdite sarebbe $0{,}5\ F + 0{,}5\ F^2$. Questo valore è spesso assunto per esempio nell'applicazione della legge di Kelvin ai cavi.

Tenuto conto che in pratica il valor massimo della corrente si verifica saltuariamente e per brevi periodi, ne viene che la

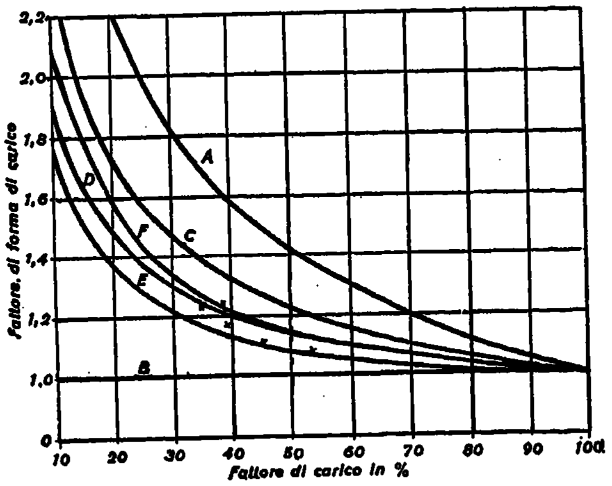



Fig. 1. - Fattori di forma di carico.

regola precedente tende a dare valori troppo forti per le perdite. Una ipotesi migliore (caso $D$) è quella che ritiene che i tre decimi del consumo d'energia si verifichino col valor massimo di corrente e il resto col valore medio. Questo dà un fattore $0{,}3\ F + 0{,}7\ F^2$; questo valore è stato assunto in alcuni casi in America. J. R. Beard ha proposto una curva di andamento intermedio fra $C$ e $D$ che è stata abbastanza frequentemente adottata sia nelle applicazioni della legge di Kelvin, sia nella scelta economica dei trasformatori. Sono state proposte anche altre formule, una delle quali è la seguente: $F^2 + 0{,}07$.

L'A. ha cercato di arrivare ad una formula che rappresenti un po' più da vicino l'andamento della curva di carico e nella quale si possano calcolare con sufficiente approssimazione le perdite. Bisogna a tale scopo considerare 3 diagrammi tipici di carico, cioè supporre ad esempio che una piccola parte del consumo di energia avvenga colla corrente massima, la maggior

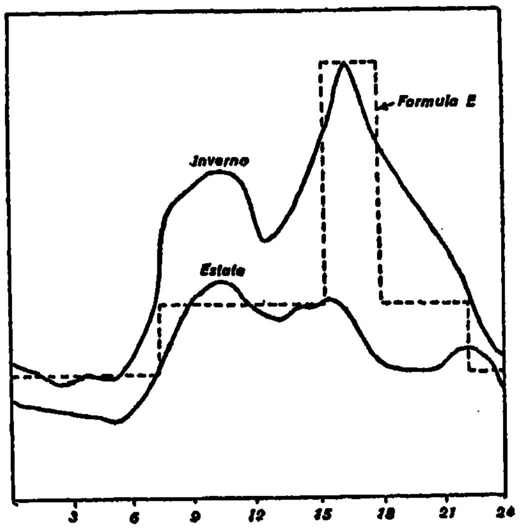



Fig. 2. - Curva di carico invernale.

parte invece con una corrente media e la rimanente parte con corrente ancora più bassa. Una rappresentazione di questo genere è quella della fig. 2 (caso $E$) in cui si è supposto 1/4 del consumo alla corrente massima, una metà alla corrente media e 1/4 alla corrente più bassa uniforme durante le altre ore del giorno.

Il professore Rossander ha proposto un metodo matematicamente più esatto. Dividendo la curva di carico annuo in zone verticali di egual base e disponendo poi queste in ordine di altezza si ottiene un diagramma di durata di carico. La curva così ottenuta può essere espressa da una formula del tipo $a + b\ t^n$, dove $t$ è la variabile della curva e gli altri simboli sono costanti. Le perdite possono allora essere dedotte dalla conoscenza dell'ordinata media (ossia del fattore di carico) e dell'ordinata minima $a$. Il metodo può essere esteso per tener conto del fattore di potenza; in fig. 1, curva $F$, sono rappresentati i risultati che si ottengono, ponendo il fattore di potenza eguale

ad uno e facendo ipotesi attendibili per $a$. Secondo l'A. tale metodo non è più giustificato dagli altri ed è certo più complicato di essi.

Nella tabella 1 sono riuniti i risultati dei casi precedentemente citati, mentre nella fig. 1 sono tracciate le corrispondenti curve dei fattori di forma del carico.

*Legge di Kelvin per i cavi.* — Le discussioni avvenute sull'applicabilità della legge di Kelvin hanno poca importanza pratica, poichè generalmente non è possibile realizzare esattamente la sezione più economica; il problema pratico è in generale quello di riconoscere fra 2 o 3 sezioni possibili quale sia la più conveniente. Il grande merito della legge di Kelvin è quello di dare una soluzione generale in funzione della densità di corrente, che può servire di guida nella scelta fra molte sezioni possibili.

TABELLA 1.

| Caso | IPOTESI | Perdita espressa in frazione della perdita a pieno carico ($a$) * | Fattore di forma del carico ($b$) * |
|---|---|---|---|
| *A* | $F$ Ampère per 24 $F$ ore al giorno ...................... | $F$ | $\sqrt{\frac{1}{F}}$ |
| *B* | $I$ $F$ Ampère per 24 ore al giorno ...................... | $F^2$ | 1 |
| *C* | $F$ Ampère per 12 ore; $I$ $F$ Ampère per 12 ore ........... | $0{,}5\ F+0{,}5\ F^2$ | $\sqrt{0{,}5+\frac{0{,}5}{F}}$ |
| *D* | $I$ Ampère per 7,2 $F$ ore; $I$ $F$ Ampère per 16,8 ore ........ | $0{,}3\ F+0{,}7\ F^2$ | $\sqrt{0{,}7+\frac{0{,}3}{F}}$ |
| *E* | $I$ Ampère per 6 ore; $IF$ Amp. per 12 ore; (0,5 $IF$-$F$) Amp. per (12-6 $F$) ore .................................... | $\frac{0{,}5\ F}{2-F}+0{,}5\ F^2$ | $\sqrt{0{,}5+\frac{1}{4F-2F^2}}$ |

(*) Si deve notare che il fattore di carico delle perdite ($a$) e il fattore di forma del carico ($b$) sono due modi di esprimere la stessa cosa, cioè la forma della curva di carico. Essi sono collegati dalla formula, $a = b^2\ F^2$.

*Verifica pratica.* – Resta a vedersi quanto le formule precedenti rispondano alla realtà dei fatti nella pratica. Disgraziatamente non si dispone ora di misure del fattore di forma del carico in un impianto o in un cavo moderno; bisogna perciò ricorrere a curve di carico giornaliere. Prendendo la curva di un giorno tipico di una settimana d'inverno e una di un giorno estivo e calcolando i medi quadrati delle ordinate si può costruire una curva rappresentativa dell'intero anno, che riuscirà in generale approssimata in eccesso. I risultati sono indicati dalle 5 crocette in fig. 1; l'effetto di un fattore di carico un po' più basso sarebbe quello di spostare un po' a sinistra i punti indicati. In fig. 2 sono indicate le curve tipiche di una giornata d'estate e d'inverno per una regione inglese; nella stessa figura è indicata la costruzione che risulterebbe nell'ipotesi del caso *E* prima considerato. Il fattore di carico complessivo delle 2 curve è 45 % e sulla fig. 1 si vede dalla corrispondente crocetta, che il fattore di forma di carico, calcolato in base ai quadrati delle ordinate, giace molto prossimo alla curva *E*. Tuttavia poichè la formula *D* è più semplice e dà pure buoni risultati, conviene fare uso di essa.

La tabella 2 dà i fattori di carico delle perdite e i fattori di forma del carico per diversi fattori di carico nell'ipotesi *D*.

*Caso pratico.* – L'A. studia il caso particolare in cui si debba scegliere il cavo più adatto per trasmettere una corrente di 60 A con un fattore medio annuo di carico di 30 %. Il costo dell'energia all'immissione nel cavo si considera risulti da una tariffa costante di sterline 4 e 4 s. per kW, più 0,28 d. per kWh.

Il tasso d'interesse sia del 5 % sul costo iniziale e del 3,5% sulla somma stabilita per deprezzamento. Fissato un ammortamento in 20 anni, l'onere totale per interesse e deprezzamento risulta di 8,47 %. La base del confronto è quella dei costi annuali e il metodo seguito è quello di calcolare i dati relativi al costo del cavo e alle perdite per ciascuna delle sezioni considerate. Basta qui considerare le perdite ohmiche, ma il metodo serve egualmente per tener conto anche delle perdite dielettriche ed altre.

Si considera un cavo trifase a 660 V e si ritiene che la sezione minima da prendere in considerazione sia di 19 mm² corrispondente ad una densità massima di corrente di 3,2 A per mm². Si considerano 5 sezioni del commercio dalla minima fino ad una eguale a 3,5 volte la minima.

TABELLA 2.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Fattore di carico (per 100) ............ | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| Fattore di carico delle perdite (per 100).. | 3,07 | 6,1 | 8,8 | 11,9 | 15,3 | 23,2 | 32,5 | 43,2 |
| Fattore di forma di carico ............ | 1,92 | 1,64 | 1,48 | 1,38 | 1,30 | 1,20 | 1,14 | 1,10 |

TABELLA 3.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (1) Sezione in mm² ................ | 19 | | 26 | | 39 | | 49 | | 65 | |
| (2) Prezzo per 1000 m (sterline) ..... | 150 | — | 186 | — | 248 | — | 287 | — | 365 | — |
| (3) Onere capitale per fase (sterline per anno) ........................ | — | 4,23 | — | 5,25 | — | 7,00 | — | 8,10 | — | 10,30 |
| (4) Resistenza ($R$) per 1000 m ...... | 0,849 | — | 0,606 | — | 0,400 | — | 0,316 | — | 0,238 | — |
| (5) Onere per la parte fissa della tariffa (sterline per anno) ............ | — | 12,80 | — | 9,16 | — | 6,04 | — | 4,78 | — | 3,60 |
| (6) Onere per la parte proporzionale della tariffa (sterline per anno) ....... | — | 4,73 | — | 3,39 | — | 2,24 | — | 1,77 | — | 1,33 |
| (7) Onere totale .................... | — | 21,76 | — | 17,80 | — | 15,28 | — | 14,65 | — | 15,23 |

La tabella 3 si riferisce a una lunghezza di 1000 metri di cavo ed i numeri delle colonne di destra rappresentano oneri annuali in sterline per fase. Per trovare l'onere capitale annuo riferito ad una fase si è diviso il costo del cavo per 3, moltiplicando il risultato per 0,0847. La massima perdita di potenza risulta di $60^2 R/1000$ kW e l'onere fisso si ottiene moltiplicando questo valore per sterline 4 e 4 s., ottenendo sterline 15,12 $R$ per

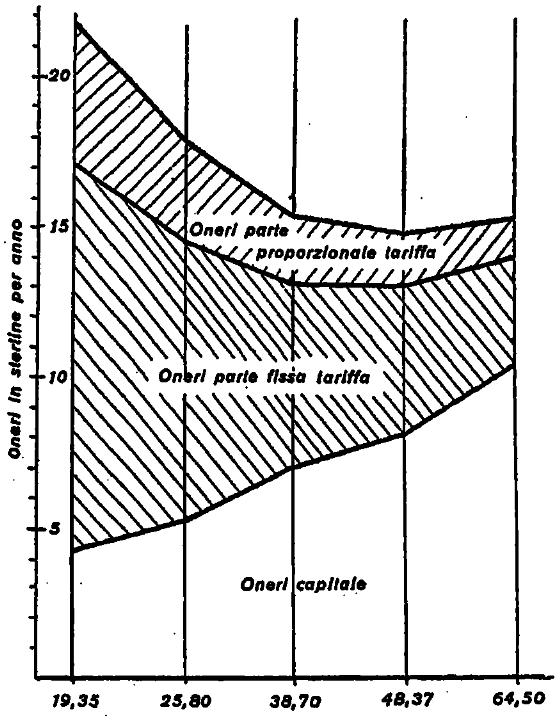



Fig. 3. - Cavi del commercio.

anno (linea 5). Tenuto conto del fattore medio annuo di carico del 30 % e supponendo un fattore di forma del carico di 1,3, le perdite medie di potenza diventano: $(60 \times 0{,}3 \times 1{,}3)^2 R/1000$ kW $= 0{,}547\, R$ kW. Applicando la tariffa suddetta, l'onere annuo relativo alle perdite per il consumo annuo si ottiene moltiplicando le perdite medie di potenza per $365 \times 24 \times 0{,}28/240$, ciò che dà come risultato sterline 5,59 $R$ per anno (linea 6).

Sommando queste voci si ottiene l'onere totale che risulta minimo per la sezione di 39 mm². La differenza nel costo rispetto a una sezione più piccola o più grande di questa è limitata (circa 12 s. per anno ogni 1000 m), ma il risparmio rispetto alla sezione minima è molto grande, in quanto la sezione più economica viene a produrre un onere che è circa di 2/3 di quello della sezione minima.

I risultati sono raccolti nella tabella e nella figura 3 che li illustra graficamente: in essa sono messe in evidenza le 2 parti della tariffa, fissa e proporzionale al consumo.

Ri.

## f) LA DURATA DI ARCHI VERSO TERRA NELLE RETI MUNITE DI BOBINE DI SPEGNIMENTO

*Elektrotechnische Zeitschrift*, 26 novembre 1931. – G. MEYER.

Per reprimere gli archi verso terra nelle reti ad alta tensione si fa uso, come è noto, di dispositivi di spegnimento, che tendono a produrre lo spegnimento dell'arco compensando la corrente di capacità della rete verso terra. La bobina di spegnimento viene ordinariamente calcolata in base alla capacità della rete verso terra, cosicchè il valore della induttanza della bobina sia dello stesso ordine di grandezza della capacità della rete stessa. Praticamente però è difficile raggiungere tale risultato, perchè la capacità della rete può variare in modo notevole secondo che vengono inseriti o staccati diversi tronchi di essa. Perciò nella maggior parte dei casi la corrente in ritardo della bobina di spegnimento può essere resa soltanto approssimativamente eguale a quella in anticipo dovuta alla capacità della rete e perciò resta sempre presente una corrente residua di induttanza o di capacità.

Siccome poi ogni rete possiede un grado finito di resistenza e la corrente nella bobina, come la corrente di terra nei conduttori e nei collegamenti, introducono delle perdite, ne viene che nella corrente di terra è presente anche una componente energetica. Questa è in fase con la tensione verso terra e non può quindi venir compensata dalla bobina d'induzione. Inoltre, se la tensione stellata, come avviene nella maggior parte dei casi, differisce dalla forma sinusoidale, permangono nella corrente di terra, nel punto del guasto, le armoniche superiori, poichè la bobina di spegnimento può compensare soltanto la componente fondamentale della corrente di terra.

Nasce così la domanda: quale intensità possa avere la corrente che non viene compensata, senza che venga influenzato lo spegnimento dell'arco a terra, o più precisamente quale relazione lega l'intensità della corrente residua alla durata dell'arco a terra. Per rispondere a tale quesito vennero eseguite

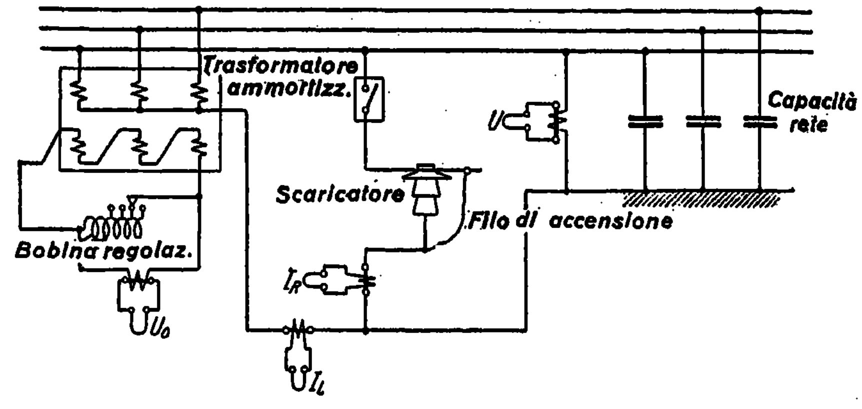



Fig. 1. - Schema dei circuiti usati per le prove.

delle esperienze su una serie di linee a tensione variabile fra 5 e 100 kV. La compensazione della rete era eseguita coi trasformatori di spegnimento di Bauch, secondo lo schema rappresentato in figura 1. L'arco a terra veniva provocato col seguente dispositivo: un isolatore portante o una catena d'isolatori venivano corto circuitati mediante un filo di rame sottilissimo, che costituiva un collegamento verso terra; chiudendo un interruttore, il filo di rame fondeva e dava luogo all'arco.

Non si faceva uso di speciali dispositivi per compensare la componente energetica della corrente o le armoniche superiori, cosicchè la corrente che alimentava l'arco comprendeva la componente energetica, le armoniche superiori di corrente e una componente reattiva dipendente dal grado di compensazione.

Le esperienze tendevano a misurare le seguenti grandezze: la tensione del centrostella verso terra, la corrente nella bobina di compensazione, la tensione della fase guasta verso terra, la corrente verso terra.

Specialmente importante è il valore della corrente che percorre il collegamento verso terra; questa corrente è nulla prima e dopo dell'arco, perciò si può definire come durata dell'arco il tempo durante il quale si verifica, nel punto dove è avvenuto il guasto, una corrente verso terra. Sulla base di questa definizione si può desumere dai rilievi oscillografici la durata dell'arco.

In fig. 2 sono rappresentati in diagramma i risultati di molte esperienze, cioè le durate dell'arco in funzione della corrente

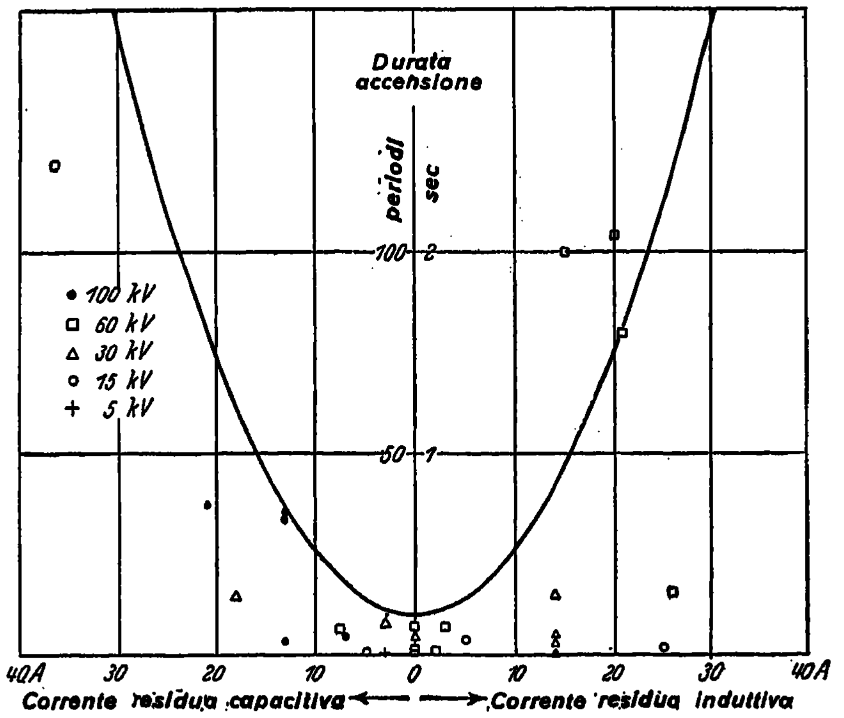



Fig. 2. - Durata dell'arco a terra in funzione della corrente residua.

non compensata. Non sempre era possibile distinguere in tale corrente la componente in fase da quella reattiva, cosicchè sulla figura le indicazioni « corrente residua induttiva » e « corrente residua capacitiva » stanno ad indicare soltanto che nella corrente residua oltre alla componente in fase era presente una componente reattiva di carattere induttivo o capacitivo.

Data la grande diversità di caratteristiche delle reti sperimentate e dei relativi dispositivi di spegnimento non si poteva

naturalmente pretendere che i singoli punti giacessero su di una curva ben definita. Tuttavia l'intero campo di rappresentazione può essere diviso in 2 parti da una curva di forma parabolica,

Fig. 3. - Arco a terra in una rete a 60 kV senza dispositivo di spegnimento; corrente 36,5 A.

in modo che la massima parte dei punti rappresentativi delle esperienze eseguite giace al di sotto della curva stessa. Si ha così la rappresentazione di un limite per la durata dell'arco in funzione della corrente di terra residua, il quale in generale non deve essere superato. Come si vede dalla fig. 2 la durata massima dell'arco varia, da un valore minimo di 0,2 secondi, all'incirca col quadrato della corrente residua di terra.

I risultati possono riassumersi nella seguente tabella:

| Corrente residua | Durata dell'arco inferiore a |
|---|---|
| 5 A | 0,3 secondi |
| 10 » | 0,5 » |
| 20 » | 1,5 » |
| 30 » | 3 » |

Tali numeri esprimono valori massimi, che possono praticamente essere diminuiti da una quantità di circostanze diverse. Con bobine di spegnimento molto accuratamente proporzionate vennero rilevate durate d'arco di 1/100 di secondo, corrispondenti a mezzo periodo della frequenza 50 della rete.

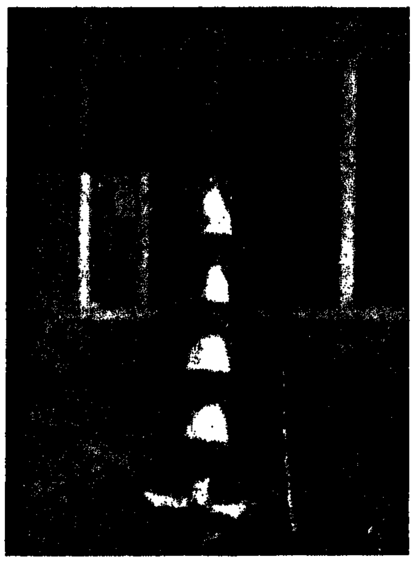


Fig. 4. - Arco a terra nella stessa rete a 60 kV con dispositivo di spegnimento; corrente residua 7,5 A.

Il limite per la protezione efficace sembra essere una corrente residua di terra fra 30 A e 40 A, poichè al di sopra di tale valore non si ha la sicurezza di un rapido spegnimento dell'arco.

Secondo i risultati delle esperienze appare anche che sulla durata dell'arco non ha influenza il fatto che la corrente residua contenga componente capacitiva od induttiva. Ciò ha importanza pratica per quanto riguarda il proporzionamento della bobina di spegnimento, per la quale quindi non vi è troppo da preoccuparsi se si raggiunga una compensazione in difetto od in eccesso.

Una differenza sostanziale si verifica nelle reti provviste o meno di bobina di spegnimento, a parità di corrente sul punto del guasto. Per le linee senza bobine il limite per lo spegnimento dell'arco a terra si trova ad un'intensità di corrente di circa 5 A. Ciò è stato provato da ripetute esperienze sur una linea non protetta a 30 kV. Invece in una rete a 10 kV si ottenne uno spegnimento dell'arco con una corrente di terra di 43 A, sebbene la bobina di spegnimento fosse proporzionata per una corrente di soli 12 A, cosicchè la corrente residua era in tale caso di 31 A. Nella figura 3 è rappresentato un arco verificatosi in un conduttore non protetto a 60 kV, con una corrente di 36,5 A. L'arco non si spense da solo e richiese l'apertura degli interruttori; in una linea di trasmissione un tale arco avrebbe ben presto provocato un corto circuito su 2 o 3 fasi.

La fig. 4 si riferisce al caso di un arco sulla stessa rete, dopo inserzione di una bobina di spegnimento proporzionata in modo da ridurre la corrente residua a soli 7,5 A.

Le figure 5 e 6 si riferiscono ad archi in 2 reti a 100 kV rispettivamente senza protezione e con bobina di spegnimento.

Fig. 5. - Arco a terra in una rete a 100 kV senza dispositivo di spegnimento; corrente a terra 60 A.

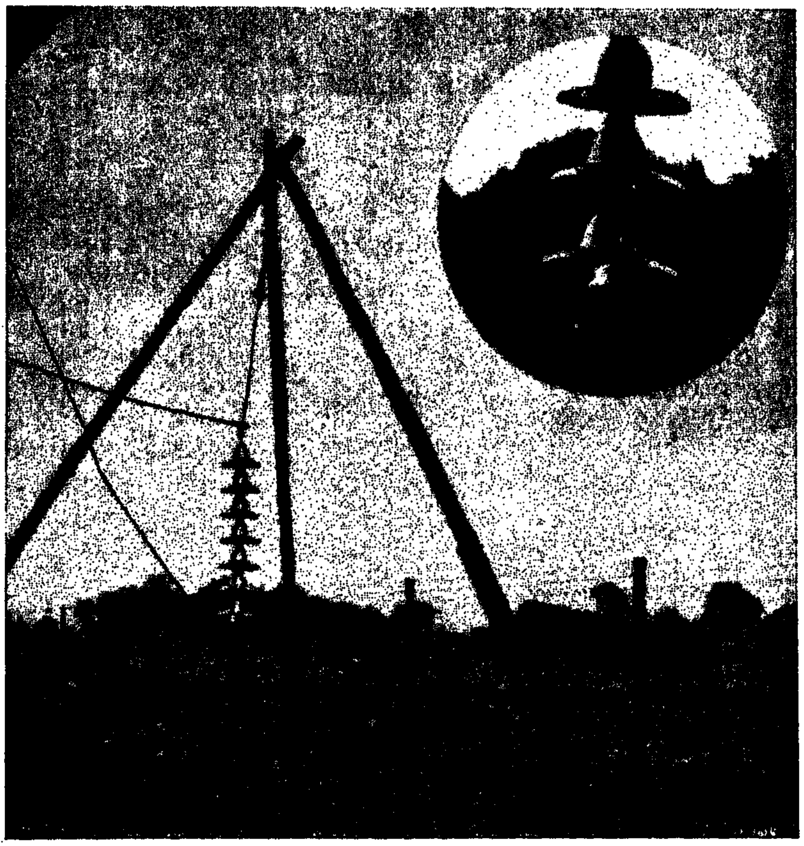


Fig. 6. - Arco a terra sulla stessa rete a 100 kV con dispositivo di spegnimento; corrente residua 7 A.

L'oscillogramma della figura 7 si riferisce ad una esperienza analoga nella stessa rete a 100 kV con dispositivo di spegnimento. L'arco a terra si spense dopo 3 periodi e mezzo, ossia in 0,07 secondi; la tensione stellata e la corrente nella bobina di spegnimento diminuiscono gradatamente dopo lo spegnimento

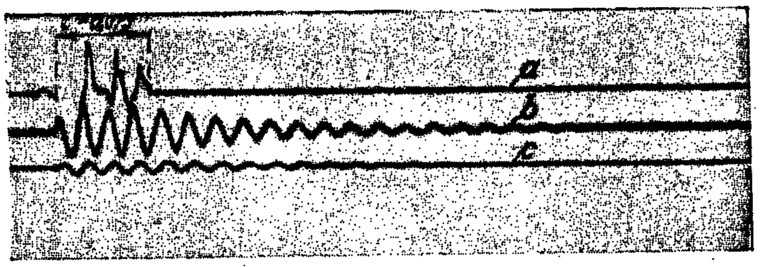



Fig. 7. - Oscillogramma di un arco a terra in una rete a 100 kV con dispositivo di spegnimento; corrente residua 12 A.

dell'arco. La corrente nell'arco a terra della rete era di 114 A e venne compensata con una corrente induttiva di 102 A del dispositivo di spegnimento restando così una corrente di terra residua di 12 A.

Come risulta da quanto esposto non si può proporzionare le bobine di spegnimento esattamente, ma piuttosto comprenderle entro certi limiti. Poichè lo spegnimento dipende dal valore assoluto della corrente residua, ne viene che la lunghezza di conduttura che si può lasciare non compensata dipende dalla tensione d'esercizio. Nella tabella 2 sono indicate le lunghezze di conduttura alle diverse tensioni, alle quali corrisponde una corrente capacitiva di 20 A, cioè una sicurezza sufficiente per lo spegnimento degli archi a terra.

*Tabella 2.*

| Tensione in kV | Lunghezza di conduttura in km |
|---|---|
| 15 | 400 |
| 30 | 200 |
| 60 | 100 |
| 100 | 60 |
| 200 | 30 |

Come si vede nelle reti a media tensione bisogna che entrino in giuoco lunghezze notevoli di conduttura prima che si raggiunga una corrente di terra pericolosa. Invece con reti ad alta tensione basta che vengano inseriti o staccati anche brevi tronchi di linea, perchè nei riguardi dello spegnimento degli archi a terra le condizioni abbiano a cambiare notevolmente.

Ri.

## LO SVILUPPO DEL RELAIS DI DISTANZA

g) *V. D. I. Zeitschrift*, N. 52, 26 dicembre 1931. – M. WALTER.

Il relais selettivo secondo il principio di resistenza (relais di distanza) è stato per la prima volta realizzato praticamente nel 1923. Esso è attualmente in Europa il mezzo protettivo più largamente diffuso per reti ad alta tensione, a maglie o in parallelo, per staccare dalla rete le parti colpite da corto circuito o da doppia messa a terra.

Il primo accenno ad un relais di questo genere risale al 1903, quando fu brevettato da Krämer un relais per la disinserzione automatica di una corrente alternata: esso si valeva di un circuito ausiliario caratterizzato dal fatto che una bobina principale ed una secondaria esercitavano momenti fra di loro opposti su di un disco metallico girevole, allo scopo di proporzionare il momento di chiusura del circuito ausiliario all'intensità di corrente normale.

Quattro anni più tardi è stato preso un altro brevetto da Kuhlmann per un tipo di relais che fu poi costruito praticamente dall'A.E.G. nel 1926-1928 (fig. 1).

Nel 1911 è stato brevettato un dispositivo da Wecken che costituisce la base per la protezione selettiva in dipendenza della caduta di tensione (fig. 2). L'elemento di corrente *a* è regolabile e agisce immediatamente, l'elemento di tensione *b* è pure regolabile, ma agisce con notevole ritardo. Dal 1929 un tipo simile di relais è applicato dalla Siemens per il suo relais a reattanza.

I relais fin qui descritti erano adatti per linee con alimentazione da un solo lato. Nel 1912 lo stesso Wecken studiò un relais da applicare anche a reti a maglie; però anche questo relais era sprovvisto di elemento direzionale, poichè allora per ogni sottostazione si adottava un solo interruttore.

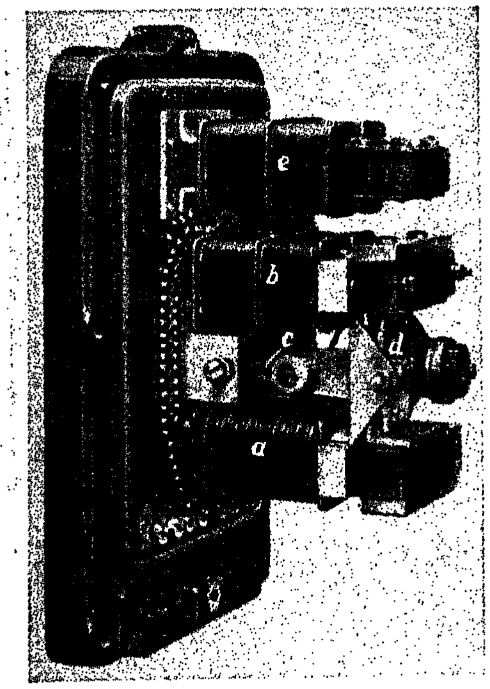



Fig. 1. - Costruzione di un elemento di corrente e di tensione di un relais di distanza dell'A.E.G. 1926/28.

*a*) magnete di corrente
*b*) magnete di tensione
*c*) leva
*d*) armatura
*e*) bobina di autoinduzione

Nel 1915 G. J. Meyer accenna al processo di commutazione di un relais selettivo dalla tensione concatenata alla tensione verso terra e viceversa. Questo ha assunto importanza dal 1925, quando fu usato nello schema di Biermanns per far fronte a doppia messa a terra. La Brown Boveri dal 1929 ha appunto studiato schemi di questo genere per funzionamento con protezione selettiva anche in caso di doppia messa a terra.

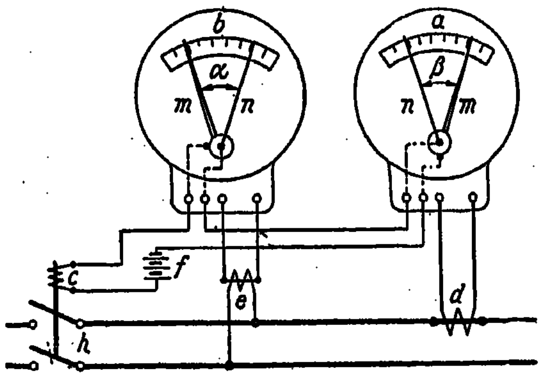



Fig. 2. - Dispositivo di protezione selettiva di Wecken - 1911.

*a*) elemento di corrente
*b*) elemento di tensione
*c*) bobina di scatto
*d*) trasformatore di corrente
*e*) trasformatore di tensione
*f*) sorgente di corrente continua
*h*) interruttore di alta tensione
*m*) braccio di contatto regolabile
*n*) braccio di contatto automatico
$\alpha$, $\beta$) angoli variabili

Nel 1916 la Westinghouse ha brevettato un relais il cui tempo di funzionamento varia col variare del rapporto tensione/corrente= impedenza, pure munito di unità direzionale. Si tratta di un relais di impedenza analogo a quelli che vengono costruiti ancora oggi.

Nel 1918 G. J. Meyer ha gettato le basi del tipo di relais a impedenza che si costruisce oggidì. La fig. 3 riproduce tale relais: la prima applicazione fu fatta nella rete in cavo a 4000 Volt della città di Karlsruhe. Nel 1924 F. R. Kesselring riunì il relais di protezione di rete col relais direzionale nella stessa cassetta.

Nel 1920-21 Ackermann studiò un relais di tensione e corrente basato sul principio della bilancia: Ackermann può essere ritenuto il primo che ha mostrato la via alla protezione parziale selettiva di tronchi di rete. Secondo questo processo si costruiscono oggi il relais di reattanza della Siemens, il relais di impedenza della Oerlikon e i nuovi relais di distanza della Westinghouse e della G. E. Co. Ackermann era giunto a questi risultati in seguito alle esperienze e alle prove di corto circuito fatte sulla rete a 50 kV della Shawinigan Water and Power Co. Questi relais in generale funzionano con ritardo.

Nel 1923 fu reso noto il relais di distanza della Westinghouse (relais di impedenza). Il primo impianto con relais di questo genere è entrato in funzione nell'autunno 1923 in America: in Europa invece è stato applicato nel 1925 alla doppia conduttura a 100 kV in Cecoslovacchia sulla linea Hedwigschacht-Praga.

Per il relais A. E. G. a distanza del 1923, le prime indicazioni furono date da Biermahns: lo stesso ne ha poi curato le applicazioni pratiche. La prima linea così protetta nel 1924 apparteneva alla Thuringische Elektrizitäts-Lieferungs Ges.

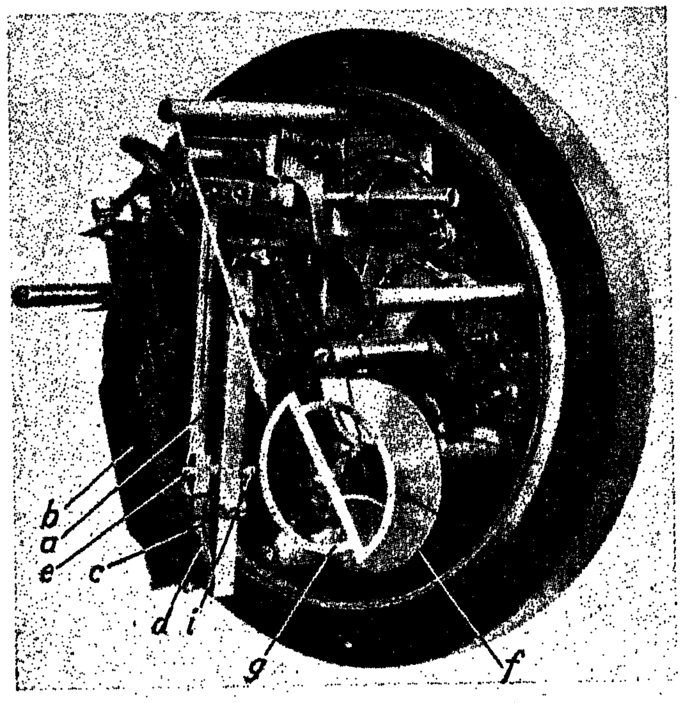



Fig. 3. - Relais di protezione selettiva di rete a maglie del 1922 di G. J. Meyer.

*a*) striscia bimetallica
*b*) trasformatore di corrente di riscaldamento
*c*) contatto preliminare
*d*) contatto a spazzola
*e*) braccio accompagnatore
*f*) bobina di tensione
*g*) disco con profilo sagomato
*i*) scatto

Notevole è il dispositivo brevettato di protezione e distanza della Bergmann: esso è costituito principalmente da un relais, nel quale una metà del contatto viene regolata in relazione alle caratteristiche della linea, l'altra metà viene invece portata contro la prima da un movimento di orologeria che si muove con velocità costante. Il tempo di scatto del relais è tanto minore quanto più piccola è la resistenza della conduttura tra il punto in cui si è verificato il guasto e il punto ove è collocato il relais.

Nel 1928 furono poi costruiti tanto dalla Brown Boveri che dalla Siemens i relais di distanza secondo il principio di reattanza: questi, in contrapposto a quelli di impedenza, sono destinati a reti ad altissima tensione (70÷220 kV).

Da questa esposizione si vede che lo sviluppo del relais a distanza è durato 20 anni. Oggi questo relais è il mezzo più ricco di risorse e più completo per la protezione delle reti ad alta tensione contro corti circuiti e doppie messe a terra.

T. S.

## h) LA QUESTIONE DELLA PROVA D'IMPULSO DAL PUNTO DI VISTA DELLE SOVRATENSIONI ATMOSFERICHE

*E. T. Z.*, n. 53, 31 dicembre 1931. – W. SCHILLING.

Le sovratensioni, che possono colpire gli impianti elettrici, si distinguono in due categorie: di origine interna ed esterna. Le prime dipendono dalla manovra degli interruttori, da eventuali corti circuiti o messe a terre, ecc., le seconde sono originate da fenomeni atmosferici e hanno prevalentemente il carattere di onde che si propagano lungo la linea colpita. Le prove di impulso riguardano in generale solo onde di questa categoria.

L'A. si pone la questione quale sia il modo più opportuno di realizzare tale prova. Analizza prima di tutto come si possono determinare tali sovratensioni e si basa sui risultati di studii già fatti sia in America che in Europa: è ormai assodato che le sovratensioni di origine atmosferica possono essere dovute sia a scarica diretta sulla linea sia indirettamente all'accumularsi di cariche sulla linea stessa per lo scaricarsi di una nube in seguito al fulmine. Le prime sovratensioni sono più pericolose, ma anche più rare, le seconde invece sono più frequenti e di esse si è tentata anche la misura. Secondo dati americani queste onde sono a fronte ripido e hanno durate da 10 a 40 microsecondi. La tensione massima può variare da 1000 a 2500 kV nel punto di origine; però nella maggior parte dei casi è inferiore a 1000 kV. Lo smorzamento per onde di tensione molto elevata, è molto grande. Onde di 940 kV, dopo circa 4 km si riducono a 350 kV. I fili di guardia diminuiscono la sovratensione dal 30 al 50 %. L'elevatezza della sovratensione indotta aumenta solo col crescere dell'altezza dei conduttori da terra.

Circa le misure di protezione contro tali sovratensioni in America si propende per un elevato isolamento della linea e per un

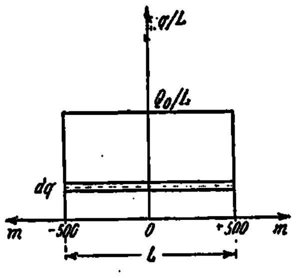



Fig. 1.

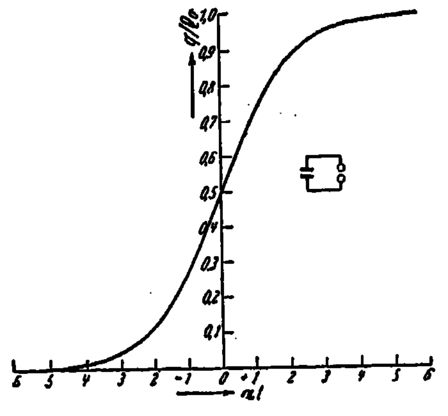



Fig. 2.

Fig. 1. - Ripartizione ipotetica della carica indotta sulla linea (Punto zero nella linea di mezzo della nube di lunghezza *L*).

Fig. 2. - La parte di carica liberata $q/Q_0$ (variazione dell'intensità del campo) di una scarica della nube dipendente dal tempo ridotto $\alpha t$

isolamento ancora maggiore delle macchine. In Europa invece si tollera la scarica agli isolatori per tensioni ancora relativamente modeste, però si cerca di fare sì che tale scarica non danneggi gli isolatori e si muniscono perciò le catene di anelli di guardia: si cerca poi che i corti circuiti e le messe a terra danneggino il meno possibile l'esercizio e si aggiungono perciò relais selettivi, bobine di messa a terra, ecc.

Per stabilire nelle prove di impulso una relazione tra l'elevatezza della tensione e la sua forma d'onda, l'A. espone alcune considerazioni teoriche sull'origine delle sovratensioni indotte secondo gli studî fatti da Matthias. Se una linea si trova nel campo nuvola-terra, essa assume una carica di segno contrario a quella della nuvola. Se poi questa si scarica in tempo brevissivo, si libera pure contemporaneamente la carica, che si trovava sulla linea, e si sposta in entrambe le direzioni in due onde uguali. Se si suppone un campo omogeneo sotto la nube, si ha, secondo la fig. 1, una distribuzione rettangolare della tensione e perciò della carica sulla linea. Secondo la fig. 2 si ha una legge di tempo della scarica della nube

$$q = Q_0 \cdot \frac{1}{1 + e^{-\alpha t}}$$

Questa corrisponde alla scarica di un condensatore attraverso a uno spinterometro secondo la legge di Toepler. La più forte variazione della scarica si dà per $t = 0$ e per $\frac{q}{Q_0} = \frac{1}{2}$. Ma essa è anche determinata dalla costante $\alpha$.

Nella scarica di un condensatore si ha: $\alpha = \frac{U_0}{k\,\delta}$ dove $U_0$ è la tensione di adescamento in Volta, $\delta$ la distanza di scarica e $k = 0{,}12.10^{-8}$ una costante. Quanto più grande è $\alpha$ tanto più rapida è la scarica. Da un'analisi delle forme d'onda della sovratensione (figg. 3, 4 e 5) si vede che per un'onda di m 1000 e con diversi valori di $\alpha$ l'andamento dell'onda è sempre più smorzato col crescere del tempo di scarica. In tutti i diagrammi è segnato con linea punteggiata l'andamento della curva, in caso di scarica in un tempo infinitamente piccolo. Circa il valore massimo di $U_0$ esso è dato da $\frac{Q_0}{CL} = U_0 = h\,F$ dove $h$ è l'altezza della conduttura in m e $F$ l'intensità massima del campo indotto. $F$, secondo la figura 6, dipende dalla distanza del temporale.

Circa le prove d'impulso, l'A. osserva che esse finora sono sempre state realizzate secondo il principio di moltiplicazione di Marx; cioè si caricano condensatori in parallelo e si fanno scaricare poi attraverso scaricatori, dopo averli collegati in serie. Lo schema è un condensatore $C$ (capacità effettiva dell'impianto) in serie con una resistenza $R$ (resistenza effettiva) e uno scaricatore. La tensione di impulso ha il carattere di

un'onda aperiodica, che cresce in circa $10^{-7}$ secondi e decresce secondo una funzione di $e$ che è determinata dalla costante di tempo $C R$.

Nelle prove si distinguono una tensione di scarica minima e una massima. La tensione minima è il valore massimo dell'onda che, in seguito ad aumento della tensione di impulso, porta alla scarica per la metà delle onde che colpiscono l'impianto.

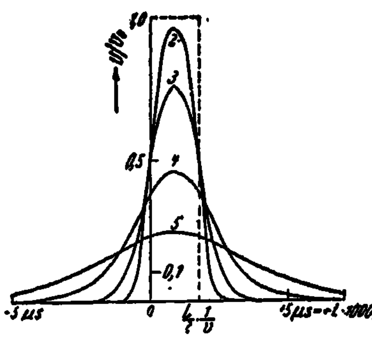


Fig. 3. - Andamento della tensione nella porzione media del campo della nube.

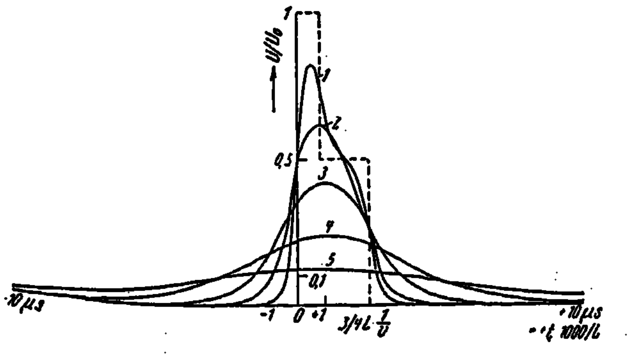


Fig. 4. - Andamento della tensione in una posizione che dista $L/4$ dalla linea mediana della nube.

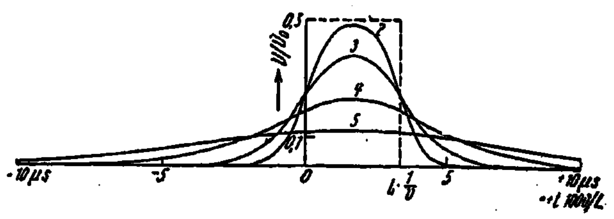


Fig. 5. - Andamento della tensione delle onde libere.

Il momento di scarica si ha solitamente sulla coda dell'onda. Coll'aumento del valore massimo, il punto di scarica si avvicina alla cresta e lo può raggiungere finchè la scarica taglia l'onda di tensione (fig. 7). Il valore limite del valore massimo dell'onda è la tensione massima.

Nelle sue esperienze Peek ha proceduto così: egli scelse due onde standard, una di 5 microsecondi e l'altra di 20; queste

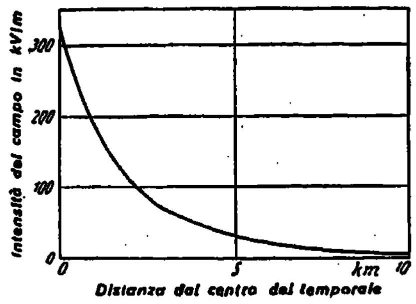



Fig. 6. - Diminuzione dell'intensità del campo indotto colla distanza dal punto medio del temporale (nube) secondo Peek.

onde conferiscono a catene di isolatori di diversi elementi un rapporto di impulso di 1,8... 2,2 che deve corrispondere a quello determinato da onde di sovratensione in caso di scariche di fulmini.

In Europa invece non ci si è ancora fissati a una data forma

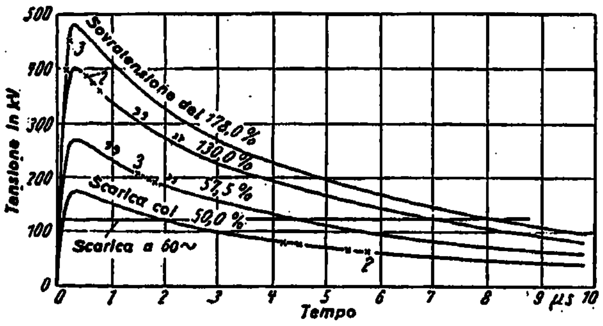



Fig. 7. - Passaggio dalla minima alla massima tensione di impulso in uno spinterometro a punte secondo Peek. (Le crocette indicano il momento della scarica; distanza dagli elettrodi cm 19,9).

d'onda: si sono fatte prove con onde aventi diversa costante di tempo. Le onde che decrescono secondo una funzione di $e$ hanno però per la prova di impulso alcuni svantaggi: inoltre

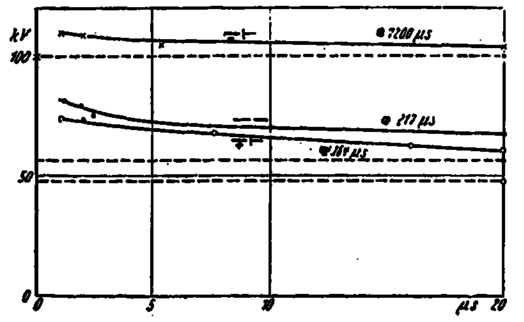


Fig. 8. - Ritardo della scarica per sollecitazione di impulso con andamento della tensione non decrescente (rettangolare): distanza degli elettrodi cm 6. (Le indicazioni di tempo riguardano i valori finali della tensione indicati con linee tratteggiate).

non è provato che le onde dovute al fulmine abbiano questo carattere; è preferibile perciò partire da una prova con sollecitazione di tensione a forma rettangolare. La fig. 8 mostra una curva di ritardo per sollecitazione con tensione non decrescente e a fronte molto ripida. Lo schema relativo è quello che si adotta in una normale prova di impulso con grande capacità, cioè con coda dell'onda quasi orizzontale. La attenuazione richiede, per tensioni elevate, meno di 1 μs. La tensione minima, che si raggiunge in questo modo, coincide approssimativamente colla tensione continua: il ritardo relativo varia da 100 a 1000 μs.

Diverse misure americane fatte cogli stessi metodi a catene sospese e scaricatori fino a 2000 kV mostrano che nell'aria la tensione di scarica per tempi superiori a 10 μs si distacca poco dal valore di 60 periodi, cioè la caratteristica di ritardo è importante solo nel campo di 10 a 1 μs. Questo mostra che la prova di impulso deve essere contenuta in questi limiti.

La fig. 9 dà uno schema raccomandato dall'A. per ottenere adatte sovratensioni di impulso. A sinistra è un impianto per ottenere alta tensione continua per mezzo di valvole collegate in serie, con che si ottiene la uniforme suddivisione del potenziale. A destra è lo schema per tensioni di impulso libere da

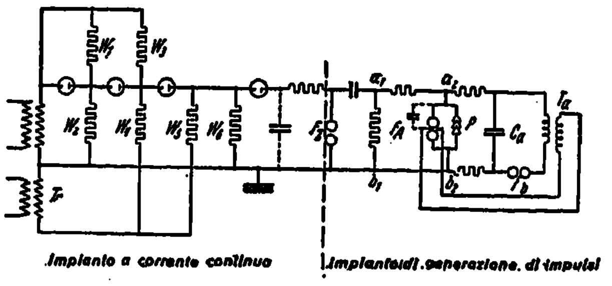



Fig. 9. - Schema per ottenere tensioni di impulso con fronte ripido e andamento rettangolare da un lato verso terra.

$P$ = corpo di prova $F_z$ = spinterometro di adescamento
$F_A$ = spinterometro di separazione.

oscillazioni con dispositivo per realizzare onde rettangolari. Ammesso di aver determinato la tensione massima di un isolatore e la sua caratteristica di ritardo, resta la questione: come si può stabilire, in base a questa prova, il suo comportamento verso sovratensioni indotte dal fulmine? Secondo la fig. 3 il ritardo dell'onda più elevata è uguale a $L/2$, $l/v$. Per una nube lunga 2 km si ha un tempo di 3,33 μs: per un'onda di 1000 kV si può ritenere che tutte le tensioni dovute al fulmine, inferiori a 1 000 kV, non sono pericolose. Inoltre, secondo la fig. 6, si può dire che per un'altezza della linea di m 10 tutti i temporali a una distanza maggiore di 2 km non hanno importanza.

Circa altre forma d'onda bisogna stabilire quale è equivalente a una determinata onda rettangolare. Circa la tensione avente forma in funzione di $e$, si può dire che una prova con coda rapidamente decrescente ha più importanza di una con coda appiattita. L'A. suggerisce, per unificare le prove d'impulso, di scegliere onde rettangolari e meglio un'onda standard di durata da 3 a 10 μs.

T. S.

---

## RICERCHE PER UN ACCUMULATORE TERMICO A TEMPERATURA COSTANTE

*Engineering* 1 e 22 maggio 1931 e 22 gennaio 1932. – Ingg. L. S. A. Sims e K. R. Sturley.

Gli AA. si occupano da diversi anni del riscaldamento degli ambienti abitati, case, uffici, magazzeni, ecc., e precisamente

essi rivolgono le loro ricerche ai sistemi in cui si ha accumulazione di calore, perchè questi permettono l'uso di energia elettrica fuori punta, generalmente fornita a prezzi modesti. Quando si è trattato di costruire stufe ad accumulazione con rendimento piuttosto elevato, dopo molte prove hanno deciso di servirsi di blocchi di ghisa, opportunamente sagomati, come accumulatori di calore, invece di blocchi di steatite (usati nella Svizzera) o di granito, perchè questi blocchi minerali hanno una capacità termica specifica più bassa della ghisa e rendono più ingombranti le stufe. La capacità termica specifica della steatite è di 0,628 cal/cmc per °C, quella del granito di 0,605 e quella della ghisa di 0,850. Le prove eseguite per la ricerca di questo buon accumulatore di calore e per la costruzione di una stufa comoda e di buon rendimento, con i risultati di dette prove (curve di riscaldamento di ambienti, di rendimento, ecc.), sono ampiamente descritte e riportati nei nei primi due numeri della Rivista *Engineering* sopracitati, ai quali rimandiamo.

Passiamo ora ad accennare ad altri esperimenti eseguiti dagli stessi AA. per la ricerca di un accumulatore termico a temperatura costante, e descritti nel numero del 22 gennaio 1932 della stessa Rivista. In questa ricerca, come vedremo, gli sperimentatori non sono stati fortunati: non conoscendo le proprietà chimiche e fisiche delle sostanze in prova, non hanno avuto praticamente nessun risultato utile.

L'accumulatore termico oggetto della ricerca, a simiglianza di quanto avviene per 1 cmc d'acqua che a 100° C possiede 100 cal. e può accumularne ancora 540 restando invariata la sua temperatura di 100° C, deve accumulare la massima quantità di calore, mantenendo invariata la temperatura; non deve però variare notevolmente il suo volume, come può avvenire per es. per evaporazione. Vi sono quindi delle caratteristiche a cui devono soddisfare gli accumulatori della ricerca: 1) elevati valori del calore latente e della densità; 2) buona conduttività del calore; 3) basso costo dell'unità di peso; 4) non infiammabili, non velenosi, inodori; 5) non devono intaccare i metalli impiegati nella costruzione degli elementi che devono contenerli; 6) devono conservare la primitiva grandezza, la composizione chimica e il valore del calore latente per un lungo periodo di servizio; 7) avere preferibilmente un punto di fusione non eccedente i 60° C.

In base a queste caratteristiche molte sostanze sono state eliminate, tante per il loro costo elevato, altre perchè infiammabili, di cattivo odore o igroscopiche, infine quelle che cambiano la loro composizione quando sono riscaldate al di là del punto di fusione.

Quattro composti chimici, che emettono calore durante la cristallizzazione, iposolfito di sodio, acetato di sodio, allume potassico e cloruro di magnesio sono sfuggiti alla eliminazione precedente, ma sono stati eliminati successivamente anch'essi per una ragione o per l'altra. È stato eliminato subito l'allume di potassio a causa della sua pronunciatissima tendenza al sopraraffreddamento. Si è considerato per gli altri tre il peso e il costo per kW di carico, ritenendo di 8 ore la durata della carica e del 30 % la perdita durante la carica: l'elevato costo dell'acetato di sodio per kW ha fatto eliminare senz'altro questo composto e degli ultimi due si è preferito l'iposolfito di sodio. Anche per questo le prove pratiche hanno dimostrato che non era adatto allo scopo: in cinque giorni di funzionamento i cristalli di iposolfito avevano alterato la loro composizione e la conduttività termica si era ridotta a bassissimi valori che non ne permettevano l'utilizzazione.

Si è ripreso lo studio della conduttività termica per l'iposolfito di sodio, per l'acetato di sodio e per il cloruro di magnesio e i valori delle conduttività espresse in cal/sec/cmc per °C sono rispettivamente i seguenti: 0,0032, 0,0027, 0,0046, valori molto piccoli in confronto di quelli del rame e della ghisa, 0,90 e 0,15. Gli sperimentatori concludono che se avessero conosciuto prima questi valori caratteristici, le prove avrebbero seguito un'altra via e che per il problema che si erano proposti di risolvere non servono praticamente i composti chimici cristallizzati come quelli studiati, nè è il caso di cercare una lega metallica che, sostituendo alla cristallizzazione la fusione, possa eliminare tutte le difficoltà tecniche incontrate nelle prove dell'iposolfito di sodio. Per questa lega oltre il costo, che sarà certamente elevato, si rende necessario un isolamento molto accurato per la lega, che ha un alto punto di fusione, e quindi si ha una maggiore spesa dell'apparecchio di riscaldamento. Ciò che gli sperimentatori pensano è che oggi un sistema pratico di accumulatore termico a temperatura costante è impossibile a realizzarsi.

f. j.

# Pubblicazioni

*DI TUTTE LE PUBBLICAZIONI INVIATE ALLA RIVISTA IN DOPPIO ESEMPLARE VERRÀ FATTO UN CENNO BIBLIOGRAFICO.*

DR. ING. JOHANNES FISCHER: *Theorie der thermischen Messgeraete der Elektrotechnik. Grundlagen zu ihrer Berechnung* Ferd. Enke Verlag, Stuttgart, 1932 (Prezzo: R. M. 13).

È uno dei pochi, forse l'unico trattato pubblicato finora, che si occupi della teoria degli istrumenti termici di misura impiegati nell'elettrotecnica, e sviluppi in modo metodico e razionale le basi per il loro calcolo. Dopo un breve richiamo ai diversi tipi di istrumenti e alle loro caratteristiche generali e un esame preliminare dei principi elementari sui quali si basa la loro costruzione e il loro funzionamento, l'A. inizia l'esame delle differenti applicazioni pratiche di questi principi alle misure elettriche.

Egli tratta perciò successivamente della termocoppia percorsa da corrente, del bolometro, del termometro a filo caldo, dell'istrumento a filo caldo per misure elettriche, della termocoppia a croce, dell'effetto Peltier e dei wattometri termoelettrici. L'ultimo capitolo dà notizia di alcuni risultati sperimentali. Il libro si chiude con una ricca rassegna bibliografica.

La maniera chiara, concisa e sistematica colla quale viene svolto l'argomento rende il libro vivamente raccomandabile a tutti coloro che si occupano di questo ramo speciale della tecnica delle misure elettriche.

DR. ING. W. CAUER: *Siebschaltungen - V D I* - Verlag G.m. b. H., Berlin N W 7 1931 (Prezzo: R.M. 14—, per i soci del V.D.I.: R.M. 12,60.

È una delle pubblicazioni edite sotto gli auspici dell'Elektrotechnischer Verein di Berlino, preziosa per lo specialista che si occupi a fondo di radio-trasmissioni e di radiotecnica.

Preceduta da una analisi generale del problema della composizione di filtri di determinate caratteristiche (lunghezza d'onda, costanti di smorzamento), viene svolta in forma succinta la teoria di questi filtri indicandone e specificandone in tabelle una suddivisione di tipo e di classe.

Alla trattazione teorica è allegata una ricca raccolta di tabelle e di curve delle grandezze che interessano il problema; esse servono a risolvere col minimo dispendio di tempo ogni caso particolare, dandone la soluzione più razionale, realizzabile mediante l'impiego più ridotto possibile di condensatori e di bobine.

ING. CESARE CIANCI: *Inserzione e verifica dei misuratori trifasi* (Velletri, presso l'Autore. 1932-X. L. 25).

L'A. che si occupa dell'esercizio presso la Società Laziale di Elettricità, si è valso della sua ampia esperienza in questo campo, compilando una raccolta di schemi per l'installazione di gruppi di misura, corredata delle opportune norme per la prova di questi. L'interesse del libro è dunque essenzialmente pratico, e sotto questo punto di vista risulta di indubbio aiuto in tutti i problemi che si ricollegano alle misure industriali trifasi.

L'utilità della raccolta è accresciuta dal modo in cui la materia è presentata e ordinata, per cui l'uso degli schemi risulta facile e pronto.

Il lavoro è diviso in due parti: gli schemi o tavole per l'inserzione che han costituito il punto di partenza (complessivamente un'ottantina), son raccolti nella seconda parte, raggruppandoli secondo il genere della misura e degli apparecchi adoperati, mentre nella prima parte vengono illustrati, sia dal punto di vista teorico che pratico, i vari procedimenti per la misura della potenza, del fattore di potenza ecc. Questa parte è corredata riccamente di abachi e tabelle che rendono più spedito il lavoro.

Il libro è certamente destinato a una buona diffusione fra i professionisti che devono occuparsi di queste particolari questioni.

ING. PROF. LUIGI SANTARELLA: *Resistenza ed elasticità di calcestruzzi di cemento in funzione del rapporto* acqua/cemento *e della resistenza della malta normale.*

(Vol. II della Collezione: Atti, ricerche e studi della Scuola di specializzazione per le costruzioni in cemento armato – fondazione « Fratelli Pesenti » – annessa alla R^a^ Scuola di Ingegneria di Milano). Ed. Ulrico Hoepli, Milano 1931-IX.

Sulla scorta di numerose esperienze eseguite nel « Laboratorio di prova dei materiali da costruzione » del R° Politecnico di Milano, in collaborazione col Vice Direttore del Laboratorio

stesso, Prof. Giulio Revere, l'A. della presente Memoria stabilisce alcune utilissime relazioni atte a definire la variabilità della resistenza alla compressione e del modulo elastico, pure alla compressione, di calcestruzzi eseguiti con cementi italiani e con diversi valori del rapporto acqua: cemento.

Degna di particolar rilievo è la circostanza che i risultati posti a base di questo interessante studio si riferiscono a periodi di stagionatura variabili da uno a due anni. L'indagine è stata condotta per quattro tipi di cementi: Portland naturale, Portland artificiale comune, Portland di alta resistenza e cemento fuso. Per tutte le esperienze compiute fu mantenuta costante la composizione granulometrica della miscela sabbia-ghiaia allo scopo di mettere meglio in evidenza l'influenza della quantità del cemento e del rapporto acqua: cemento, sulla resistenza alla compressione e sul modulo di elasticità dei calcestruzzi.

L'importanza pratica dei risultati cui giunge l'A. consiste nel fatto che le formule da questi stabilite permettono di apprezzare, con sufficiente approssimazione, la resistenza di un calcestruzzo ed il relativo modulo di elasticità per ogni stagionatura, in base ai valori della resistenza della malta normale (che, caso per caso, deve essere determinata conformemente alle prescrizioni regolamentari) e al valore del rapporto acqua: cemento.

La Memoria è presentata in elegante veste tipografica ed è corredata di numerosi prospetti e grafici nei quali sono chiaramente coordinati i risultati delle esperienze poste a base dello studio.

COMITATO PER L'INGEGNERIA DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE: *La partecipazione italiana al I° Congresso internazionale del beton semplice ed armato.* Roma. Tipografia del Senato, 1931-X.

È questo il terzo volume della serie di pubblicazioni che il Comitato per l'Ingegneria del Consiglio Nazionale delle Ricerche ha creduto necessario iniziare, sin dal 1930, in occasione della IIª Conferenza mondiale dell'energia, al fine di documentare la partecipazione del nostro Paese alle più importanti manifestazioni tecniche internazionali.

Il presente volume, come avverte il titolo, si riferisce al I° Congresso internazionale del beton semplice ed armato, tenutosi a Liegi nel settembre 1930, e comprende le seguenti memorie:

1ª) Resistenza e modulo d'elasticità alla compressione di pilastri di cemento armato preparati con cementi italiani (Prof. Ing. L. Santarella).

2ª) Le costruzioni asismiche in Italia (Ing. G. Faccenda).

3ª) Sulla ripartizione dei carichi nelle strutture monolitiche (Prof. Ing. G. Krall).

4ª) Sulla statica delle costruzioni asismiche (Prof. Ing. A. Danusso).

5ª) Il comportamento elastico dei più vecchi ponti ferroviari italiani ad arco incastrato: I ponti della Val Brembana (Prof. Ing. L. Santarella).

6ª) Il comportamento elastico di un ponte ferroviario di cemento armato con archi a spinta eliminata: Il ponte di Intra (Prof. Ing. L. Santarella).

7ª) Le dighe di Ceresole Reale per lo sbarramento dell'Orco (Ing. C. Bornati).

8ª) Recenti opere di cemento armato in Italia (Ing. G. Krucker).

9ª) Recenti edifici di cemento armato a Roma (Ing. R. Stoelcker).

10ª) Il cemento armato nei lavori di riparazione, consolidamento e trasformazione di manufatti (Prof. Ing. D. De Francesco).

11ª) Resistenza e modulo d'elasticità alla compressione di calcestruzzi preparati con cementi italiani (Prof. Ing. L. Santarella).

12ª) La retrogradazione dei calcestruzzi porosi (Prof. G. Natta e Ing. C. G. Fontana).

13ª) Le condotte di cemento armato in Italia: i tubi Vianini (G. Vianini).

14ª) I tubi di « Eternit » (Ing. A. Mazza).

# Libri ricevuti

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI - SERVIZIO IDROGRAFICO: *Risorse idrauliche per forza motrice utilizzate e ancora disponibili.* Fasc. IX della Pubblicazione N. 12 del Servizio: Bacino del Po - Regione Emiliana (Affluenti del versante appenninico a valle del Tanaro-Bormida). Roma. Provveditorato generale dello Stato. 1932-X. (L. 30).

DR. ING. ARTURO FERRARIO: *A quale sistema affidare la successione delle tranvie a vapore per il trasporto dei viaggiatori?* Estratto dalla Rivista « L'Ingegnere », Vol. VI, N. 1. Gennaio 1931-X.

ASSOCIAZIONE NAZIONALE FASCISTA FRA GLI INDUSTRIALI METALLURGICI ITALIANI: *Annuario dell'industria metallurgica Italiana. Anno 1932-X.* – Arti Grafiche Flli. Magnani.

International Conference on Large Electric High-Tension Systems. - H. W. CLOTHIER: *Overhead line and feeder protection.*

International Conference on Large Electric High-Tension Systems. - B. H. LEESON e H. LEBEN: *The principles of feeder protection and their application to three modern systems.*

# Notiziario

## CONCORSI PER LO STUDIO DI PROGETTI DI COSTRUZIONI A STRUTTURA D'ACCIAIO

L'Associazione Nazionale Fascista fra gli Industriali Metallurgici Italiani ha bandito nello scorso anno due Concorsi nazionali, intitolati al nome di Giorgio Enrico Falck, con 60 000 lire di premi, fra Ingegneri ed Architetti italiani, per lo studio di progetti di costruzioni a struttura di acciaio.

La presentazione dei progetti partecipanti ai Concorsi G. E. Falck si è chiusa il 1° marzo e l'esito è stato assai lusinghiero e superiore a qualsiasi aspettativa; oltre trenta progetti sono stati infatti presentati da concorrenti di ogni parte d'Italia.

La Commissione esaminatrice si riunirà fra pochi giorni per iniziare l'esame dei progetti e per assegnare, nel più breve termine possibile e comunque non oltre tre mesi dalla data di scadenza dei Concorsi, i premi relativi.

In relazione a quanto stabilito nel bando, i progetti verranno prossimamente esposti al pubblico.

## PERSONALIA

L'Ing. **Giuseppe Faccioli,** che fu insignito dall'American Institute of Electrical Engineers della medaglia Lamme pel 1931, si è definitivamente ritirato dalla Direzione delle Officine di Pittsfield della G. E. C. per dedicarsi alla consulenza.

L'Ing. Faccioli, laureato a Milano, passò agli Stati Uniti all'età di 25 anni dedicandosi alla costruzione di macchinario a corrente alternata. Egli attirò l'attenzione di William Stanley, che lo ebbe fra i suoi collaboratori. Passato alla General El. Co. vi rimase per 25 anni distinguendosi in vari campi: rammentiamo fra altri gli studi da lui eseguiti sul fulmine alcuni anni or sono. All'atto di lasciare la carica onorevolmente coperta per tanti anni gli fu presentato un indirizzo firmato da 150 ingegneri e tecnici suoi collaboratori. La consegna dell'indirizzo ebbe luogo con eccezionale solennità a Schenectady.

L'Ing. **Filippo Torchio** è stato nominato primo Vicepresidente della New-York Edison Co. Egli è nato nel 1868 a Como e trovasi a New York fino dal 1893. È naturalizzato americano. Dal 1895 appartiene al gruppo della N. Y. Edison Co. come fiduciario e consulente. È Consigliere di numerose Società del Gruppo. Membro del Franklin Institute, è autore di opere pregiate di carattere tecnico ed economico-industriale: fu il primo assertore in America dell'impiego dei cavi sotterranei ad altissime tensioni. Membro e Presidente di numerose Commissioni gode negli ambienti elettrotecnici ed industriali degli Stati Uniti della più alta considerazione.

# Necrologio

A Torino, il 9 marzo, la **N. D. Maria Guicciardi ved. Roncaldier,** madre dell'Ing. Aldo Roncaldier, Condirettore Generale della Società Idroelettrica Piemonte.

A Mussolinia di Sardegna, il 14 marzo, il piccolo **Italo Dolcetta,** figlio dell'Ing. Giulio, Amministratore Delegato della Società Elettrica Sarda.

A Vimercate, il 27 marzo, l'**Avv. Rodolfo Banfi,** procuratore speciale della Società Distribuzione Energia Elettrica Ing. Banfi.

SEN. PROF. O. M. CORBINO, *Direttore* — ARTI GRAFICHE E. CALAMANDREI & C. - MILANO — ING. ETTORE CESÀRI, *Redattore-Capo responsabile*
Fotoincisioni della « ZINCOGRAFICA » - MILANO.

MILANO
Aprile 1932 - Anno X

Fascicolo IV
Volume IX

# L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTRICHE (FENAGRIEL)
*Direttore:* SENATORE O. M. CORBINO

Le opinioni espresse dagli autori e dai redattori non impegnano nè la Direzione, nè le Associazioni di cui la Rivista è l'organo

PROF. GAUDENZIO FANTOLI

## L'esercizio intermittente degli impianti idraulici e la tutela del demanio fluviale nelle sue utilizzazioni agricole ed industriali (1)

**1.** – Quanto espongo deriva dalla cognizione precisa di situazioni fluviali sussistenti in numero già non trascurabile nel Paese nostro e dipendenti da Impianti, i quali, a mezzo delle accumulazioni intermittenti nelle capacità di serbatoi o di vasche di carico, ottengono la multiforme efficienza del loro esercizio per immettere poi nel corso d'acqua sottostante una portata assai variabile nelle ventiquattro ore del diagramma giornaliero, mutevole tra limiti lontani, anche dallo zero in su. Da ciò, le riflessioni sui danni reali già corrispondenti a tali situazioni e le riflessioni sui danni potenziali maggiori inerenti alle situazioni stesse, ove fossero ritenute immutabili per sempre o quanto praticamente equivale per i sessant'anni delle Concessioni presenti.

Deriva sopratutto quanto espongo dalla veduta convinta delle situazioni che si avrebbero nel seguito dal moltiplicarsi dei punti dannosi, ove non seguisse l'eliminazione di frequenti incertezze applicative mediante espressi richiami ufficiali al giusto criterio da ritenersi indubbiamente implicito in qualsiasi concessione presente e futura.

Il persistere in qualche inesatta interpretazione che fa dipendere da una semplice data o precedenza cronologica l'ammissione o meno della libertà illimitata di un Impianto nella riconsegna locale delle acque — laddove v'è invece un'alta questione di principio e di economia nazionale — avrebbe conseguenze funeste per il regime fluviale pur considerato lo stesso nei soli sviluppi degli impianti già positivamente previsti.

Provvidamente, sono sempre possibili e quasi sempre semplici i rimedi che, mentre consentono la necessaria e anche intera libertà degli impianti stessi, evitano in pari tempo quella *permanente svalutazione* dei corsi d'acqua sottostanti che implica il danno generale anche allo stesso ulteriore sviluppo possibile della utilizzazione industriale e della utilizzazione agricola: la quale ultima è interessata in misura affatto preminente e particolare all'oggetto delle considerazioni qui esposte.

Bene s'intende che tali *possibilità* degli sviluppi futuri vanno considerate non coi ristretti o gretti riferimenti allo stato del momento o poco in là, ma colla giusta visione di un compito che è *inevitabile nel tempo* e che, come dirò, è da ritenersi appena ai suoi inizi.

Aggiungo che i provvedimenti i quali conciliano la conveniente libertà d'esercizio degli impianti colla sensibile integrità di valore del demanio fluviale, possono essere differiti in molti casi fino a che non si presenti la necessità determinata da un interesse serio e reale. Ma il provvedimento, anche se rimane potenziale, deve essere previsto a tempo e così deve essere notorio l'impegno della sua applicazione onde realizzare la stessa ove e quando occorra in ordine alla necessità positiva sopra accennata.

E questo al fine che le eventuali utili iniziative non risultino sfiduciate e deviate da situazioni sfavorevoli e danneggiate dei corsi d'acqua, ma tuttavia provvisorie e rimediabili quando sussista l'impegno del provvedimento risanatore.

Prima di proseguire nell'argomento con esempi particolari e con altre considerazioni, ritengo opportuno di indicare nei termini sintetici di quattro punti, quali limiti dovrebbero informare l'apposito richiamo a una concorde interpretazione circa il giusto concetto inseparabile dalle Concessioni idrauliche per lo sviluppo d'energia.

Come principio di massima, la manovra artificiale dell'opera di accumulazione giornaliera, o settimanale, o stagionale di un impianto non deve peggiorare il diagramma naturale del *deflusso di magra* che preesisteva a valle dell'impianto medesimo nelle condizioni *originarie* del corso d'acqua.

L'applicazione concorde di tale principio risponde anzitutto e in grado preminente all'interesse dello Stato, nel riguardo generale sia del presente, sia particolarmente del futuro e in attinenza alla utilizzazione d'uso per le forze motrici e sopratutto per le irrigazioni. Anche l'interesse della navigazione può essere coinvolto.

L'entità degli interessi reali e potenziali fin d'ora pregiudicati da alcune situazioni già esistenti vuole che il richiamo di cui sopra al giusto spirito inseparabile da ogni concessione valga esplicitamente anche per le situazioni anzidette e promuova l'adeguato rimedio quando è o diventa necessario: e questo colla correzione parziale della variabile erogazione giornaliera, mediante le apposite capacità compensatrici a

---

(1) Nel pubblicare questo studio importantissimo, ci permetterà l'Illustre Autore, che ci onora della sua stima, di fare qualche riserva sulle conclusioni cui egli arriva.
Saremo lieti se altri studiosi della materia, tecnici o giuristi non monta, vorranno interloquire sull'argomento. Ci riserviamo comunque di precisare il nostro pensiero a tempo debito.
*L'E. E.*

valle degli impianti, sì da ricostituire almeno il minimo intangibile della magra originaria, oppure colle limitazioni e cogli accordi circa il minimo di erogazione a valle ecc.

Quando nelle nuove Concessioni un'opera di accumulazione *stagionale* è atta a migliorare notevolmente il regime naturale di magra, sembra sia bene che lo Stato nell'interesse generale, fatto richiamo esplicito alla suddetta prima norma di principio, prescriva che una certa quota parte del miglioramento della portata di magra (da un decimo a un ventesimo, secondo i casi, a criterio del sottoscritto) sia devoluta con deflusso continuo a vantaggio della detta portata di magra nel corso d'acqua influenzato.

2. – Per intendere nella loro giusta misura gli esposti concetti, occorre siano commentati nel fatto con alcuni esempi di situazioni stabilite a pregiudizio del regime naturale delle acque magre, svalutato entro gli stessi e più bassi limiti della utilizzazione odierna. Citando le cifre, ometto il nome di qualche esempio che è tuttavia reale e specifico, non l'ometto per necessità di chiarezza in altri esempi, avvertendo che la casistica precisabile mi riescirebbe alquanto più numerosa: ove occorresse, potrebbe aversi una apposita indagine più ampia.

Ma è superfluo avvertire che dalle mie poche citazioni specifiche esula espressamente ogni ombra di appunto verso qualsiasi Ente, o Ufficio, o Consesso che sia.

Invero, la situazione che ora è da tutti rilevabile — indice di quella ben altrimenti intensa ed anarchica che si avrebbe nel sèguito senza richiami tempestivi — muove anzitutto da una felice causa: l'eccezionale rapidità dello sviluppo idroelettrico, che solo in questi anni consente la visione di un quadro già abbastanza delineato nei fatti e nelle conseguenze.

Un altro aspetto dell'argomento richiedeva, per esser visto da tutti, la sanzione della esperienza: esso riguarda l'entità del raggio d'influenza della perturbazione che da una forte oscillazione artificiale e periodica della erogazione in un punto del sistema fluviale può derivare e deriva al regime della magra, della magra media, dicasi delle acque utili, nel corso o nei corsi d'acqua sottostanti al luogo dell'esercizio predetto.

L'influenza sul fiume sottostante può risentirsi ancora gravemente dannosa anche a molte decine o a più centinaia di chilometri.

Per vero, chi scrive, in occasione di pareri dati ad Enti diversi o a Consessi, ha considerata, consigliata e precisata più volte la necessità della correzione parziale dei deflussi sovvertiti dall'altro giusto interesse inerente ai bisogni del diagramma d'esercizio industriale: e ciò a mezzo delle capacità compensatrici, o di limitazioni adatte, o di accordi opportuni nell'erogazione: ha pure rilevata e fatta rilevare con ricerche sopra esempi effettivi e di assai laboriosa calcolazione, la persistenza del danno prodotto in sezioni fluviali site a qualche centinaio di chilometri a valle della località dove si effettua l'esercizio oscillatorio.

Ma si conferma che per il pieno riconoscimento generale, non contestabile, adducente oltre che alla ovvia cautela per l'avvenire, a qualche rimedio necessario circa il passato, occorreva la sanzione sperimentale più estesa quale oggi non si può ignorare e che è piuttosto esuberante per decidere i richiami o chiarimenti dianzi formulati.

I quali rispondono, oltre che al palese interesse dello Stato, all'interesse di tutti. Ci sia lecito di constatare in proposito come i grandi benemeriti Enti idroelettrici, siano privati, siano statali, i quali sostengono una tesi quando sono danneggiati, sono piuttosto inclini a sostenerne un'altra — ed è umano e comprensibile — quando sono essi i danneggianti.

Ma le considerazioni su quanto dovrebbe inevitabilmente avvenire in danno comune, faranno senza dubbio prevalere l'intelligenza e l'equità nella valutazione del caso singolo contingente: faranno cioè riconoscere il diritto intrinseco del fiume nferiore o meglio dicasi dei corsi sottostanti, ad un *minimo* intangibile dell'efficienza naturale originaria. Tale diritto è a mia convinzione intimo e sottinteso, anche se ha formulazione inadeguata o inesatta nelle discipline di questa o di quella Concessione.

3. – La situazione più semplice ed anche assai più frequente è quella che dipende da impianti con modesto serbatoio o capacità o vasca di carico avente la sola funzione di erogare a volontà, entro certi limiti, l'afflusso di un giorno o di pochi giorni; l'erogazione a valle, nel valore integrale di quel giorno o di quei pochi giorni, rimane la medesima: ma la sua distribuzione, intensa in alcune ore, minima o anche nulla in altre, pregiudica in parte o in tutto la capacità d'utilizzazione del corso d'acqua sottostante, pure considerata nel solo valore della magra originaria preesistente.

In un esempio, del quale ometto il nome, l'impianto cattura l'afflusso del soprastante bacino di 1 200 chilometri quadrati mediante un serbatoio di modesta capacità, un milione di metri cubi. Nella sezione dell'impianto l'afflusso medio annuo è di 50 mc/sec, l'afflusso medio in quattro mesi di magra è di 12 mc/sec, l'afflusso nel mese e mezzo di magra più pronunciata è di 8 mc/sec.

La indicata capacità di accumulazione, di un milione di mc, sarebbe ovviamente spesa assai male se dedicata al miglioramento della magra nei detti quattro mesi. Si avrebbero cioè disponibili 250 000 mc nel mese medio di 2 610 000 secondi e la magra media di 12 000 litri al sec sarebbe rialzata di meno di 100 litri circa al sec: rialzo e vantaggio affatto insignificanti.

È invece potente l'effetto di quella capacità disponibile se intesa alla variazione oraria ed al servizio di punta di un grande gruppo, a concentrare cioè ad esempio, nel deflusso di 8 ore, l'afflusso integrale di un giorno: otto ore con deflusso di 36 mc al sec, sedici ore con deflusso zero. Quella vasca serbatoio di un milione di mc consente anzi di sospendere il deflusso naturale preesistente di 12 mc/sec per un intero giorno festivo (ore 23,1).

Allora è senza dubbio ingente il valore industriale d'una modesta capacità di accumulazione, ma è d'altra parte palese il grave danno intrinseco che può essere recato al corso ricevente ed ai successivi di un sistema fluviale da tale grave alterazione del deflusso, pur considerato, ripeto, nei suoi limiti della magra utile originaria.

A questo esempio corrispondono, con differenze di cifre e di rapporti, numerosi altri casi effettivi dove l'impianto, se privo di capacità compensatrice allo scarico, ha inevitabilmente e *solamente* una funzione dannosa rispetto al regime delle acque utili nel corso o nei corsi sottostanti.

Insisto espressamente nell'avvertire che l'oggetto va considerato non solo nei suoi effetti presenti, che possono anche mancare totalmente, ma nel tempo e nelle vaste possibilità future definibili o indefinibili delle utilizzazioni industriali e particolarmente irrigue.

Invero, occorre prescindere sempre dalle condizioni momentanee e contingenti quando si considerano i problemi nazionali nella loro *permanenza;* non si deve dimenticare che malgrado la mirabile azione e la più mirabile visione di quest'ultimo decennio circa i problemi stessi, siamo lontanissimi dal pieno sfruttamento industriale delle acque e siamo appena all'inizio del loro sfruttamento agricolo: il quale compito è di prevalente incomparabile momento economico e politico per il Paese.

È al riguardo desiderabile che ognuno legga il prezioso volume sulle irrigazioni edito dal Servizio Idrografico (1931) e mediti queste parole di sintesi dell'Ing. Angelo Rampazzi:

« Il quadro grandioso delle utilizzazioni irrigue in Italia « esposto nei precedenti capitoli, risultato di una millenaria « tradizione di lavoro, non ha occultato le lacune che si hanno « ancora nel nostro Paese anche laddove più antica è la pratica « irrigua e più perfezionati sono i metodi di coltura. Basterà « ricordare che, se nella Lombardia l'area delle zone irrigate, « in confronto di quella totale agraria, rappresenta il 33 %,

« nello stesso Piemonte si riduce già al 28 % e scende fino al « 0,30 % in Puglia e in Sardegna ».

Anche ridotte assai, a lume di cognizione personale, le superficie agrarie a quelle che per natura loro e per adattamento morfologico sono sicuramente e convenientemente irrigabili, siamo forse *alla metà* del compito anche nelle regioni più favorite e siamo forse *a un decimo* del compito nella media del Paese intero.

**4.** – Di conseguenza, quando in un dato caso reale si presenti per iniziative opportune la concreta possibilità d'una notevole o grandiosa utilizzazione agricola, rivolta al godimento della magra estiva nel suo genuino valore originario e naturale, è ammissibile di concepire la libertà di un impianto esistente ad esercizio oscillatorio fino al punto di pregiudicare od annullare praticamente il valore medesimo? E ciò per il criterio interamente fallace di pura precedenza cronologica?

Credo risolutamente di no. Nessun disciplinare, anche se tace al riguardo o se è ambiguo, può essere interpretato con un formalismo concettuale così ristretto, perchè l'interesse dieci dell'oggi non può vietare permanentemente l'interesse potenziale cento o mille del domani, che nella sua essenza è patrimonio irriducibile dello Stato.

In altre parole, la libertà più o meno sopportata o tacitamente non vietata di erogare in modo discontinuo, interamente arbitrario, il deflusso naturale del corso d'acqua in un dato punto del medesimo, non può nè deve *mai* essere intesa o confermata in senso assoluto, spinta cioè sino a togliere in parte o in tutto il deflusso particolare definito dalle magre nelle condizioni originarie, misura del *valore demaniale* del corso d'acqua sottostante in quel minimo che non può ammettere rinunce. Per questo, alla libertà assoluta dell'impianto, se richiesta, deve corrispondere sempre virtualmente, anche con effetto retroattivo nel caso di riconosciuta necessità, l'obbligo del rimedio o mediante la capacità di compensazione occorrente a ricostituire il deflusso continuo naturale sopra accennato o mediante accordi sul minimo continuo da erogarsi.

Il concetto implicito di queste riflessioni ha certo la giustificazione di un retto senso comune e la sanzione del giudizio tecnico: onde dovrebbe trovare sicuramente la sua conferma in una espressione giuridica appropriata, tenuta pure presente, ritengo, la funzione permanente dello Stato come esponente e tutore degli interessi propri e dei terzi dell'oggi e del futuro.

Ben inteso, intendasi escluso fin d'ora qualsiasi diritto al godimento gratuito dell'eventuale aumento nella efficienza fluviale quando sia ottenuta mercè impianti a grandi serbatoi stagionali, se l'aumento sotto forma di deflusso continuo è in tutto o in parte mantenuto anche a valle degli impianti medesimi. Sul quale argomento, che riflette il quarto punto di cui al primo paragrafo di queste note, ritornerò nel sèguito delle stesse.

Tale principio di prevalente ragione pubblica inteso a garantire o a ricostituire, quando occorra, i valori del demanio fluviale definiti dalle magre naturali, indici i più significativi delle utilizzazioni presenti e future nel corso sottostante, reca dunque in sè stesso l'obbligo di provvedimenti o di compensi o di intese quando il detto valore minimo è sistematicamente intaccato e ridotto dall'esercizio discontinuo.

Nel riguardo di un'altra utenza idroelettrica danneggiata, il compenso può essere in energia: ma il provvedimento medesimo deve riguardarsi come contingente e limitato caso per caso: e ciò ancora per la giusta visione delle utilizzazioni future prevedibili e non ancora prevedibili e in riguardo sopratutto all'irrigazione, per la quale non reggono altri rimedi fuor di quelli dati dalle capacità compensatrici delle vasche o dei bacini adatti ad una ricostituzione tollerabile del deflusso continuo di magra.

In vero è ovvio che l'irrigazione rifiuta gli eccessi della variazione diurna, dovendo adattarsi al minimo sicuro e costante come è richiesto dalla funzione di dispensa agricola.

**5.** – Ribadivo mentalmente queste constatazioni anche di recente, per la cognizione locale di due casi aggiunti a quelli che mi erano già noti.

Un importante fiume delle Marche, subito a monte di una centrale idroelettrica ivi esistente, ha il deflusso medio annuo di circa 30 mc/sec ed una magra che nei mesi estivi è in media di circa 1800 litri/sec. La notevole capacità d'un serbatoio di carico del detto impianto consentirebbe l'esercizio oscillatorio più arbitrario, anche con interruzione totale dell'erogazione per più giorni.

Nel fatto l'irregolarità è limitata da qualche impegno nel corso sottostante: tuttavia il deflusso minimo sul quale potrebbe contare oggi sicuramente una derivazione estiva continua, risultava essere una piccola parte del detto valore medio della magra naturale: e ciò da precise esperienze dirette, cortesemente eseguite su nostro suggerimento. D'altra parte, una derivazione irrigua già divisata può dominare una pianura di terreni ottimi per qualità ed adattamento latistante al fiume, irrigando facilmente l'estesa d'oltre 3000 ettari: ai provvedimenti in progetto, intesi all'aumento dell'efficienza estiva di quel fiume, dovrebbe premettersi quello della ricostituzione a deflusso continuo della magra estiva naturale.

Ma tale compito non può essere a carico della nuova iniziativa. È un esempio che vale per molti altri analoghi e di consimile entità nell'applicazione.

L'altro caso, resomi noto da autorevoli informazioni riguarda i danni che ad alcune storiche derivazioni del Bolognese derivano dall'esercizio oscillatorio di un recente impianto nel corso superiore, avente un notevole serbatoio di carico ma privo a valle di capacità compensatrici.

A questi esempi ed ai consimili già numerosi, il richiamo o chiarimento ufficiale — informato al concetto della intangibilità d'un certo minimo di deflusso e della nullità intrinseca di qualsiasi interpretazione ambigua che pregiudichi notevolmente o del tutto il valore del demanio fluviale sottostante, inteso come sopra — deve assicurare l'ovvio rimedio, perchè non si può certo ritenere che una Concessione abbia preveduta e sancita implicitamente una simile dannosa alterazione del deflusso utile ed utilizzabile in un avvenire sia pure talora indeterminato, ma sicuro.

In altri casi, anzi in molti altri casi, il rimedio che concilia la libertà anche intera dell'esercizio oscillatorio coll'interesse del demanio fluviale inerente ai valori delle magre, può essere dilazionato a seconda delle effettive circostanze e finchè non si presenti una sua chiara necessità, fermo però il diritto nello Stato di esigerlo quando occorra per utilizzazioni ulteriori di rilevante o notevole momento nello sviluppo delle irrigazioni e delle forze motrici. Tale diritto, ripeto, deve essere reso di pubblica notorietà perchè le nuove iniziative siano possibili e non risultino preventivamente deviate e sfiduciate dalla situazione fluviale assai compromessa o inefficiente.

**6.** – Un esempio grandioso, ben noto oramai anche per diligenti esperienze ufficiali del 1929/31, è offerto dall'Adige. Invero è un esempio che per quanto grave ed eloquente dà solo il positivo presagio delle situazioni future cui allusi e che inevitabilmente si avrebbero per molti importanti bacini senza tempestivi richiami al giusto principio: basta riflettere con cognizione idrografica precisa alla vasta possibilità di sviluppi sicuri nell'avvenire mentre ora si è all'inizio delle utilizzazioni idroelettriche e delle irrigazioni inerenti all'imponente bacino, a monte ed a valle.

Vedi per le forze motrici il volume VII - «Adige» - 1931 - della pubblicazione 12ª del Servizio Idrografico e vedi la odierna pubblicazione assai bella e importante del Magistrato alle Acque (1931) sulle dotazioni idriche del Compartimento, in relazione alla possibilità della loro utilizzazione agricola. Il da farsi è in ismisurata prevalenza sul poco che ora esiste.

Si considera il detto esempio con rapidi accenni specifici, interamente obbiettivi, perchè, ripetesi, ogni appunto esula

da queste necessarie precisazioni e perchè è di convenienza comune il riconoscere a tempo l'indole di situazioni determinate dalle cause già indicate e delle quali preme di evitare soprattutto l'indefinibile illimitato aggravamento.

A valle di Trento, dove il bacino imbrifero misura quasi dieci mila chilometri quadrati, variando di poco nel tronco veronese sottostante, la magra sta per i mesi invernali intorno ad una media di circa 80 mc/sec.

Oggi, due potenti impianti a monte di Trento interessano due affluenti d'Adige, l'uno per un bacino di poco più di 3000 kmq, l'altro per poco più di 1000 kmq. I due impianti hanno capacità di accumulazione degli afflussi l'uno per circa mezzo milione, l'altro per circa un milione di mc: i valori delle magre naturali correlativi alla media sopra indicata d'Adige, di 80 mc/sec, sono, nei luoghi interessati, circa di 30 mc/sec e di 12 mc/sec rispettivamente.

Il loro esercizio intermittente dà luogo, nelle condizioni ordinarie dei mesi di magra invernale, ad assai ampie oscillazioni del deflusso dell'Adige sottostante che protendono l'influenza per decine e centinaia di chilometri.

Dalla completa documentazione, in molta parte ufficiale, inerente alle registrazioni dei diversi idrometrografi atesini nelle esperienze 1929-31 e successive, ricaviamo qualche dato di semplice designazione del fatto costante generale.

Le oscillazioni dell'esercizio intermittente dei due impianti, manovrati naturalmente a norma dei bisogni di punta, delle ferie ecc., variano in genere e in approssimata media, nell'uno dal deflusso zero o quasi a circa 45 mc/sec, nell'altro da zero o quasi a circa 25 mc/sec.

Alla sezione d'Adige in *Trento*, sita circa 80 chilometri a valle del primo impianto e 50 chilometri a valle del secondo, tali esercizi intermittenti dànno luogo nel ciclo giornaliero di 24 ore a variazioni del deflusso tra questi limiti (ricavati da grafici) con andamento di ondulazione periodica tra il massimo e il minimo successivo e viceversa:

Gennaio 1931

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Giorno 27: | dal massimo | di 89 | al minimo | di | 67 | mc/sec |
| » 28: | » | » » 95 | » | » » | 61 | » |
| » 29: | » | » » 95 | » | » » | 64 | » |

Febbraio 1931

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Giorno 18: | dal minimo | di 70 | al massimo | di | 96 | mc/sec |
| » 19: | » | » » 53 | » | » » | 92 | » |
| » 20: | » | » » 67 | » | » » | 113 | » |

Alla sezione d'Adige in *Mori*, sita 115 chilometri a valle del primo impianto e 85 chilometri a valle del secondo, l'onda giornaliera varia in limiti di quest'ordine:

Gennaio 1931

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Giorno 19: | dal massimo | di 102 | al minimo | di | 69 | mc/sec |
| » 20: | » | » » 100 | » | » » | 70 | » |
| » 21: | » | » » 108 | » | » » | 59 | » |
| » 22: | » | » » 94 | » | » » | 67 | » |
| » 23: | » | » » 102 | » | » » | 70 | » |
| » 24: | » | » » 106 | » | » » | 76 | » |

Gli esatti deflussi *medi* d'Adige in quei 6 giorni (19/24 gennaio) sono rispettivamente:

90, 83, 87, 81, 85, 84 mc al secondo (a Mori).

S'intende che la manovra intermittente dei due impianti, nella varietà del loro esercizio per i bisogni effettivi giornalieri, per le ferie ecc., può modificare e modifica di fatto anche il valore della portata media di un dato giorno rispetto a quella che si avrebbe a deflusso interamente naturale: ma la portata media di quel periodo di sei giorni, 85 mc/sec, non si scosta che insensibilmente dal vero valore del deflusso indisturbato e quasi costante nel regime naturale di quei giorni.

Gennaio 1931

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Giorno 27: | dal massimo | di 96 | al minimo | di | 66 | mc/sec |
| » 28: | » | » » 96 | » | » » | 65 | » |
| » 29: | » | » » 93 | » | » » | 66 | » |
| » 30: | » | » » 100 | » | » » | 67 | » |
| » 31: | » | » » 92 | » | » » | 61 | » |

I deflussi medi di quei 5 giorni sono rispettivamente:

83, 83, 79, 82, 80 mc/sec (a Mori).

La media di 81,6 mc/sec, per la quale sta l'osservazione di cui sopra, è il vero valore del deflusso naturale in quei giorni.

Febbraio 1931

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Giorno 17: | dal minimo | di 67 | al massimo | di | 85 | mc/sec |
| » 18: | » | » » 66 | » | » » | 94 | » |
| » 19: | » | » » 57 | » | » » | 97 | » |

I deflussi medi di quei 3 giorni sono rispettivamente:

75, 80, 76 mc/sec (a Mori) con media di 77 mc/sec.

La magra naturale 1930/31 aveva avuto il suo tratto più depresso nei giorni 8, 9, 10 febbraio 1931 con portata di 70 mc/sec.

È ovvio che le intermittenze artificiali, che sostituiscono nel corso sottostante un'ampia ondulazione all'andamento pressochè rettilineo del deflusso naturale negli stati di magra, hanno effetto tanto più grave quanto più la magra è accentuata.

Anche in questa magra del 1932, con portata scesa a 75 mc/sec che, non disturbata, avrebbe defluito col detto suo valore costante, si ebbero oscillazioni fino di circa 45 mc/sec di ampiezza intorno al valore medesimo di 75 mc/sec.

Per lo stesso periodo considerato dianzi, dal 19 al 25 gennaio 1931, si possiede, anche negli atti ufficiali, il grafico degli effetti alla sezione di *Chievo* dove l'Adige veronese ha altre importanti derivazioni già esistenti.

La sezione d'Adige di Chievo (bacino a monte della Diga), è sita 180 chilometri a valle del primo impianto e 150 chilometri a valle del secondo.

Per la sua caratteristica evidenza, si allega qui il grafico delle onde giornaliere d'oscillazione nel detto periodo, mentre l'Adige aveva nelle condizioni naturali la portata sensibilmente costante di 85 mc/sec. Il grafico indica quali sono i limiti dell'ampia onda diurna: il livello d'acqua che doveva avere in quel periodo la quota quasi costante di m 63,28 s. m. passa:

| | | | | | | | *Oscillazione in* m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| dal minimo | di | quota | 63,05 | al massimo | di | 63,73 | 0,68 |
| » | » | » » | 63,00 | » | » » | 63,59 | 0,59 |
| » | » | » » | 63,04 | » | » » | 63,76 | 0,72 |
| » | » | » » | 62,91 | » | » » | 63,37 | 0,46 |
| » | » | » » | 62,93 | » | » » | 63,63 | 0,70 |
| » | » | » » | 62,96 | » | » » | 63,56 | 0,60 |

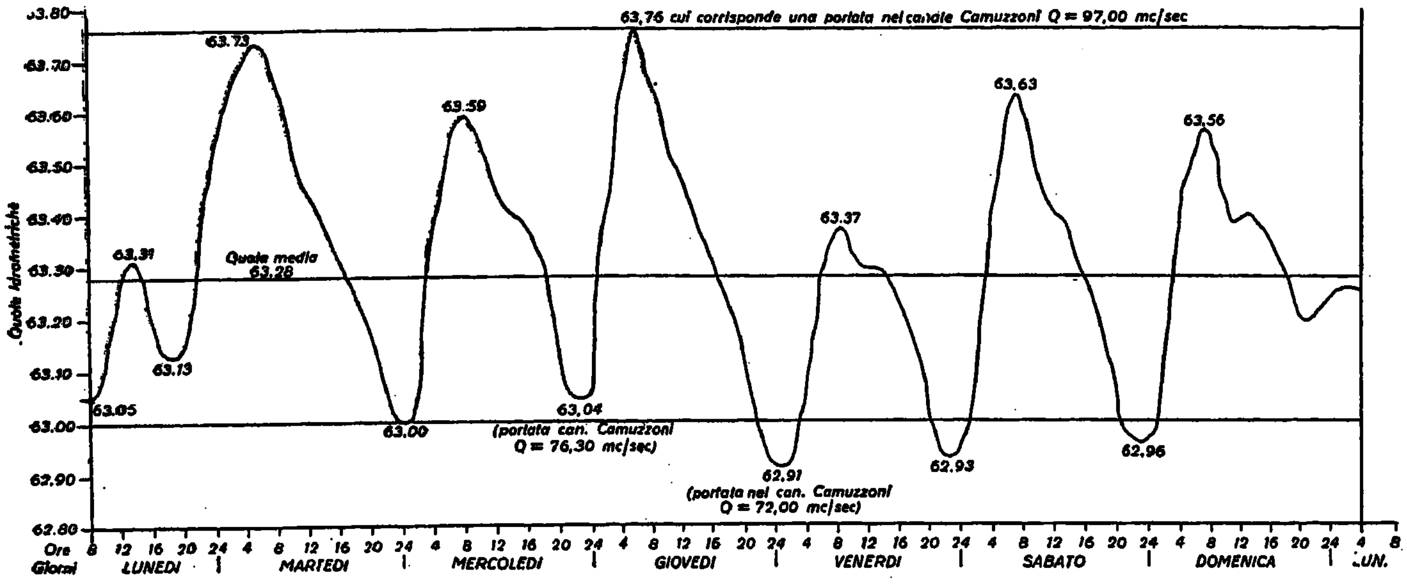
La media ampiezza dell'onda giornaliera nel livello d'acqua è così di centimetri 62,5 con oscillazione di portata che tra il massimo del giorno 22 e il minimo del giorno successivo ha raggiunto i 34 mc/sec.

Dunque, una derivazione sita in questa sezione di Chievo, distante 150 e 180 chilometri dai punti originari di oscillazione diurna, e che per sua natura dovesse oggi o domani contare sul deflusso sicuro, cioè sul minimo, troverebbe l'efficienza dell'Adige ridotta dal valore naturale di 85 mc/sec a quello artificiale di 63 mc/sec.

Così una derivazione attivata nella precedente sezione di Mori, la quale pure esiga per necessità del suo esercizio di contare sulla costanza dell'energia cioè sul deflusso sicuro, vede l'efficienza naturale dell'Adige di 85, di 81,6, di 77 mc/sec ridotta a circa 60 mc/sec e precisamente:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ridotta da | 85 | fino a 59 mc/sec | tra il | 19 e il 24 gennaio | 1931 |
| » » | 81,6 | » » 65 » | » » | 27 e il 31 gennaio | » |
| » » | 77 | » » 57 » | » » | 17 e il 19 febbraio | » |

Si possono raggiungere laboriosamente, nel caso speciale, equi accordi per compenso in energia: e pare che tali accordi siano conclusi, almeno in parte. Ma desidero rimanere nella considerazione generale dei fatti e prospettarne la complicazione in ordine alle vere portate e al tempo, perchè le situazioni che qui designo ad esempio vogliono solamente indicare l'inizio di un quadro ben più ampio e di accentuazione assai più intensa ove proseguissero senza precisi chiarimenti le utilizzazioni già fin d'ora previste e prevedibili. Non si insiste di più perchè l'accorta concezione degli sviluppi successivi palesa ad esuberanza le conseguenze della omissione delle capacità compensatrici. Si rende palese altresì in una prima misura l'ordine della *possibile* e ben più estesa svalutazione dei valori fluviali, a danno ed ostacolo delle iniziative ulteriori, sia per forza motrice, sia per le irrigazioni.




Giova, al riguardo, la cognizione meditata del materiale idrografico e tecnico, anche remoto e precedente all'istituzione dei Servizi Idrografici: i quali però nella serie di volumi della pubblicazione dodicesima « Risorse ecc. », della pubblicazione ottava « Irrigazione », della pubblicazione citata del Magistrato Veneto ecc., hanno già additati campi grandiosi di possibilità pressochè ignorati e non solo dal vasto pubblico.

In altre parole, nelle presenti riflessioni intese ai *futuri sviluppi* delle forze motrici e delle irrigazioni in particolare, io non escludo di massima nè l'Adige, nè verun altro grande o notevole bacino fluviale del Paese, anche se al momento appaiono limitati i danni in esame o remote le loro probabilità.

**7.** – Si sfiorano con rapidi cenni due altri esempi noti: Tevere, Aniene.

Vale pure per essi, s'intende, la premessa testè dichiarata e l'altra che esclude dalla constatazione di situazioni esistenti ogni ombra di appunto o di responsabilità.

Le oscillazioni riguardano i due mirabili gruppi di impianti sul Nera (Terni) e sull'Aniene (Tivoli) e mi risultano dai pregiati rilievi idrometrici compiuti dagli uffici competenti (sezione Idrografica del Lazio, Ufficio Speciale del Tevere) per gentilezza dei quali mi sono noti.

Tali impianti hanno capacità di accumulazione bastevoli per erogare a volontà, entro vasti limiti di variazione dallo zero in su, tutto l'afflusso giornaliero o anche settimanale (es. il Lago di Piediluco per il Nera).

I dati si riferiscono a stati d'acqua alquanto più abbondanti della magra, per la quale le variazioni nel corso sottostante sarebbero relativamente alquanto più accentuate. I diagrammi giornalieri sul fiume ricevente a valle sono del tipo ondulatorio come quello allegato di Chievo: hanno però una doppia ondulazione nelle ventiquattro ore.

Considero ad esempio per il Nera il deflusso a valle nel Nera stesso (Macchiagrossa) nei giorni 30 settembre, 1° e 2 ottobre 1931. Il deflusso che nel suo valore originario sarebbe uniforme in quei tre giorni, e di 85 mc/sec circa, ha questo doppio ciclo:

| | 1° minimo | 1° massimo | 2° minimo | 2° massimo |
|---|---|---|---|---|
| 30 settembre ....... | 69 | 99 | 90 | 100 |
| 1° ottobre .......... | 66 | 99 | 89 | 100 |
| 2 » .......... | 69 | 99 | 83 | 93 |

Analoghe oscillazioni furono rilevate nella prima settimana del dicembre 1930.

L'oscillazione di circa 30 mc/sec a valle degli impianti (Macchiagrossa) è ancora di 27 mc/sec nel Tevere a Passo S. Francesco, subito a valle del confluente Nera, ed è ridotta a 5 mc/sec in Roma ove risulta attenuata dall'oscillazione indotta dall'affluente Aniene.

Ma al lunedì, per effetto dell'invaso artificiale degli impianti nel giorno festivo precedente, le oscillazioni sono ben più ampie ed accentuate.

È d'esempio l'assai interessante rilievo:

*Nera-Macchiagrossa* (lunedì 1° dicembre 1930):
oscillazioni di livello di m 0,70 (tra $H = 2,67$ e $H = 3,36$),
oscillazioni di portata di circa 40 mc/sec (tra 52 e 92 mc/sec).

*Tevere a Passo S. Francesco* (1° dicembre 1930):
oscillazioni di livello di m 0,27 (tra $H = 2,44$ e $H = 2,71$),
oscillazioni di portata di mc/sec 36 (tra 88 e 124 mc/sec).

*Tevere a Ripetta* (1° e 2 dicembre 1930, lunedì e martedì):
oscillazioni di livello di m 0,32 (tra $H = 5,46$ e $H = 5,78$),
oscillazioni di portata di mc/sec 19 (tra 111 e 130 mc/sec).

Le oscillazioni a Ripetta sono attenuate, come si è detto, da quelle dell'Aniene.

*Tevere alla Magliana e a Mezzocammino*: le oscillazioni di livello osservate a Ripetta vi si riproducono quasi identiche salvo una leggerissima attenuazione che può ritenersi trascurabile.

Osservo che in questo rilievo per il lunedì 1° dicembre 1930 la portata media giornaliera del Tevere a Ponte S. Francesco, che sarebbe defluita uniformemente nel regime naturale indisturbato, era di circa 105 mc/sec, cioè notevolmente superiore a quella della magra estiva, come appare dai seguenti dati che ricavo dai Volumi del Servizio del Lazio:

| Medie mensili | Giugno | Luglio | Agosto | Settemb. |
|---|---|---|---|---|
| Anno 1927 .......... | 95,4 | 76,6 | 72,5 | 90,8 |
| » 1926 .......... | 116,0 | 90,8 | 76,7 | 89,0 |
| » 1925 .......... | 105,6 | 91,0 | 87,0 | 87,0 |

In queste condizioni di magra l'accentuazione relativa delle oscillazioni anzidette è notevolmente maggiore.

La navigazione del Tevere a valle di Roma, richiedente un fondale intorno a m 1,80, appare già in crisi di difficoltà nelle cennate condizioni.

Nell'*Aniene*, a Lunghezza, nel tronco a valle degli impianti di Tivoli, è analogo il tipo d'oscillazione.

Nel giorno di giovedì 9 maggio 1929 il diagramma è il seguente:

| | | | |
|---|---|---|---|
| primo | massimo (ore 2) | 34,0 | mc/sec |
| » | minimo (ore 8) | 22,5 | » |
| secondo | massimo (ore 14) | 40,0 | » |
| » | minimo (ore 22) | 29,0 | » |

Nello stesso giorno e negli adiacenti la portata naturale era di 31 mc/sec circa e sarebbe stata uniforme senza le ondulazioni artificiali predette. Vale la solita osservazione per i giorni successivi ai festivi. Ma è da rilevare che l'oscillazione risulterebbe alquanto più accentuata in misura relativa se riferita ai valori che più premono in questi esami, cioè ai valori estivi dei deflussi che sono due terzi o anche quasi metà del valore suindicato di 31 mc/sec. Ricavo dai volumi del Servizio del Lazio queste medie mensili dei deflussi d'Aniene a Lunghezza in mc/sec:

| Medie mensili | Giugno | Luglio | Agosto | Settemb. |
|---|---|---|---|---|
| Anno 1928 | 23,6 | 19,1 | 18,1 | 19,1 |
| » 1927 | 23,6 | 19,8 | 18,3 | 17,5 |
| » 1926 | 28,1 | 31,0 | 20,5 | 18,8 |
| » 1925 | 26,5 | 21,5 | 18,1 | 18,2 |

L'Aniene dal tronco inferiore anzidetto può dominare convenientemente comprensori irrigui di assai vasta estensione: ricordo, a prima incerta memoria, qualche progetto parziale (Ing. Talenti, 1916).

Ma insisto sulla considerazione che nessuna veduta limitata dell'oggi deve contendere la possibilità di domani: onde è da ammettersi senz'altro che l'avvenire sia pure non prossimo debba richiedere a suo tempo la *ricostituzione* del volume di magra estivo mediante l'idoneo provvedimento delle capacità compensatrici.

Non mi estendo ulteriormente nelle citazioni, che potrei anche arricchire di altri esempi omologhi per situazioni già esistenti nel Paese (Garigliano inferiore, Serchio, ecc.), perchè ritengo che gli esposti esempi siano più che bastevoli alla giustificazione dei punti primo, secondo e terzo di cui al primo paragrafo delle presenti note.

**8.** – Gli esempi fin qui indicati si attengono tutti al tipo assai più generale e diffuso degli impianti ad esercizio intermittente che non possono in *nessun modo* migliorare sensibilmente la portata naturale originaria delle magre. Ricostituita cioè anche interamente per mezzo d'una capacità compensatrice a valle tale originaria naturale portata, questa rimane ciò che è, come nell'esempio di cui al paragrafo 3, se non interviene l'ufficio di un grande serbatoio *stagionale*.

Vi sono numerosi esempi noti dove il serbatoio stagionale può arrecare ed arreca un aumento anche imponente dell'afflusso *integrale* di una magra. Ma s'intende che se a tale preziosa funzione si associa quella della *assoluta libertà* di esercizio giornaliero, con interruzioni totali, punte, ecc., senza il rimedio d'una compensazione, si ricade nei casi fin qui considerati. Grande è il vantaggio locale dell'impianto industriale: ma non è tollerabile in linea di principio il pregiudizio o senz'altro l'annullamento di valore del corso o dei corsi d'acqua a valle dello stesso.

Onde, a tutela di quel caratteristico e minimo indice del valore demaniale rappresentato dal deflusso originario di magra, deve intendersi sempre implicito in ogni concessione l'obbligo virtuale di erogazione o di ricostituzione di tale minimo.

Ma è da considerare anche un altro aspetto della situazione accennata e ad essa allude il punto quarto del citato paragrafo primo.

In un esempio tipico di numerosi consimili, un impianto a serbatoio o a più serbatoi capaci complessivamente di 26 milioni di mc raccoglie il tributo di 150 kmq di bacino imbrifero alpino. L'afflusso naturale originario corrispondente a quel bacino è in media nei 5 mesi di magra di 800 litri al secondo.

La riserva di 26 milioni di mc, riempita in epoca di piene o d'acque esuberanti, rialza la magra di 2000 litri/sec nei detti 5 interi mesi, recandola così da 800 a 2800 litri/sec.

Il vantaggio è grande per l'impianto e per l'economia generale: ma se è supposto l'esercizio oscillatorio illimitato dell'impianto, cioè con interruzioni lunghe e anche totali, in altre parole se i 242 mila mc d'acqua disponibili nelle 24 ore sono erogati a volontà, non erogati nei giorni festivi, ecc. e se manca a valle ogni capacità compensatrice, l'effetto sul corso inferiore è quello deleterio già considerato, di svalutazione parziale o totale del corso stesso a danno delle utilizzazioni stabilite o che possono essere stabilite sulla portata originaria di magra degli 800 litri/sec.

Se l'impianto in questione vuole mantenere una libertà assoluta di erogazione, gli spetta certamente in linea di principio l'impegno della ricostituzione, quando occorra e in qualsiasi tempo, del detto valore originario del deflusso utile di magra.

D'altra parte s'intende che sarebbe da respingersi come interamente infondata l'ipotetica pretesa di un utente dell'oggi, o di un utente del futuro, che richiedesse gratuitamente nel periodo di magra i 2800 litri *regolati*, cioè resi uniformi, e non gli 800. La pretesa, che ha pure riscontri effettivi, è assurda perchè il vantaggio dev'essere pagato a chi lo procura.

Ma io ritengo che lo Stato nei casi nuovi ed importanti di grandi riserve stagionali dovrebbe non solo riaffermare il principio della ricostituzione del deflusso originario di magra, ma chiedere un suo modesto miglioramento a vantaggio del corso o dei corsi sottostanti.

Le specificazioni appartengono ai casi singoli: a primo criterio tale quota opportuna starebbe tra un decimo e un ventesimo del miglioramento conseguito sulla portata di magra: nel caso anzidetto, coll'ottenuto aumento medio di 2000 litri/sec, starebbe tra 100 e 200 litri al secondo oltre gli 800 originari.

Tale norma vuol tendere ad un equo miglioramento del demanio fluviale e a favorire lo sviluppo delle utilizzazioni future specialmente irrigue: escluderei però ancora per le utenze esistenti la gratuità dell'aumento di efficienza anzidetto, ove ne fosse richiesto il godimento in eccedenza al limite della concessione inerente a dette utenze.

Ritengo di avere giustificati nelle loro motivazioni essenziali di necessità e di utilità pubblica generale i concetti riassunti nei quattro punti di cui al paragrafo primo.

GAUDENZIO FANTOLI.

*Milano, febbraio* 1932-X.

† Prof. Ing. Gaetano Ganassini
DELLA R. SCUOLA D'INGEGNERIA DI MILANO

# I serbatoi diurni delle derivazioni idroelettriche ed il regime dei corsi d'acqua

*Queste Note, che costituivano la prima traccia di un Articolo, ci furono inviate dal compianto Prof. Ganassini immediatamente prima d'ammalarsi. Egli ci fece sapere che si riservava di ampliarle dopo la Sua sperata guarigione: purtroppo il destino non glie ne ha lasciato il tempo.*

*Pubblichiamo ugualmente, come si trovano, le Note che dovevano essere il Suo canto del cigno, quale ultimo omaggio alla memoria del nostro compianto Collaboratore.*

L'E. E.

Coloro che hanno costruito ed esercitato impianti idroelettrici nel periodo prebellico ricordano che, tra le diverse prescrizioni vessatorie della legge sulle derivazioni di acque pubbliche emanata nell'anno 1884, quando le derivazioni per forza motrice erano limitate ad alcuni mulini ed a qualche modesto opificio, vi era arcigna e dominante quella della *continuità del deflusso*. La genesi era ovvia: nelle piccole bealere costruite a scopo misto per irrigazione e per forza motrice (mulini e piccole officine da fabbro) il mugnaio nell'estate *bottazzava*, raccoglieva cioè tutta l'acqua fluente nella sua vasca di carico (bottazzo) per macinare ogni due o tre giorni: il contadino, che usava dell'acqua per inaffiare giornalmente l'orto, protestava: di qui l'intervento legislativo.

Ricordo che in una centrale dove si erano applicati per la prima volta gli scarichi sincroni *richiudibili*, per una tassativa imposizione del Genio Civile si è dovuto bloccare la richiusura; non si ammetteva la interruzione del deflusso nemmeno per il tempo che impiegava l'acqua a rifluire dallo sfioratore della vasca di carico.

Eppure anche in quel periodo si sono costruiti parecchi serbatoi diurni e di notevole importanza: si era stabilita come una tacita intesa tra gli utenti precostituiti ed i costruttori idroelettrici: quando un gruppo di derivazioni provvedeva anche solo parzialmente ad una regolazione stagionale di deflussi mediante serbatoi, era ammessa la facoltà di fare variazioni diurne in rapporto alle esigenze del mercato industriale. Per citare due esempi classici ricorderemo, sull'Appennino, la derivazione Enza-Cedra della Società Idroelettrica Ligure e, sulle Alpi, le derivazioni dal Lago d'Arno e dal torrente Poglia, della Società Generale Elettrica dell'Adamello. Scoppiata la guerra, delineatasi più viva ed assillante la necessità di disporre di forza motrice indigena, si vide subito quale grave spreco di ricchezza conseguiva alla prescrizione della continuità del deflusso, tanto più se ciecamente intesa all'infuori di ogni analisi specifica degli interessi che vi si ritenevano collegati, e si corse immediatamente ai ripari.

Con decreto luogotenenziale 25 gennaio 1916, n. 57, le vasche diurne non solo furono ammesse, ma si stabilì anche la procedura più spicciativa e sommaria per la loro immediata attuazione. È noto che quando per le industrie di guerra si provvide ad uno sfruttamento intenso delle disponibilità idroelettriche, si riuscì a spremere dalle centrali esistenti un gettito di energia di oltre il 50 % superiore alle impostazioni di previsione: ora uno degli elementi che ebbe la più sentita influenza sopra questa provvidenziale messa in valore della energia idraulica, è stata proprio l'adozione diffusa delle vasche regolatrici diurne.

Nel dopo guerra tutte le derivazioni con cadute notevoli furono munite di vasche diurne più o meno capaci; il collegamento razionale dei diversi impianti permise poi di attenuare il disagio degli impianti a bassa caduta ad acqua fluente: ad essi infatti venne affidato il compito di coprire la base del diagramma di produzione.

L'intervento legislativo in questo campo è stato obiettivamente sereno: in molti casi di utenze precostituite con caratteristiche definite si sono prescritte, negli stessi disciplinari di concessione, i serbatoi di compensazione: in altri casi si è fissato un minimo di erogazione; più spesso, quando le utilizzazioni preesistenti interessate al regime del corso d'acqua erano situate molto a valle della centrale, diremo così, perturbatrice, non si sono fatte prescrizioni speciali perchè si riteneva a priori che lo scarto percentuale dalla portata media, dato l'apporto ulteriore di acqua del bacino a valle della centrale, fosse contenuto entro limiti di piena tollerabilità.

Le divergenze che si sono affacciate anche recentemente, a proposito di queste perturbazioni di regime, non hanno varcato i limiti delle competizioni di interessi singoli, per quanto abbiano invaso anche le aule giudiziarie per ottenere la sanzione di un principio generale astratto a tutela di un interesse di carattere spiccatamente privato.

Gioverà analizzare più da vicino la questione per delinearne bene i confini e l'importanza.

Per gli impianti appenninici, la legge ha finora provveduto senza dare luogo a contestazioni: si sono prescritti e costruiti dei serbatoi di compensazione, ma comunque il potere centrale ha sempre subordinato gli interessi industriali agli agricoli: *ab uno disce omnes*, nel progettato impianto idroelettrico del Borbera, dove la esuberante capacità del serbatoio avrebbe concesso una proficua concentrazione invernale di erogazione, dato che industrialmente la zona è con ogni larghezza di linee collegata con gli impianti alpini, si è tassativamente prescritto di dare alla agricoltura una pingue portata estiva per irrigare campi che finora non hanno conosciuto acqua di irrigazione. Qui non si è trattato di riconoscere diritti precostituiti, ma di creare prerogative agricole a tutto disagio delle caratteristiche dell'impianto idroelettrico, pure chiamato a sopportare tutte le spese: e non si tratta certo di un impianto idroelettrico con una economia così favorevole da consentire simili larghezze senza incidere sul vivo della sua consistenza industriale.

Per le plaghe alpine, vi è per fortuna una coincidenza provvidenziale: l'uso dei serbatoi diurni è invernale, corrisponde cioè all'epoca in cui il fabbisogno di acqua irrigua è ridottissimo e limitato alle poche marcite le quali cercano poi di alimentarsi di preferenza con le acque sorgive, piuttosto che con quelle dei fiumi, per la più elevata temperatura delle acque freatiche in confronto a quella delle acque fluenti. Il disturbo di regime quindi non viene avvertito dagli agricoltori: restano in lizza gli utenti industriali tra di loro. Il problema si fa complicato solo quando la distanza tra la derivazione perturbatrice e quella disturbata è notevole ed i salti inferiori sono più bassi. Quando le derivazioni sono in serie ed i salti non troppo diversi, l'utente inferiore, se è venuto dopo, si munisce di un serbatoio diurno del quale si serve e per correggere le interferenze di erogazione con la centrale superiore e per fare a sua volta le concentrazioni corrispondenti al suo fabbisogno: si tratta di una dotazione così intrinseca all'impianto che non si avverte quasi che esso risponde anche allo scopo di neutralizzare le perturbazioni superiori. Quando poi l'utente basso è preesistente, allora esso fa sentire la sua voce in istruttoria ed il potere centrale provvede alle conciliazioni opportune che vengono poi sancite in precise clausole del disciplinare di concessione.

Sulla attenuazione delle variazioni di portata, in funzione della distanza progressiva dal punto in cui esse si producono, si sono elaborate ricerche teoriche ed analizzati risultati sperimentali specie per lo studio dei colmi di piena nelle bonifiche.

La teoria è semplice ed anche suggestiva: se in un canale che abbia un certo sviluppo, alla progressiva $O$ noi aumentiamo bruscamente la portata per un certo tempo $t$, si constata che ad una progressiva generica $x$ la portata cresce con un ritardo, rispetto al momento dell'immissione, che è anche superiore a quello corrispondente al tempo di corrivazione: il fenomeno è dovuto ovviamente al fatto che una parte dell'acqua immessa deve occupare quella parte di sezione liquida che si deve raggiungere perchè nel canale il deflusso aumenti. Il volume totale di acqua sottratto al deflusso immediato risulta, se $l$ è la larghezza media del canale ed $h$ è l'altezza viva di acqua corrispondente alla portata massima $Q_0$, di

$$V = x\, l\, h\,;$$

per uno studio di approssimazione si può ritenere che la scala di deflusso sia lineare, si abbia cioè la portata generica $q$ nella sezione considerata alla progressiva $x$, data da:

$$q = c\, h\,;$$

risulta, per $q = Q_0$: $$V = \frac{x\, l\, Q_0}{c}$$

e cioè: $$V = x\,\frac{l}{c}\,Q_0 = K\, x\,;$$

per una portata generica $q$ (nella sezione alla progressiva $x$) compresa tra 0 e $Q_0$ sarà allora:

$$V_q = \frac{V}{Q_0}\,q$$

Se, all'origine, la immissione dell'acqua è variabile ed è eguale a $Q$ in un certo istante, dovremo scrivere, per il principio di continuità, che questa portata nel tempo $d\,t$ in parte si ritrova nella portata fluente alla sezione alla progressiva $x$ ed in parte sopperisce al riempimento del canale; avremo cioè:

$$Q\,d\,t = q\,d\,t + d\,V_q =$$

$$= q\,d\,t + \frac{V}{Q_0}\,d\,q$$

separando le variabili ed integrando si ha:

$$t = -\frac{V}{Q_0}\log(Q - q) + \text{cost};$$

essendo $q = 0$ per $t = 0$, risulta: $\text{cost} = \frac{V}{Q_0}\log Q$ e quindi

$$t = \frac{V}{Q_0}\log\frac{Q}{Q - q}$$

La relazione, che è stata impostata per la fase di riempimento del canale, vale identicamente per la fase di vuotamento; in tal caso il segno della variazione corrispondente alla capacità di riserva è negativo e la relazione diventa semplicemente:

$$t = \frac{V}{Q_0}\log\frac{Q}{q - Q}$$

Come esempio numerico chiarificatore, consideriamo un canale di 10 metri di larghezza con caratteristiche idrauliche (pendenza e scabrosità di pareti) tali per cui con 2 metri di altezza di acqua si abbiano 40 mc/sec di portata. Sarà $V = 2 \times 10\ x = 20\,x$; supponiamo di variare la portata immessa da 40 a 30 mc/sec, sarà $Q_0 = 40$ mc/sec e $Q = 30$ mc/sec; nel canale la portata sarà scesa a 35 mc/sec ($q = 35$ mc/sec) dopo un tempo $t$ dato da:

$$t = \frac{20\ x}{40}\log\frac{30}{5} = 0{,}896\,x\,;$$

per $x = 20\,000$ metri risulta $t = 17\,920''$

occorrono cioè circa 5 ore perchè a 20 km di distanza si risenta una diminuzione eguale al 50 % di quella prodotta all'origine: se poi, ad esempio dopo due ore, si ripristina nel canale una portata di 45 mc/sec si sovrapporrà un'ondata che dopo 10 000" (2 m/sec di velocità per 20 000 metri) raggiungerà la sezione considerata alla progr. 20 000: la portata tornerà ad aumentare quindi dopo circa 5 ore dalla sospensione parziale, cosicchè un arresto di 10 mc/sec di portata ogni due ore non si fa risentire a 20 km di distanza che per il 50 %.

Ora, quando si tratta di impianti con serbatoio diurno costruiti sugli affluenti delle valli, la influenza del disordine, che è pur sempre metodico, delle erogazioni idrauliche diurne si attenua talmente nella bassa valle, a parecchie decine di km di distanza, da rendere questo praticamente inavvertito.

L'accenno teorico che abbiamo riportato e che può caso per caso concretarsi in uno sviluppo analitico di piena attendibilità, ci dimostra anche che, per correggere le irregolarità delle vasche di carico, bastano capacità sensibilmente inferiori a quelle che sopperiscono il diagramma delle derivazioni più alte, in quanto la assoluta costanza del deflusso è un'astrazione teorica che non trova riscontro nella realtà: il fatto termico durante l'inverno crea concentrazioni di deflusso di entità più che sensibile, specie nei bacini non troppo estesi: e d'altra parte nessuna precisa necessità di utilizzazione esiste per un deflusso assolutamente costante.

Nelle plaghe appenniniche la costruzione dei serbatoi regolatori agricoli concentra spesso nei soli 100 giorni del periodo irriguo quasi interamente i deflussi di un'intera annata e la economia della plaga si è adattata a questa esigenza; ed inoltre anche per la irrigazione è, più che utile, indispensabile variare le dotazioni di acqua in rapporto e alle condizioni climateriche e allo stadio di sviluppo della vegetazione delle diverse colture. Ora, quando invece un corso d'acqua è diventato esclusivamente produttore di energia elettrica, come accade in tutte le valli alpine nella stagione invernale, è ovvio che si debba ricercare il regime di deflusso che meglio risponde a questo scopo. Le industrie che abbisognano di deflussi regolatori e costanti costituiscono una infima minoranza; non sarebbe giustificato dal punto di vista della economia generale del Paese sacrificare una sistemazione armonicamente collegata ad un vasto complesso industriale, per rimettere in applicazione un principio che i fatti hanno dimostrato così esiziale al buon uso delle nostre acque motrici.

† Prof. Ing. Gaetano Ganassini.

ING. MARCELLO LELLI
R. SCUOLA D'INGEGNERIA DI PISA

# Sezione di minimo scavo per canali scoperti con un assegnato franco

1. – Un criterio di economia che comunemente viene seguito per calcolare la sezione di un canale scoperto è quello consistente nella determinazione della minima sezione liquida compatibile con i dati del problema: sezione il cui contorno soddisfa, com'è ben noto, alla condizione geometrica che le pareti e il fondo siano tangenti ad un cerchio avente il suo centro nel punto di mezzo del pelo libero.

Se non chè rendere minima la sezione liquida non significa ridurre al minimo l'intero scavo, cioè la somma della sezione liquida con quella non utilizzabile, e di altezza fissa, corrispondente al franco (dislivello fra il massimo pelo d'acqua nel canale e il ciglio di quest'ultimo); e però la soluzione di massima economia comunemente adottata, pur volendo prescindere da altri fattori economici, deve ritenersi soltanto approssimata.

Questo rilievo, che fu già fatto alcuni anni or sono dal Prof. Marzolo di Padova nella sua *Idrotecnica Generale* (pag. 250), ha fornito recentemente allo stesso Autore (1) l'occasione di presentare una soluzione della questione, vincolata però all'ipotesi che nell'equazione monomia

$$1) \qquad V = c\, R^{\alpha}\, I^{\beta}$$

del moto uniforme di una corrente (dove $V$ è la velocità media, $R$ il raggio medio, $I$ la pendenza e $c$ una costante che dipende soltanto dalla natura delle pareti e del fondo) possa ritenersi

$$\alpha = \frac{1}{2}$$

Non pare, peraltro, che questa ipotesi sia strettamente indispensabile, poichè, come risulta da ciò che segue, una soluzione altrettando semplice si raggiunge anche ponendo $\alpha$ eguale al suo effettivo valore, che è mediamente $2/3$.

2. – Il procedimento qui adottato è in tutto identico a quello seguito dal Marzolo: ciò che risparmia a questa esposizione inutili ripetizioni.

In base agli elementi dell'unita figura si hanno per l'area $F$ dello scavo totale, per l'area $\Omega$ della sezione liquida, e per il contorno bagnato $C$ le espressioni:

$$2) \qquad F = l\,(a+h) + n\,(a+h)^2,$$

$$3) \qquad \Omega = l\,h + n\,h^2,$$

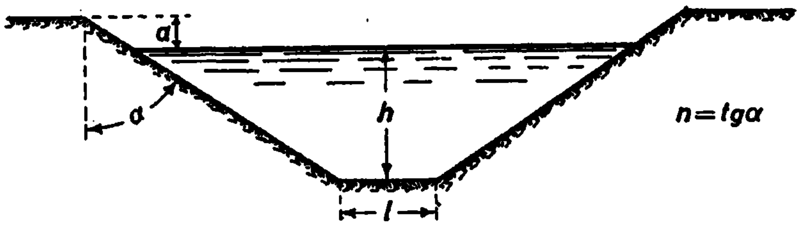
$$4) \qquad C = l + b\,h,$$

avendo posto:

$$5) \qquad b = 2\sqrt{1+n^2}.$$

(1) F. MARZOLO: « Un'osservazione elementare nel calcolo dei canali ». *L'Energia Elettrica*, gennaio 1932.

Il problema che ci si propone è il seguente: determinare i valori di $l$ e di $h$ che rendono minima l'area $F$, compatibilmente con la condizione che attraverso la sezione $\Omega$ da essi definita passi




una data portata $Q$. Il franco $a$, la pendenza $I$ del fondo, l'inclinazione $n$ delle sponde e la loro rugosità, cioè il coefficiente $c$ della (1), si intendono dati ed invariabili.

Detta condizione si traduce perciò nella relazione:

$$Q = c\, R^{\alpha}\, I^{\beta}\, \Omega\,,$$

cioè, ponendo: $\alpha = \dfrac{2}{3}$ e $\beta = \dfrac{1}{2}$

(così come propongono *Manning*, *Strickler* e, a un dipresso, anche *Forcheimer*) e ricordando che $R = \dfrac{\Omega}{C}$:

$$6) \qquad \frac{\Omega}{C^{\frac{2}{5}}} - K = O,$$

nella quale:

$$7) \qquad K = \left[\frac{Q}{C\, I^{\frac{1}{2}}}\right]^{\frac{3}{5}},$$

costante che si intende data ed invariabile.

Il minimo della funzione $F$ delle variabili $l$ ed $h$, sotto la condizione (6), ove si indichi con $f\,(l,\,h)$ il primo membro della (6) stessa, conduce notoriamente alla relazione:

$$8) \qquad \frac{dF}{dh} : \frac{dF}{dl} = \frac{df}{dh} : \frac{df}{dl}\,,$$

gli elementi della quale, tenute presenti le (2), (3), (4), risultano:

$$\frac{dF}{dh} = l + 2\,n\,(a+h) \quad ; \quad \frac{dF}{dl} = a + h;$$

$$\frac{df}{dh} = \frac{(l+b\,h)^{\frac{2}{5}}\,(l+2\,n\,h) - \frac{2}{5}\,b\,(l\,h+n\,h^2)\,(l+b\,h)^{-\frac{3}{5}}}{(l+b\,h)^{\frac{4}{5}}};$$

$$\frac{df}{dl} = \frac{(l + bh)^{\frac{2}{5}}\, h - \frac{2}{5}\,(lh + nh^2)\,(l + bh)^{-\frac{3}{5}}}{(l + bh)^{\frac{4}{5}}}.$$

Se allora si pone in evidenza nei numeratori delle due ultime derivate il fattore $(l + bh)^{-\frac{3}{5}}$ e si semplifica così il loro rapporto, la relazione (8) assume la forma:

$$\frac{l}{a + h} + 2n = \frac{(l + bh)\,(l + 2nh) - \frac{2}{5}\,b\,(lh + nh^2)}{(l + bh)\,h - \frac{2}{5}\,(lh + nh^2)}$$

cioè ancora:

$$9)\quad \frac{l}{a + h} = \frac{5l^2 + (3b + 4n)\,lh + (4n^2 - 2bn)\,h^2}{3\,lh + (5b - 2n)\,h^2}.$$

Quest'ultima relazione, associata alla (6), cioè, tenuto conto delle (3) e (4), alla:

$$10)\quad \frac{lh + nh^2}{(l + bh)^{\frac{2}{5}}} = K,$$

permette di determinare i valori di $l$ ed $h$ cercati; e quindi di risolvere il problema.

3. – In considerazione però della forma non semplice delle (9) e (10), risulta vantaggioso il seguente procedimento per successive approssimazioni.

Pongasi:

$$11)\quad \lambda = \frac{l}{h} \quad ; \quad 12)\quad \varphi = \frac{h}{a + h},$$

e quindi $\lambda\,\varphi = \frac{l}{a + h}$. Le (9) e (10) divengono allora:

$$13)\quad \varphi = \frac{5\lambda^2 + (3b + 4n)\,\lambda + 4n^2 - 2bn}{3\lambda^2 + (5b - 2n)\,\lambda};$$

$$14)\quad \frac{(\lambda + n)^5}{(\lambda + b)^2} = \frac{K^5}{h^8};$$

dopo di che le quattro equazioni (11), (12), (13), (14) nelle quattro incognite $l$, $h$, $\lambda$, $\varphi$ forniscono la soluzione cercata nel seguente modo.

Si assuma per $h$ un valore arbitrario (maggiore (1) di quello indicato dal problema di economia comunemente inteso), lo si ponga nella (14) e si ricavi $\lambda$. Dalla (13) risulta allora definito anche $\varphi$ e dalla (12) ancora $h$. Se quest'ultimo valore non coincide con quello adottato inizialmente, si ripete la prova sino ad una coincidenza soddisfacente.

Ottenuto $h$, dalla (11) si deduce $l$.

Nel caso in cui la coincidenza dei valori iniziale e finale di $h$ avvenga attraverso un valore negativo di $\lambda$, ciò che importerebbe un valore pure negativo per $l$, si porrà $\lambda = 0$ nella (14) e si ricaverà $h$ direttamente. La sezione di massima economia assume perciò in tal caso la forma triangolare.

4. – Quando i canali da calcolarsi siano molti, questo procedimento per successive approssimazioni cessa di essere conveniente, e vale la pena allora di costruire degli abachi, ciascuno relativo a un particolare valore di $n$, capaci di fornire subito, dati che siano $n$, $a$, $K$ gli elementi della sezione. Ciò che risulta facilitato dalla forma particolare delle (9) e (10), poichè la prima, che in modo più conveniente può anche scriversi:

$$9')\quad (5a + 2h)\,l^2 + \left[(6n - 2b)\,h^2 + (3b + 4n)\,ah\right] l + (4n^2 - 2bn)\,(h^3 + ah^2) = 0,$$

manca del parametro $K$, e la seconda del parametro $a$. Perciò l'abaco relativo a un determinato valore di $n$ si ricava tracciando in un piano di assi $(l, h)$ le due famiglie di curve caratterizzate, le une da certi valori assegnati ad $a$, aventi per equazione la (9'), le altre da determinati valori fissati per $K$, aventi per equazione la (10). Le coordinate $l$, $h$ del punto d'incontro di una curva $a$ con una curva $K$ sono precisamente le dimensioni cercate di quel canale cui corrispondano i parametri $a$, $K$ delle due curve e la inclinazione $n$ che caratterizza l'abaco.

Per i canali che più di frequente si incontrano nella pratica i tre parametri $n$, $a$, $K$, nel sistema unitario (metro, secondo), variano fra i seguenti limiti:

$$0 \leq n < 2 \;;\qquad 0 \leq a < 1{,}50\;;\qquad 0{,}1 < K < 20\,.$$

5. – *Sezioni rettangolari.* In questo caso si ha $n = 0$, $b = 2$ e però le (9'), (10) divengono:

$$15)\quad (5a + 2h)\,l + (6a - 4h)\,h = 0,$$

$$16)\quad lh = K\,(l + 2h)^{\frac{2}{5}}.$$

Nel relativo abaco le curve corrispondenti al parametro $a$ sono dunque una famiglia di parabole aventi l'asse parallelo ad $l$.

La (15) fornisce ancora la relazione:

$$17)\quad \frac{l}{h} = \frac{4h - 6a}{2h + 5a},$$

dalla quale si deduce, ad esempio, che la sezione liquida è quadrata, cioè si ha $l = h$, nel caso in cui risulti $a = \frac{2}{11}\,h \simeq 0{,}18\,h$: ciò che discende ancora dalla (13), cioè in questo caso dalla

$$18)\quad \varphi = \frac{5\lambda + 6}{3\lambda + 10},$$

qualora vi si faccia $\lambda = 1$ e si tenga presente la (12).

6. – Di particolare interesse sarebbe un confronto del tutto generale fra l'area $F$ della sezione totale di scavo fornita dalla soluzione sopra accennata e l'area, che chiameremo $F_1$, relativa al caso in cui si rende minima la sola sezione liquida $\Omega$; confronto il quale richiederebbe naturalmente la espressione preventiva di dette aree in funzione dei soli parametri $n$, $a$, $K$.

Dopo di che anche il rapporto $\frac{F}{F_1}$ (sempre $\leq 1$, s'intende) risulterebbe una nota funzione di $n$, $a$ e del parametro $K$, il quale ultimo include in sè, ai sensi della (7), gli elementi idraulici $Q$, $I$, $c$.

E risulterebbe perciò possibile riconoscere in quale campo dei possibili valori di $n$, $a$, $K$ la ricerca proposta dal Marzolo presenta il massimo vantaggio.

Se nonchè mentre risulta:

$$19)\quad F_1 = (b - 2n)\,h\,(a + h) + n\,(a + h)^2,$$

con

$$20)\quad h = 2^{\frac{1}{4}}\,(b - n)^{-\frac{3}{8}}\,K^{\frac{5}{8}},$$

(1) L'altezza $h$ fornita dalla soluzione del problema qui trattato supera certamente quella relativa alla minima sezione liquida, poichè l'associare alla sezione liquida quella corrispondente al franco sposta la soluzione verso una sezione di maggiore area liquida e (in misura più elevata) di minore area corrispondente al franco: ciò che può ottenersi solamente avvicinando le sponde e conseguentemente abbassando il fondo.

manca del tutto la possibilità di ricavare la funzione $F(n, a, K)$, ciò che richiederebbe la eliminazione nel secondo membro della (2) di $l$ ed $h$ a mezzo delle (9') e (10).

Anche nel semplice caso dei canali rettangolari si incontra la medesima difficoltà. Le (19), (20) si compendiano infatti nella

$$21) \quad F_1 = 2^{\frac{7}{8}} K^{\frac{5}{8}} \left( a + \frac{K^{\frac{5}{8}}}{2^{\frac{1}{8}}} \right),$$

mentre le (2), (9'), (10) sono al più riducibili al sistema

$$22) \quad \begin{cases} F = (a + h) \dfrac{4 h^2 - 6 a h}{2 h + 5 a}, \\ \left( \dfrac{4 h - 6 a}{2 h + 5 a} \right)^5 = \dfrac{K^5}{h^8} \left( \dfrac{4 h - 6 a}{2 h + 5 a} + 2 \right)^2, \end{cases}$$

dal quale non è evidentemente possibile eliminare $h$.

Un esempio numerico, relativo a canali rettangolari, potrà tuttavia dare un'idea del confronto in questione.

Pongasi: $a =$ m 0,50 e $K = 1$. Quest'ultimo valore corrisponde, ad esempio, alle condizioni idrauliche: $Q = 1{,}6$ mc/sec, $I = 0{,}0004$, $c = 80$ (pareti liscie, in mattoni e stuccate).

Risulta:

$$F_1 = \text{mq } 2{,}61; \quad \text{con } h = \text{m } 0{,}92 \quad \text{ed} \quad l = \text{m } 1{,}84 .$$

La soluzione qui proposta fornisce invece:

$$F = \text{mq } 2{,}33; \quad \text{con } h = \text{m } 1{,}68 \quad \text{ed} \quad l = \text{m } 1{,}07 .$$

In questo caso si ha perciò:

$$\frac{F}{F_1} = 0{,}893,$$

cioè un risparmio nell'area dello scavo totale di oltre il 10%.

Si deve però contemporaneamente osservare che la profondità totale $a + h$ sale, nel passaggio dalla prima soluzione all'altra, da m 1,42 a m 2,18 e che lo sviluppo delle sponde (necessariamente da rivestirsi) passa corrispondentemente da m 2,84 a m 4,36: elementi, questi, particolarmente l'ultimo, non favorevoli alla soluzione di minimo scavo totale.

Per canali a sponde inclinate e non rivestite, invece, sempre che la profondità non superi certi valori, la ricerca qui esposta trova la sua più opportuna applicazione.

MARCELLO LELLI.

DOTT. ING. SILVIO PEDRETTI
DIRETTORE DEI LAVORI DELLA SOCIETÀ IDROELETTRICA DEL BARBELLINO

# La costruzione della diga del Piano del Barbellino

## I. Generalità.

La diga del Piano Barbellino fa parte di un complesso di opere aventi per scopo l'utilizzazione del fiume Serio, del torrente Bondione, suo affluente di sinistra, e del torrente Fiumenero, suo affluente di destra.

La concessione dell'impianto era stata accordata originariamente, nel 1923, alla Società Anonima Alti Forni - Fonderie - Acciaierie e Ferriere Franchi Gregorini e fu rilevata dalla Società Idroelettrica del Barbellino alla fine dell'anno stesso, quando già parecchie opere erano state compiute, essendo state iniziate anche prima che la concessione fosse stata ottenuta; di esse dovette tener conto l'Ing. Prof. Angelo Forti, compilatore del nuovo progetto adottato.

Tralasciando di parlare della utilizzazione dei torrenti Bondione e Fiumenero, di cui non è quì il luogo di occuparsi, e limitandoci a trattare dell'utilizzazione del fiume Serio, diremo che allo scopo di sfruttare la concessione di derivare dal Serio una portata media regolata di 13 moduli e cioè di litri 1300 al secondo (che nel calcolo fu considerata di litri 1350 per tener conto delle eventuali perdite) occorreva una accumulazione di almeno 18 200 000 mc.

Di fatto si progettarono una diga al Lago Barbellino con accumulazione di 3 700 000 mc ed una al Piano Barbellino di 15 950 000 mc, complessivamente 19 650 000 mc.

Il bacino imbrifero complessivo utilizzato e regolato nell'impianto sul fiume Serio raggiunge i kmq 32, tenendo conto anche di alcuni minori affluenti.

Con la portata di 1300 l/sec e col salto disponibile fra la località Avert e la Centrale Dossi, di m 956,40 si ha una potenza media di concessione di HP 16 570.

Lo schema dell'utilizzazione è molto semplice ed è quello che risulta dalle figure 1 e 2.

La costruzione della diga del Lago Barbellino fu iniziata, ma poi sospesa quasi immediatamente per dare tutte le energie ed i mezzi alla costruzione della maggiore diga, quella del Piano.

## II. La diga.

La diga del Piano è del tipo a gravità, a pianta arcuata, con raggio di curvatura, misurato sul filo esterno della strada sovrastante la diga, di m 300 e sviluppo in cresta di m 256 (vedi planimetria fig. 3); le sue dimensioni trasversali sono quelle risultanti dalla sezione normale (fig. 4).

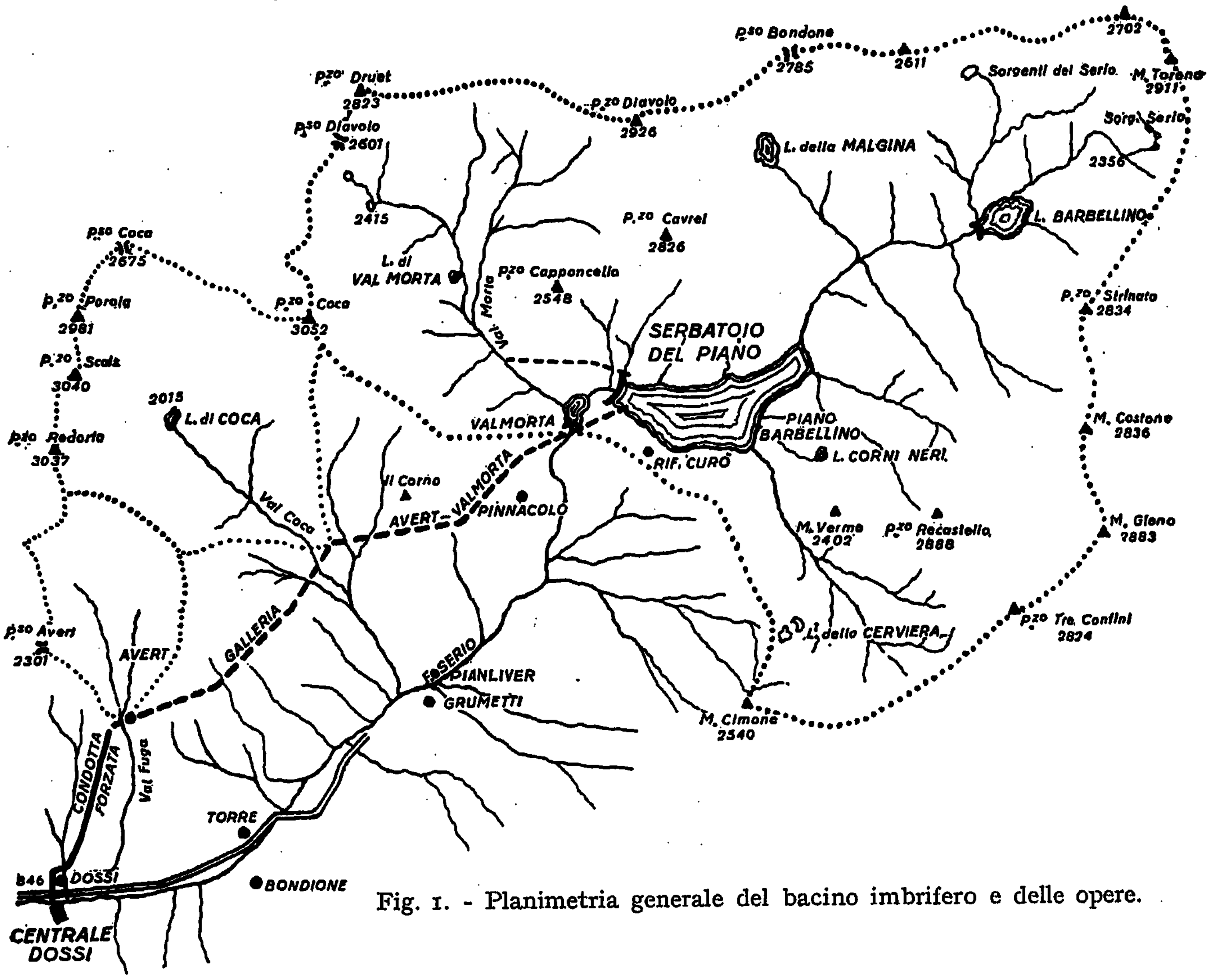


Fig. 1. - Planimetria generale del bacino imbrifero e delle opere.

I dati di calcolo per il progetto furono i seguenti:

| | |
|---|---|
| peso specifico della muratura | 2350 kg/mc |
| coefficiente per la sottopressione | $m = 0{,}8$ |
| spinta del ghiaccio | 15 t/m |

Nel calcolo non fu tenuto conto della curvatura della diga, il che va a vantaggio della stabilità.

Le principali dimensioni e caratteristiche della diga sono le seguenti:

| | |
|---|---|
| quota del punto più basso della fondazione nel taglione | 1803 |
| quota del piano corrente sulla sommità della diga | 1872 |
| quota dello sfioratore (massimo invaso normale) | 1868,50 |

| | | |
|---|---|---|
| quota di massimo invaso previsto per piena catastrofica | | 1870 |
| lama d'acqua massima per piena catastrofica | m | 1,50 |
| franco normale | m | 3,50 |
| spessore della diga in sommità | m | 5,00 |
| inclinazione del paramento a monte | | 5% |
| inclinazione del paramento a valle: | | |
| da quota 1872 a quota 1868,59 | | 0% |
| » » 1861,95 a quota 1840 | | 62% |
| » » 1840 al piede | | 80% |
| raggio racc. circ. fra la parte verticale e l'inclinata | m | 12,60 |
| spessore a quota 1840 | » | 22,00 |
| spessore massimo al piede | » | 54,00 |

La diga venne progettata e costruita in calcestruzzo del tipo colato con elementi massimi fino a mm 100. Onde tener conto della dilatazione dovuta alla variazione della temperatura venne divisa in 14 blocchi della lunghezza di m 20 cadauno (misurati sul filo esterno della strada sovrastante la diga, meno i due estremi più corti) mediante 13 giunti di contrazione (v. fig. 3), separati tra loro da un semplice strato di cartone catramato.

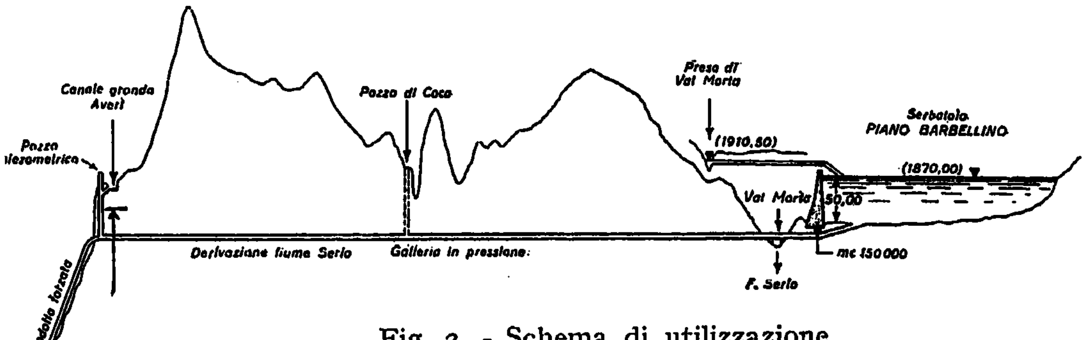
Ciascun giunto è chiuso nella parte anteriore da un coprigiunto formato da due strati di juta imbevuta di materiale bituminoso, fissati alla muratura e fra loro da apposito mastice (amiantolina), e da una lastra in cemento armato (vedi dettaglio fig. 5).

Il tubo di ferro galvanizzato *t*, scorrendo sui piani inclinati *bb*, a seconda del dilatarsi o restringersi della muratura, permette alla juta catramata di spostarsi senza rompersi.

La linea radiale del giunto di contrazione è interrotta da un pozzo in forma di *T* la cui parete a valle coincide con la parete a monte dei cunicoli di ispezione.

Tali pozzi erano destinati ad essere riempiti, a costruzione finita, con calcestruzzo; ma si è preferito lasciarli aperti e servono così all'ispezione della parte anteriore del giunto.

Tre cunicoli di ispezione, della sezione di 1,20 × 2,00 mq percorrono tutta la massa muraria: il primo, col suo tratto più basso a quota 1812 ed uscita a valle a quota 1811, con lieve inclinazione del tratto inferiore per convogliare le eventuali perdite e per accesso, si svolge lungo il perimetro d'imposta della diga mantenendosi prossimo alla fondazione fino ad incontrarsi con gli altri due, di andamento orizzontale, uno a quota 1849 e l'altro a quota 1870, pure con uscite a valle.



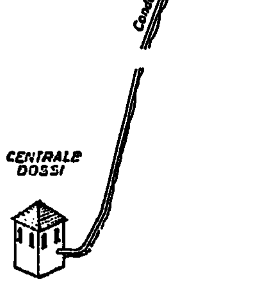




Fig. 2. - Schema di utilizzazione.

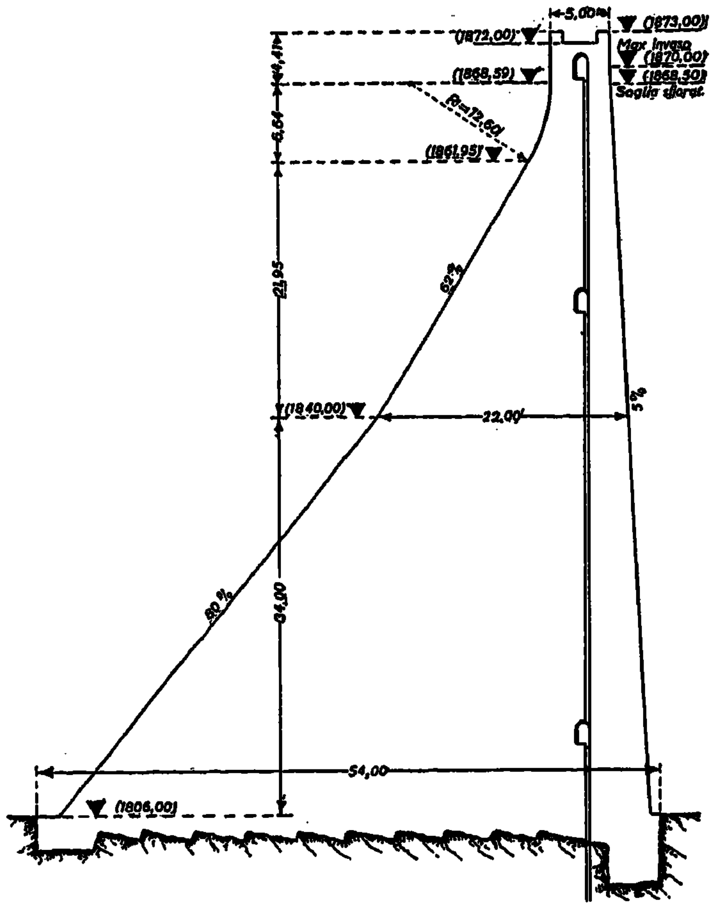



Fig. 4. - Sezione normale della diga.

Sul fondo del primo cunicolo affiorano fori di spia distanziati fra loro di m 5 ed addentrantisi nella roccia per circa m 7.

I fori di drenaggio, del diametro di m 0,25, distanti fra loro m 2,50, partono dal cunicolo inferiore e giungono al superiore mantenendosi tutti sulla linea della parete verso monte dei cunicoli stessi (v. fig. 6).

*Presa e scarico di fondo.* È a quota 1816,50 e si trova a circa m 50 a monte della diga.

Le opere di presa e scarico di fondo e lo sfioratore di superficie sono situati fuori del corpo della diga e sono ricavati nella roccia della sponda sinistra del bacino (fig. 7).

La galleria che adduce le acque erogate alla vasca di carico in Val Morta è ricavata nello spessore del cocuzzolo montagnoso chiamato Sommachel; è stata scavata tutta in ottima roccia ed ha una lunghezza di circa m 325 ed una sezione di 3 × 3,50 mq ed una portata di 12 mc/sec. La parte superiore è occupata da una passerella in ferro che permette l'accesso da valle alla camera di manovra.

All'inizio, presso l'imbocco, il canale consta di due rami convergenti: un ramo deviato verso la presa anzidetta, l'altro diritto con imbocco a quota 1810. Questo, provvisto di saracinesca, può funzionare per lo svaso del bacino fino a tale quo-

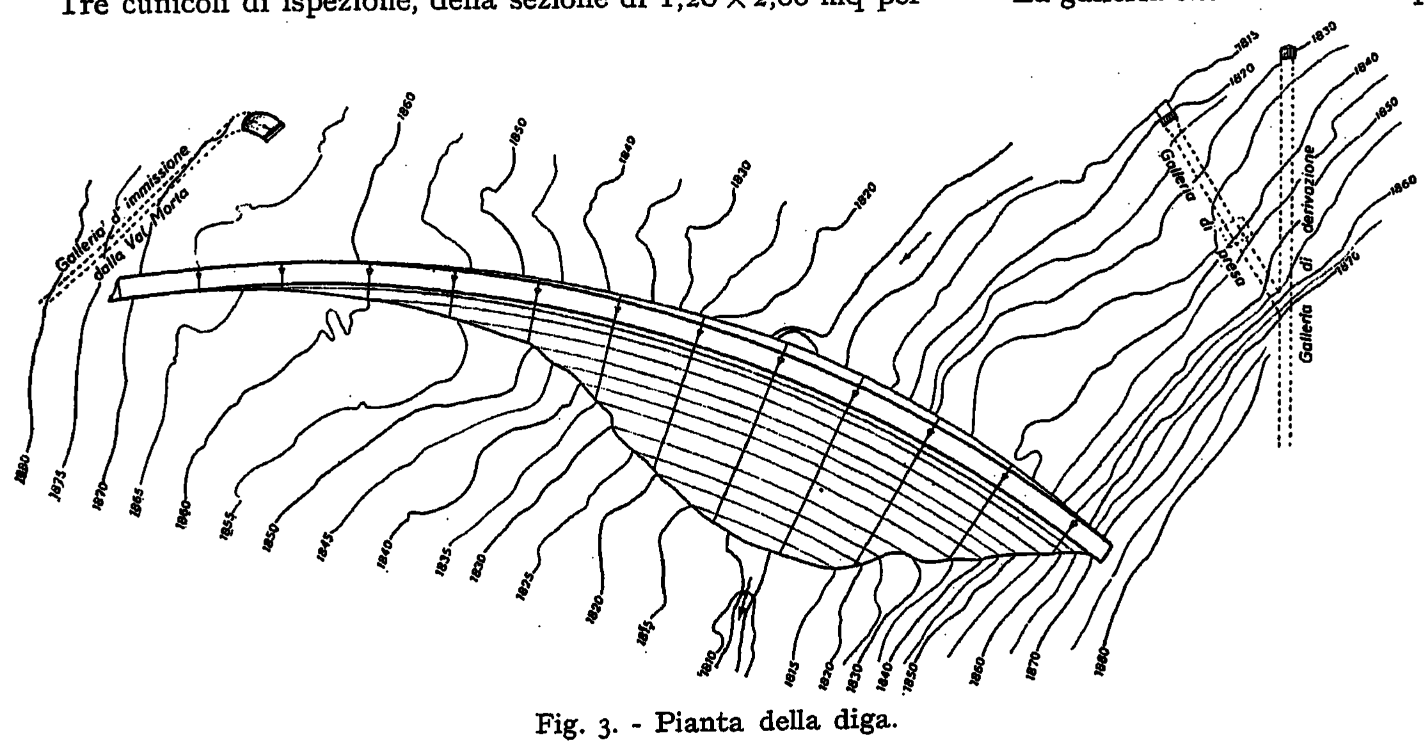



Fig. 3. - Pianta della diga.

ta, quando però il livello sia già stato portato a quota 1816,50 dagli organi di presa.

Gli organi di presa constano di un imbocco provvisto di griglia il quale, restringendosi, si biforca in due tubi a mezzo di un pezzo metallico forgiato; su ciascuno dei due tubi è inserita una saracinesca a cui fa seguito una valvola Johnson-Larsen, i cui organi di manovra sono situati in una camera superiore pure ricavata nella roccia. Ivi sono gli apparecchi di manovra a mano ed i motori per la manovra elettrica che, assieme ad altra manovra idraulica, viene eseguita dalla casa dei guardiani, che si trova all'esterno (fig. 8).

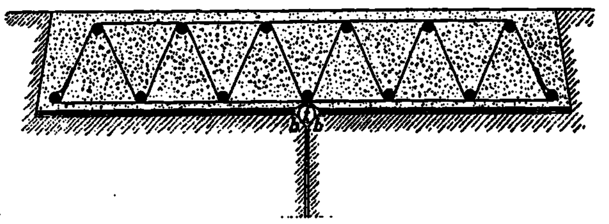


Fig. 5. - Dettaglio del giunto e del coprigiunto.

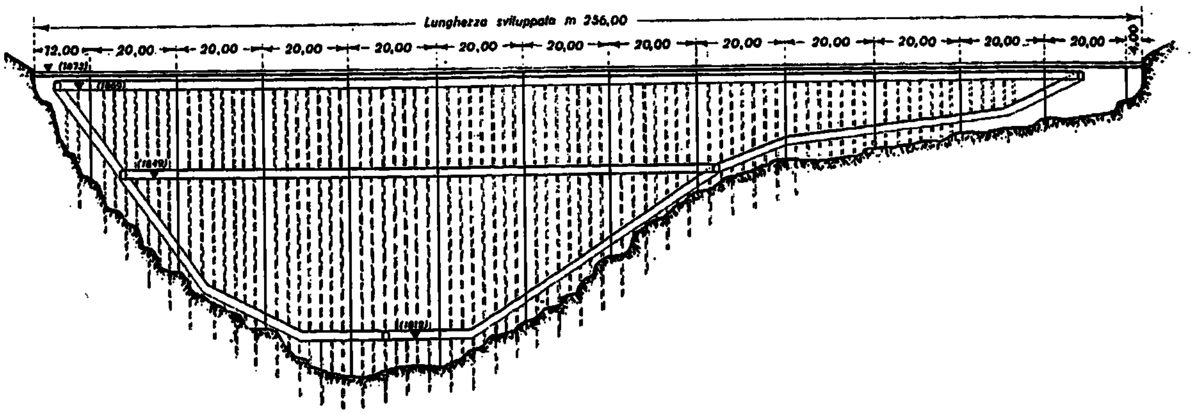



Fig. 6. - Sezione longitudinale della diga.

Presso la sella del rifugio Curò, che è a circa m 400 a monte della diga, sono situati *lo sfioratore* e *lo scarico di alleggerimento.*

Lo sfioratore consta di una soglia liberamente tracimabile, dello sviluppo di m 40, situata, come s'è detto, a quota 1868,50, ed è atto allo smaltimento, con la lama d'acqua massima di m 1,50, delle piene catastrofiche fino a 140 mc/sec. Gli fa seguito una trincea a forma d'imbuto che porta l'acqua in una galleria di scarico in roccia della lunghezza di m 200, con la pendenza del 12% e con una sezione di circa mq 13, che sbocca in una valletta confluente nel Serio a valle delle Cascate.

Ricavato nella roccia, nello spazio compreso fra la parete sud del bacino e quello nord della trincea imbutiforme, è lo scarico intermedio o di alleggerimento, che consta di un imbocco con griglia a cui fa seguito una doppia tubazione: i tubi sono del diametro di m 1,30 ed in ciascuno sono inserite di seguito l'una all'altra una valvola a farfalla ed una saracinesca (fig. 9).

Alla camera di manovra si accede dalla strada a quota 1890 a mezzo di galleria gradinata ricavata in roccia.

Lo scarico intermedio, avente l'asse dei tubi a quota 1849,90, è atto a conseguire un abbassamento del livello massimo del serbatoio di circa m 6 in 24 ore, con lo smaltimento di mc 2 900 000 con una portata media di 33,6 mc/sec.

È previsto che la comune galleria di scarico possa entrare in pressione, raggiungendo l'acqua il livello massimo 1866,75, a m 1,75 sotto la soglia dello sfioratore, il quale stramazzerà dunque sempre liberamente, anche in caso di piena catastrofica.

## III. Scelta della sede – Scavi di fondazione – Tracciato.

1°) La scelta della posizione in cui la diga sarebbe sorta fu fatta col solito criterio, cioè con la considerazione di un accurato rilievo combinato all'esame in posto, in modo da ottenersi il minimo di cubatura in relazione alla migliore impostazione e ai migliori requisiti della roccia di fondazione.

La relazione geologica del Prof. Ing. Augusto Stella era stata delle più rassicuranti; ma, durante l'esecuzione degli scavi, il criterio dell'assoluta sicurezza ha consigliato, specialmente sulla sponda sinistra, un maggiore approfondimento degli scavi, i quali raggiunsero così i mc 46 000 circa in roccia, più mc 4000 circa in materiale alluvionale, in totale dunque mc 50 000 circa.

Una profonda fessura con ramificazioni varie in cui erano interposti strati d'argilla, di spessore oscillante attorno ai 10 cm, fece raggiungere nella zona interessata una notevole profondità di scavo, che toccò in un punto i m 18.

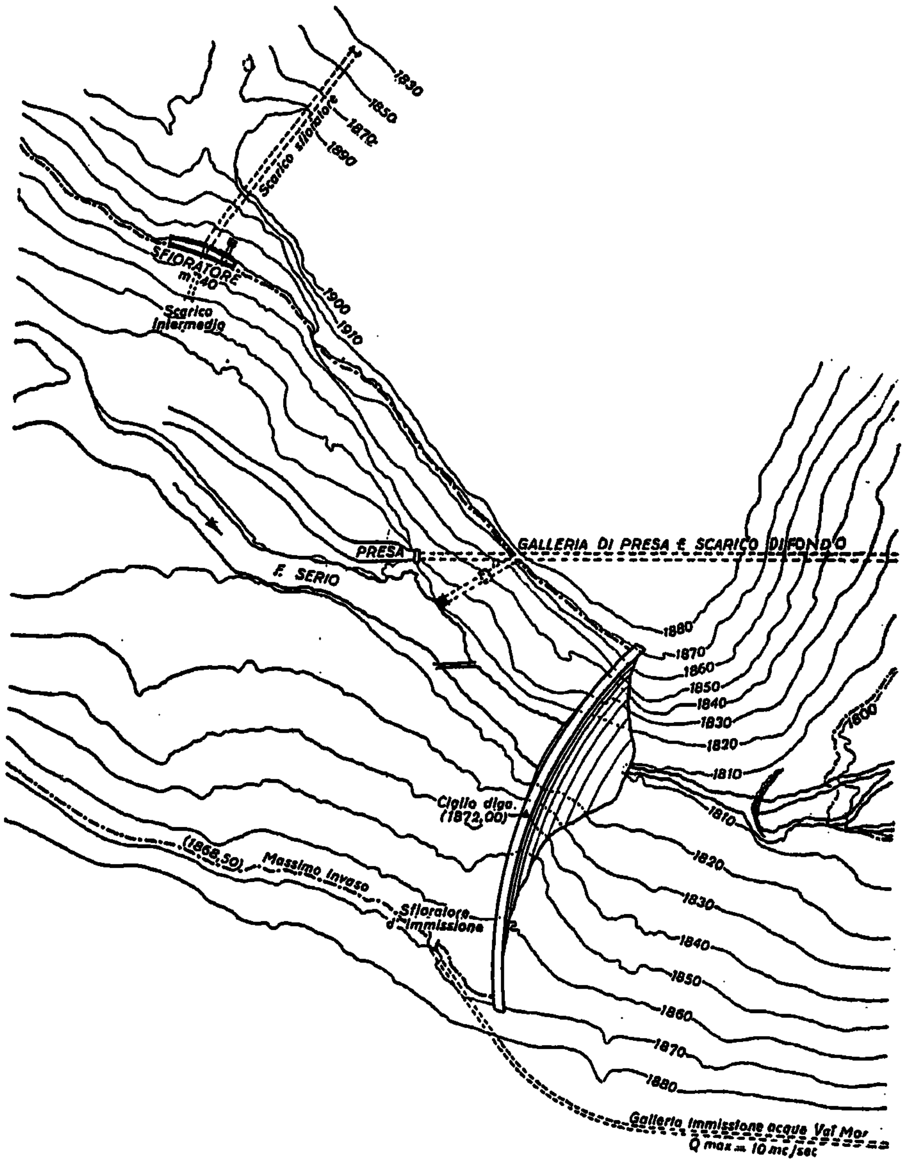



Fig. 7. - Planimetria della diga con le opere accessorie.

Non essendosi, ciònonostante, potuto raggiungere il fondo di tale fessura, lo scavo fu sospeso e furono adottati invece provvedimenti di cui si parlerà più avanti.

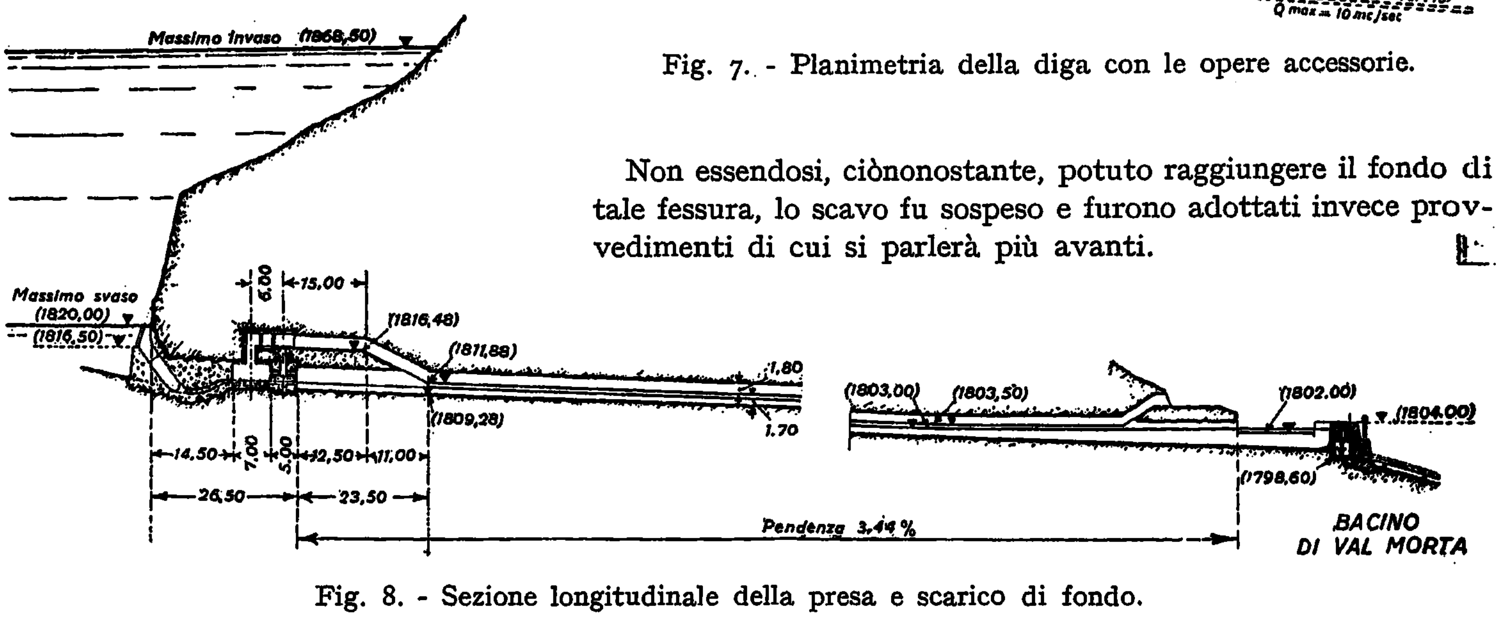



Fig. 8. - Sezione longitudinale della presa e scarico di fondo.

Lo scavo era sistemato in modo che nella parte anteriore (taglione) si aveva una maggiore profondità di circa due metri, rispetto allo scavo rimanente, per una larghezza che, misurata radialmente, andava da m 5,50 sul fondo fino a m 2 sui fianchi estremi.

Gli scavi, giunti presso la superficie di impostazione, furono condotti a termine con esplosivi di minima potenza e cariche assai ridotte, in modo da conservare intatta la compattezza della roccia

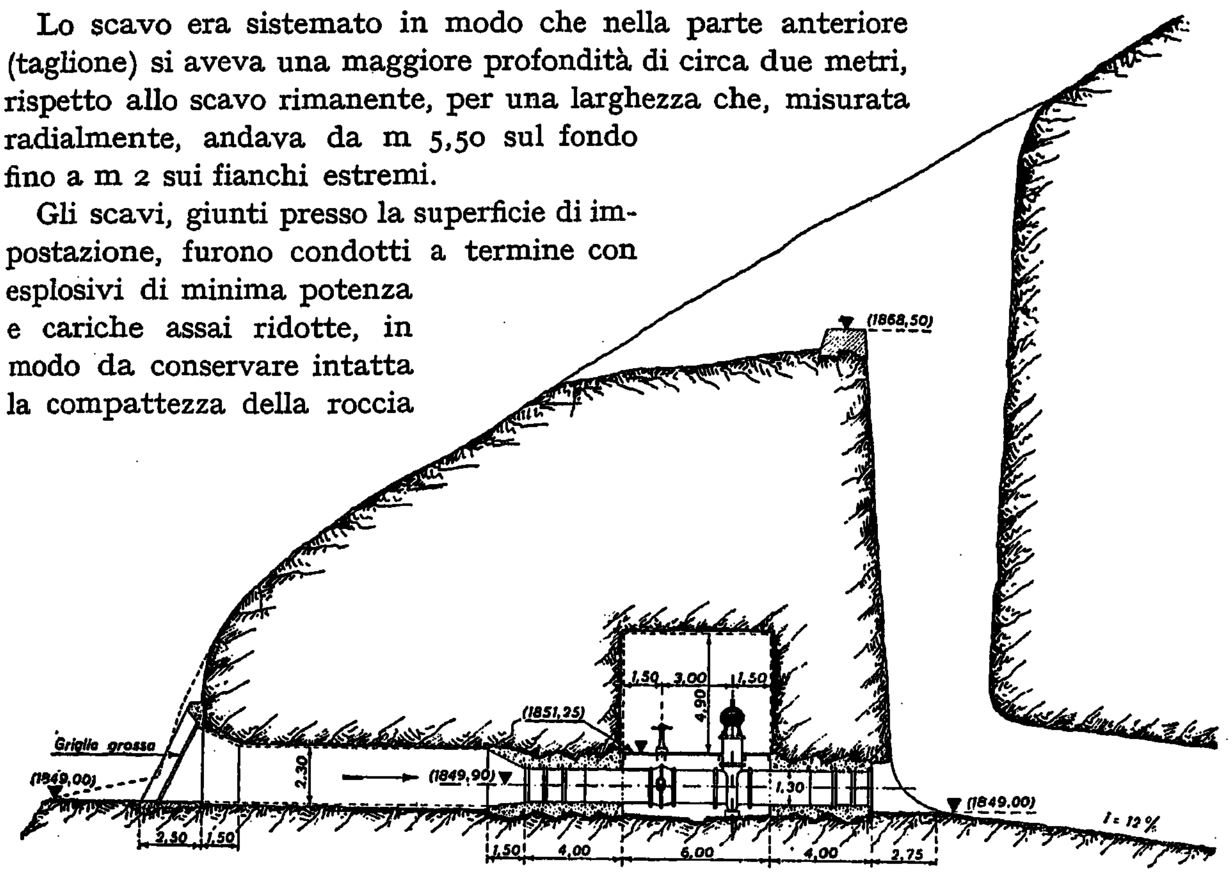



Fig. 9. - Sfioratore e scarico intermedio (Sezione longitudinale).

di fondazione. Seguirono, naturalmente avanti getto, un'accurata ripulitura e una lavatura prolungata della roccia con acqua limpida sotto pressione.

2°) Il sistema di tracciamento fu assai semplice: tracciato un allineamento fra i due punti estremi dell'arco $AB$ (fig. 10), proiezione su un piano orizzontale del ciglio a monte della diga, fu condotta, a m 30 da questo, una fondamentale $A' B'$ (la quale risultò così esterna completamente all'opera ed agli scavi) e da tale fondamentale, ravvicinata man mano che dal centro della diga si andava ai due estremi $A$ e $B$ con opportuni prestiti, furono condotte tante radiali, convergenti in $O$, centro dell'arco $AB$, sui quali si segnarono i punti del contorno della diga; da questi punti, quotati, partivano le scarpe prestabilite.

Le radiali stesse erano condotte a passare per quei punti caratteristici che si prestavano ad un esatto rilievo della fondazione e quindi, successivamente, ad un esatto calcolo delle grandezze (aree, volumi) che interessavano.

## IV. Impianto del cantiere.

1°) *Lavori preparatori.*

Questi consisterebbero principalmente in:

impianti di mezzi di trasporto,
» » baracche e ricoveri,
» » macchinario,
» » linee elettriche e cabine,
lavori di deviazione delle acque e di agottamento,
» di tracciamento.

Premettiamo che non tutti questi lavori, come si comprende, furono compiuti nella fase antecedente a quelli principali degli scavi e dei getti.

Del lavoro di tracciamento già abbiamo parlato; per quanto riguarda *i lavori di deviazione e agottamento*, riferendoci a quanto si è già detto per lo scarico di fondo della diga, aggiungeremo che le acque del Serio venivano convogliate a mezzo di una traversa in gabbioni rivestiti di terra, entro la galleria dello scarico di fondo. Una ventina di metri a monte di tale traversa vi era una dighetta pure in gabbioni e terra che creava un piccolo bacino di circa mc 200 000, atto a smorzare le piene minori.

Immediatamente a monte della diga, poi, venne costruita una tura in calcestruzzo, a monte della quale era installata una batteria di pompe per lo smaltimento delle acque sfuggite alla traversa di deviazione e di quelle filtranti da un cono di deiezione a valle della traversa stessa in sponda destra.

Altre minori pompe si trovavano a valle della tura.

*Le baracche* per alloggio operai, capaci di 800 persone, vennero costruite alla Sella Rifugio Curò; quelle della Direzione dell'Impresa costruttrice e il laboratorio prove, a quota 1850 sul versante ovest del Sommachel; quelle della Direzione Lavori, entro un edifizio di muratura in località Valmorta.

Il deposito degli esplosivi ordinari, polvere e dinamite, era a Maslana. Il trasporto sul cantiere era effettuato esclusivamente a spalla. *L'energia elettrica* veniva fornita da una linea a 10 000 V con tracciato Centrale Dossi-Grumetti

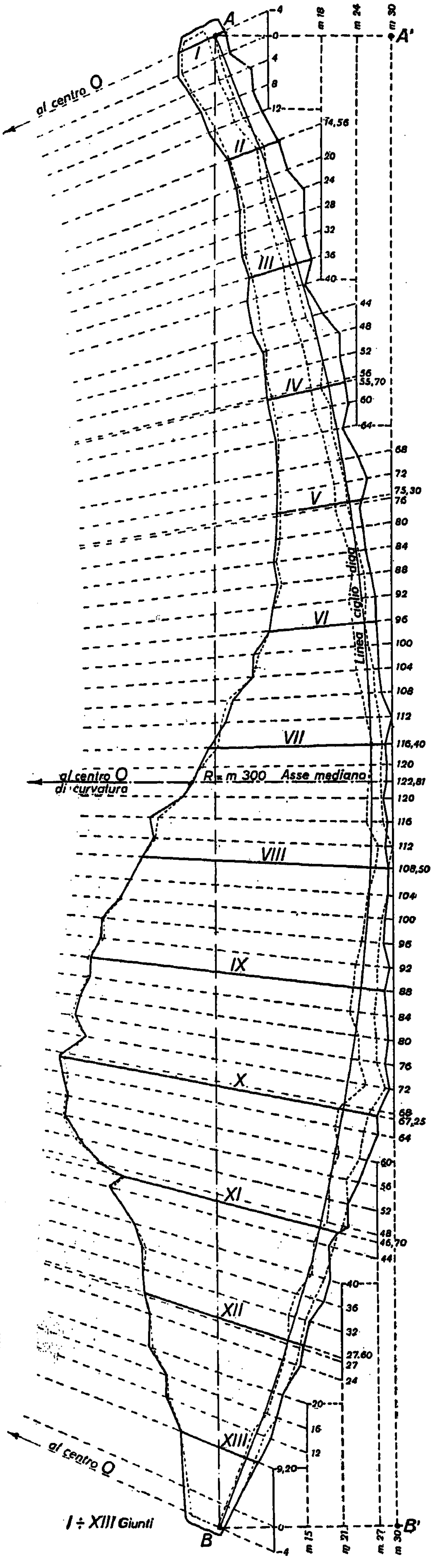



Fig. 10. - Tracciamento della diga e contorno degli scavi.

in fondo valle; di lì si dipartiva in due linee formanti anello con andamento Grumetti-Pinnacolo-Valmorta-Sommachel-Rifugio-Grumetti.

Le cabine di trasformazione erano al Pinnacolo, in Val Morta, al Sommachel, alla Sella Rifugio Curò, al Piano Barbellino e a Grumetti. La più importante era quella del Sommachel.

Dalle cabine partivano le linee secondarie a 225 V.

Complessivamente, nel periodo di maggior lavoro, furono installati motori per 1600 kW.

*Mezzi di trasporto dalle basi di rifornimento ai cantieri.*

Premettiamo che la Valle Seriana è percorsa in tutta la sua lunghezza da una buona strada provinciale, e fino a Ponte della Selva anche da una ferrovia. I materiali non reperibili in posto quindi giungevano fino a Ponte Selva in ferrovia, donde proseguivano fino a Valbondione a mezzo di autoveicoli.

Da Valbondione in poi il trasporto dei materiali e delle macchine occorrenti tanto per gli impianti, dapprima, che per la costruzione della diga poi, richiese la preparazione dei seguenti mezzi di trasporto:

*a*) Una teleferica del tipo continuo ad agganciamento e sganciamento automatico che unisce la frazione Torre di Valbondione (q. 900) con la località detta Rifugio Curò (q. 1900), della lunghezza sviluppata di m 4330, con vagonetti della portata di kg 250 cadauno, e di kg 500 per due vagonetti in tandem, avente una portata media oraria di 100 q.

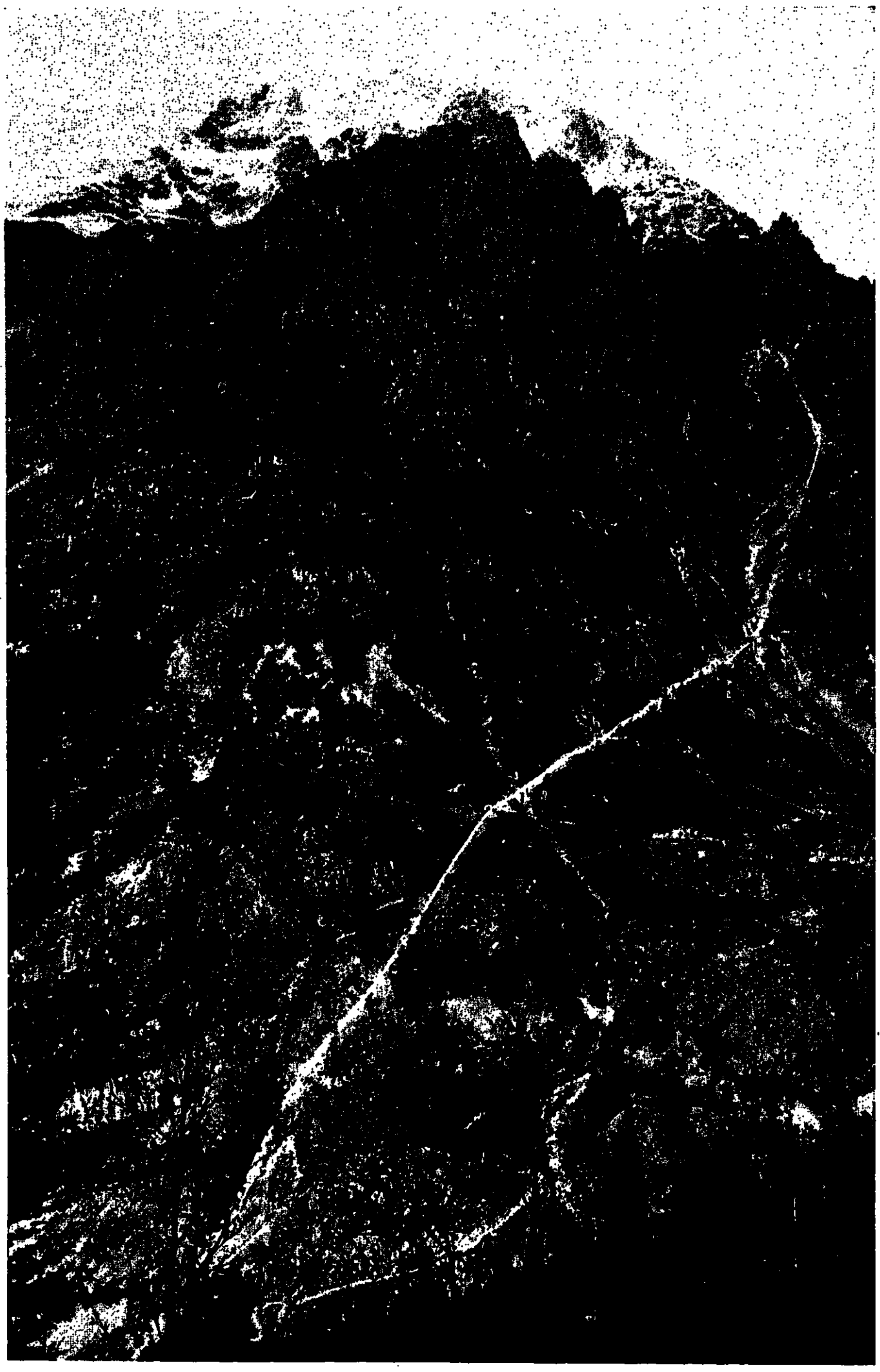


Fig. 11. - Il piano inclinato Pian Liver-Pinnacolo.

*b*) Una teleferica del tipo «va e vieni» con agganciamento a morsetto, dalla frazione Grumetti di Valbondione (q. 1000) alla località Pinnacolo (q. 1790), della lunghezza di m 1200 e della portata oraria di qli 25. Fu anche, in alcuni periodi, montata nel tipo a spoletta, con l'abbinamento delle funi e forti riduzioni di velocità della traente, in modo da adattarsi al trasporto di pezzi pesanti, fino a 3 tonn. Con questa furono trasportati i macchinari di cantiere.

*c*) Un piano inclinato (v. fig. 11) dalla Frazione Pianliver (q. 970) di Valbondione al Pinnacolo (q. 1790), della lunghezza sviluppata di m 1363,40 con un carico massimo utile di kg 6000, velocità di fune di 0,70 m/sec per carico massimo, e di 1 m/sec per carico al disotto dei 3000 kg.

*d*) In proseguimento sia alla teleferica Grumetti-Pinnacolo che al piano inclinato Pianliver-Pinnacolo, una ferrovia Decauville con carrelli della portata media di kg 1000, trainati da un vagoncino fornito di motore a scoppio, capace di trainare tre carrelli dal Pinnacolo alla località Valmorta (q. 1790), svolgentesi in piano entro galleria.

Il binario si prolunga dall'altra parte del Pinnacolo fino all'Avert, donde un piano inclinato, costruito per il montaggio della condotta forzata, scende fin presso la Centrale Dossi.

Questa via, Pinnacolo-Aver-Dossi, poteva servire di riserva per i trasporti inerenti alla costruzione della diga, ma non fu mai usata a tale scopo non essendosene mai manifestata la necessità.

*e*) Una teleferica continua a sganciamento automatico, di andamento pianeggiante e destinata a trasportare esclusivamente il cemento, in proseguimento della Torre-Rifugio Curò e con essa collegata a mezzo di binario aereo, in modo che i vagonetti in arrivo da Torre potevano essere fatti proseguire per gli impianti; portata di un vagonetto kg 250, portata media oraria q. 100.

*f*) Una teleferica del tipo della precedente, che dal Piano Barbellino (q. 1800) portava il materiale alluvionale, cavato nel piano stesso, agli impianti; portata di ciascun vagonetto kg 1000, media oraria q. 700.

*g*) Un piano inclinato da Valmorta (q. 1790) alla quota 1887 del dosso Sommachel, capace del carico massimo di q. 60, e servente le varie strade orizzontali che a diverse quote (1806-1850-1872-1887) percorrevano lo stesso dosso Sommachel fino agli impianti.

*h*) Una strada carrozzabile Torre-Pianliver della lunghezza di km 3.

Nella fase d'impianto del cantiere, dei mezzi elencati mancava il piano inclinato Pianliver-Pinnacolo, che non fu pronto se non alla fine del 1927.

Il materiale occorrente agli impianti seguiva, per i pezzi più leggeri, promiscuamente le due vie, cioè quella della teleferica Torre-Rifugio e l'altra Torre-Grumetti-Pinnacolo-Valmorta; per i pezzi più pesanti sempre la seconda via.

Lo stesso criterio fu seguito anche durante i getti. In particolare diremo che il cemento, che costituiva nella fase lavori l'oggetto principale dei trasporti, ha sempre seguito esclusivamente la prima via.

*Installazione del cantiere e funzionamento dei vari organi.*

Alla confezione del calcestruzzo tre elementi concorrono: materiale inerte, cemento, acqua.

L'acqua poi è necessaria, e in quantità non lieve, per altri scopi importanti, fra i quali il raffreddamento dei compressori e la lavatura delle fondazioni, con getti sotto pressione, e di parte del materiale inerte.

L'acqua veniva fornita da due condutture del diametro di mm 125 ciascuna, della lunghezza di m 1100, con presa nella prossima Val Cervera a quota 2000 e sbocco a quota 1920 (punto più alto del cantiere) in vasca di carico e di accumulazione, donde si diramava ai vari punti del cantiere.

Per riserva venne anche installata una stazione di pompe prima a monte e poi a valle della diga (v. fig. 12).

Il cemento, come si è già accennato, veniva trasportato con la ferrovia e poi con autocarri fino alla Frazione Torre; di lì, con la teleferica Torre-Rifugio ed altra in proseguimento della prima, fino ad uno spiazzo dove veniva versato dai sacchi entro un canale che lo portava entro un deposito posto immediatamente sopra le impastatrici, capace di circa 400 q.

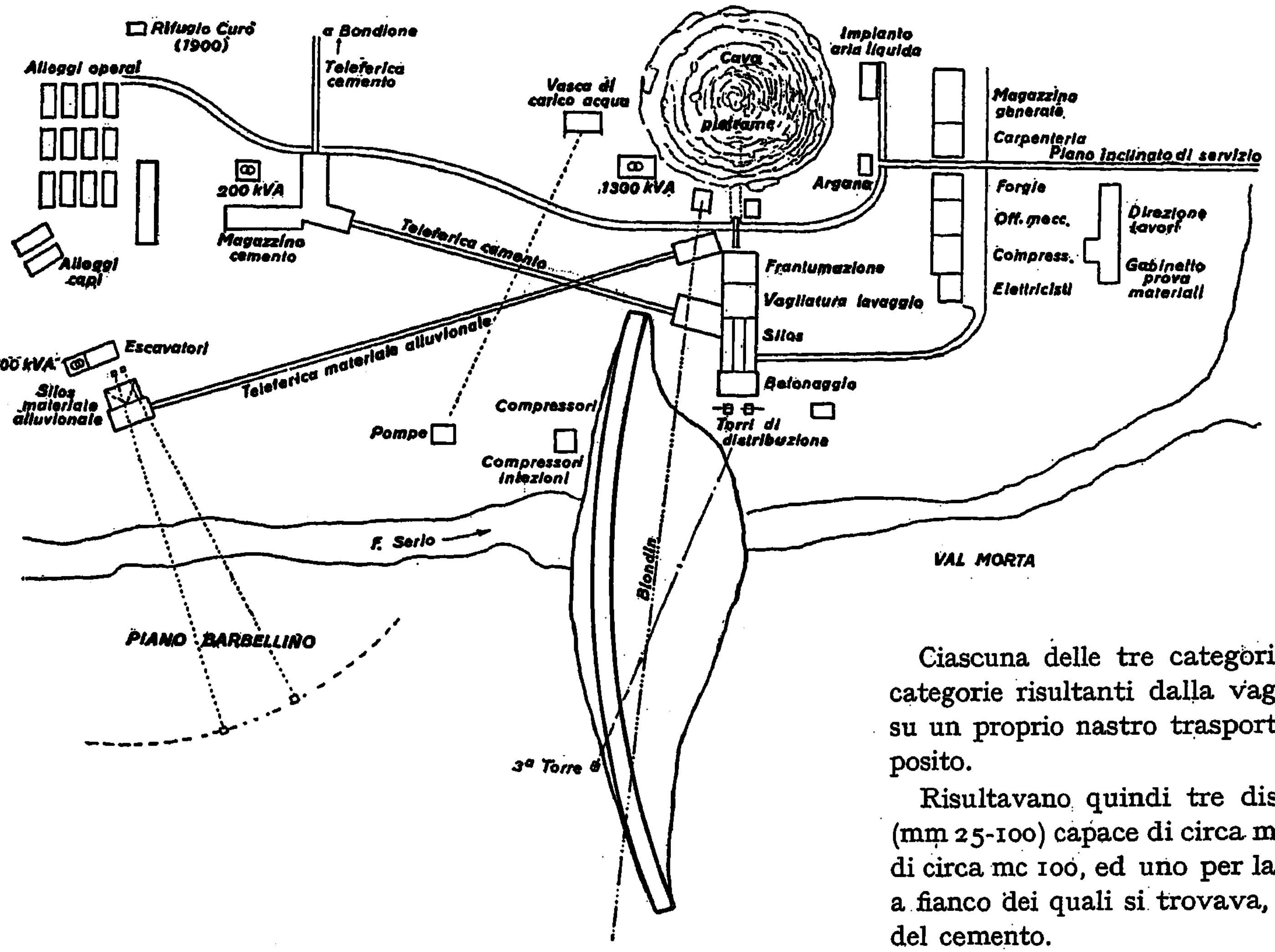



Fig. 12. - Planimetria generale del cantiere.

A Ponte della Selva, a Torre, alla Sella Rifugio ed allo spiazzo anzidetto vi erano magazzini di scorta, rispettivamente per q. 6000, 6000, 10 000, 1000 in modo da ovviare ad eventuali interruzioni nei trasporti.

Quanto al materiale inerte, questo aveva due distinte provenienze: il banco alluvionale del Piano Barbellino e la cava di pietrame del Sommachel.

Questo fino al settembre 1930, quando, allo scopo di invasare il Piano, per previste necessità di esercizio, la prima fonte venne eliminata ed il calcestruzzo fu confezionato con materiale tutto frantumato.

Nella prima fase (v. fig. 13 *a*)), nella quale i due componenti entravano press'a poco in proporzioni uguali, il materiale alluvionale veniva estratto nel Piano a mezzo di due escavatori a benna strisciante del tipo Sauermann, accumulato in un deposito e di lì trasportato, a mezzo teleferica, nella parte più alta dell'impianto. Una griglia separava il materiale oltrepassante i 100 mm, che si univa a quello proveniente dalla cava pietrame; il resto proseguiva per una serie di vagli conici, in cui il materiale era contemporaneamente lavato e separato in tre parti distinte, la prima inferiore agli 8 mm (sabbia), la seconda compresa fra gli 8 e i 25 mm (ghiaietto), la terza compresa fra i 25 ed i 100 mm (ghiaia).

La sabbia, in particolare, subiva un'ulteriore lavatura entro apposita lavatrice a pettine Kennedy, che ostacolava al massimo la dispersione delle parti più fini.

Gli apparecchi di vagliatura e lavatura occupavano la parte destra superiore degli impianti rispetto ad un osservatore che seguisse il cammino del materiale.

La parte sinistra era occupata invece dagli apparecchi di frantumazione.

La pietra da frantumare proveniva da una cava ad imbuto, dalla quale il materiale si scaricava per un fornello inferiore a cui faceva seguito una galleria, entro cui correva, trainato da fune azionata da un argano, un carrello ferroviario capace di 15 t, rovesciabile automaticamente.

Il pietrame passava successivamente in un frantoio giratorio Kennedy 5, in altro giratorio Mac Cully 3 e in altro giratorio Kennedy 25 e di lì in due mulini a cilindri.

Man mano che la frantumazione avveniva, gli elementi minori venivano separati dal resto mediante vagli a scosse, in modo da aversi anche qui tre distinte categorie di materiali, la prima con dimensioni da 0 ad 8 mm la seconda da 8 a 25 mm, la terza da 25 a 100 mm.

Ciascuna delle tre categorie confluiva, con le corrispondenti categorie risultanti dalla vagliatura del materiale alluvionale, su un proprio nastro trasportatore che l'accumulava in un deposito.

Risultavano quindi tre distinti depositi, uno per la ghiaia (mm 25-100) capace di circa mc 350, uno pel ghiaietto (mm 8-25) di circa mc 100, ed uno per la sabbia (mm 0-8) di circa mc 150, a fianco dei quali si trovava, alla medesima altezza, il deposito del cemento.

Nella seconda fase del lavoro (v. fig. 13 *b*)), cioè dopo il settembre 1930 e, praticamente, nell'ultimo anno di getti, 1931 (perchè nell'ottobre 1930 funzionò un sistema transitorio misto), gli escavatori Sauermann, la teleferica del materiale alluvionale, l'impianto di lavatura e vagliatura vennero tolti e al loro posto furono installati un frantoio a mascelle da m 0,60 ed una sabbiatrice Simons capace di produrre 4 mc all'ora di materiale inferiore agli 8 mm.

Altro impianto si aggiunse sulla sinistra del precedente, composto di tre frantoi, due vagli e tre mulini a cilindri, tutti in cascata. Furono anche impiantati tre fili a sbalzo per utilizzare il materiale cavato durante gli scavi delle fondazioni ed aperta una minore cava sussidiaria.

Il macchinario, data la rilevante durezza della roccia (scisti silicei-quarzosi), era sottoposto a rapida usura.

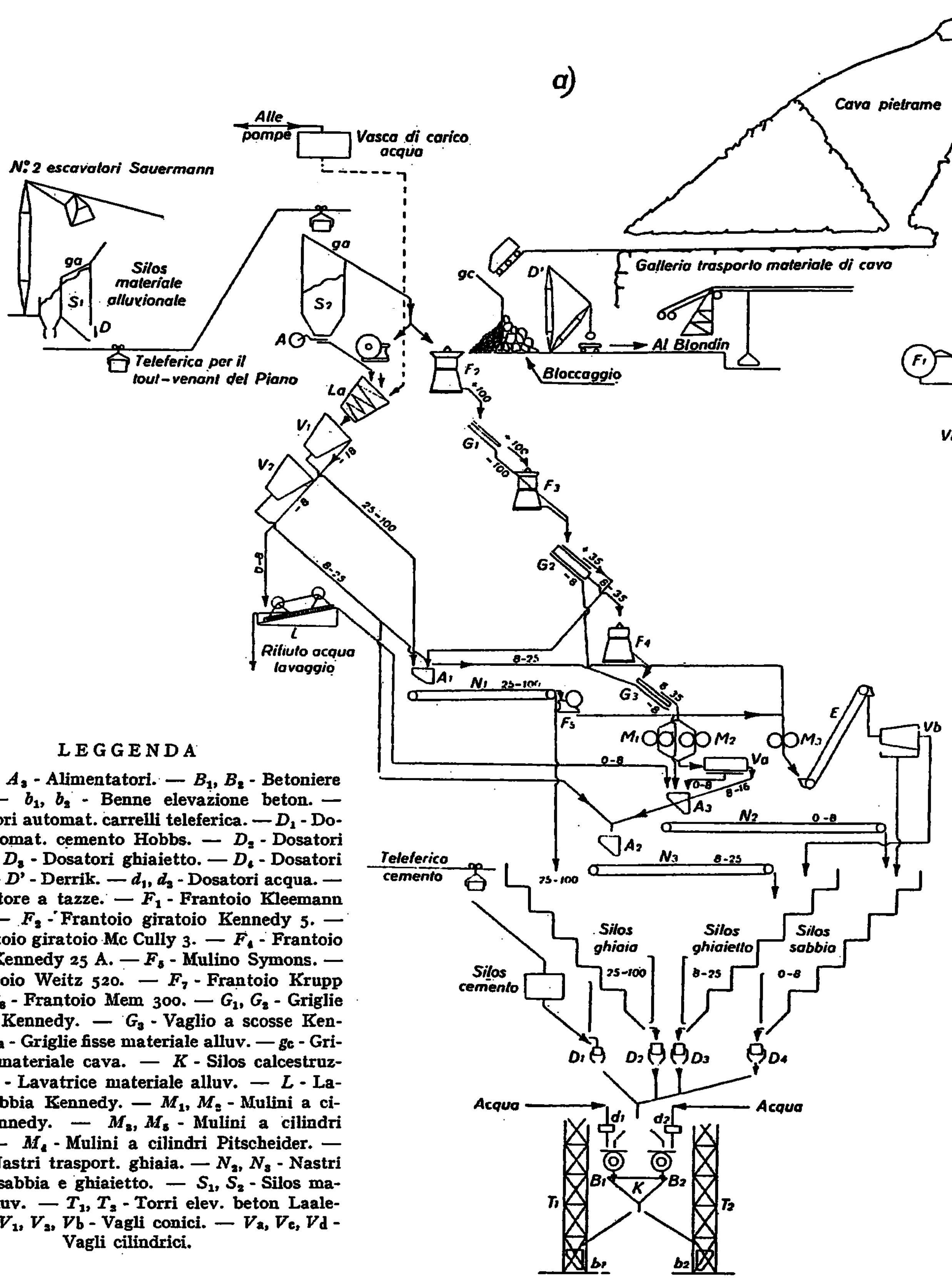
Ai depositi seguivano i rispettivi dosatori automatici ed il dosatore dell'acqua; a questi, due impastatrici della capacità di 1 mc cadauna.

Gli apparecchi dosatori della ghiaia, ghiaietto, sabbia e cemento e le due impastatrici venivano comandate a mezzo di un sistema elettrico automatico Hobbs, regolabile in modo da ottenere da 20 a 50 mc/ora.

Le proporzioni medie in cui ghiaia, ghiaietto e sabbia entrarono nella composizione di un mc di calcestruzzo furono rispettivamente di litri 650 - 250 - 450.

Il calcestruzzo cadeva dalle impastatrici entro un piccolo deposito che lo distribuiva a due benne ai piedi delle torri di distribuzione, alte 90 m; e successivamente veniva innalzato fino a tramoggie fissate alle torri, alle varie altezze occorrenti, e di lì distribuito nei punti voluti a mezzo di canali Lakewood portati da funi fisse e da triangoli girevoli.

Onde eliminare il rischio che qualche residuo non esploso di dinamite potesse inavvertitamente provocare esplosioni entro i frantoi o i mulini, il pietrame della cava veniva cavato a mezzo di cartucce di carbone imbevute di aria liquida. Per la pro-




LEGGENDA

$A$, $A_1$, $A_2$, $A_3$ - Alimentatori. — $B_1$, $B_2$ - Betoniere Smith. — $b_1$, $b_2$ - Benne elevazione beton. — $D$ - Dosatori automat. carrelli teleferica. — $D_1$ - Dosatori automat. cemento Hobbs. — $D_2$ - Dosatori ghiaia. — $D_3$ - Dosatori ghiaietto. — $D_4$ - Dosatori sabbia. — $D'$ - Derrik. — $d_1$, $d_2$ - Dosatori acqua. — $E$ - Elevatore a tazze. — $F_1$ - Frantoio Kleemann da 600. — $F_2$ - Frantoio giratoio Kennedy 5. — $F_3$ - Frantoio giratoio Mc Cully 3. — $F_4$ - Frantoio giratoio Kennedy 25 A. — $F_5$ - Mulino Symons. — $F_6$ - Frantoio Weitz 520. — $F_7$ - Frantoio Krupp 650. — $F_8$ - Frantoio Mem 300. — $G_1$, $G_2$ - Griglie a scosse Kennedy. — $G_3$ - Vaglio a scosse Kennedy. — $g_a$ - Griglie fisse materiale alluv. — $g_c$ - Griglie fisse materiale cava. — $K$ - Silos calcestruzzo. — $L_a$ - Lavatrice materiale alluv. — $L$ - Lavatrice sabbia Kennedy. — $M_1$, $M_2$ - Mulini a cilindri Kennedy. — $M_3$, $M_5$ - Mulini a cilindri Krupp. — $M_4$ - Mulini a cilindri Pitscheider. — $N_1$, $N_4$ - Nastri trasport. ghiaia. — $N_2$, $N_3$ - Nastri trasport. sabbia e ghiaietto. — $S_1$, $S_2$ - Silos materiale alluv. — $T_1$, $T_2$ - Torri elev. beton Laalewood. — $V_1$, $V_2$, $Vb$ - Vagli conici. — $Va$, $Vc$, $Vd$ - Vagli cilindrici.

Fig. 13 *a*). - Schema degli impianti di frantumazione, lavatura, vagliatura e confezione del calcestruzzo nella prima fase.

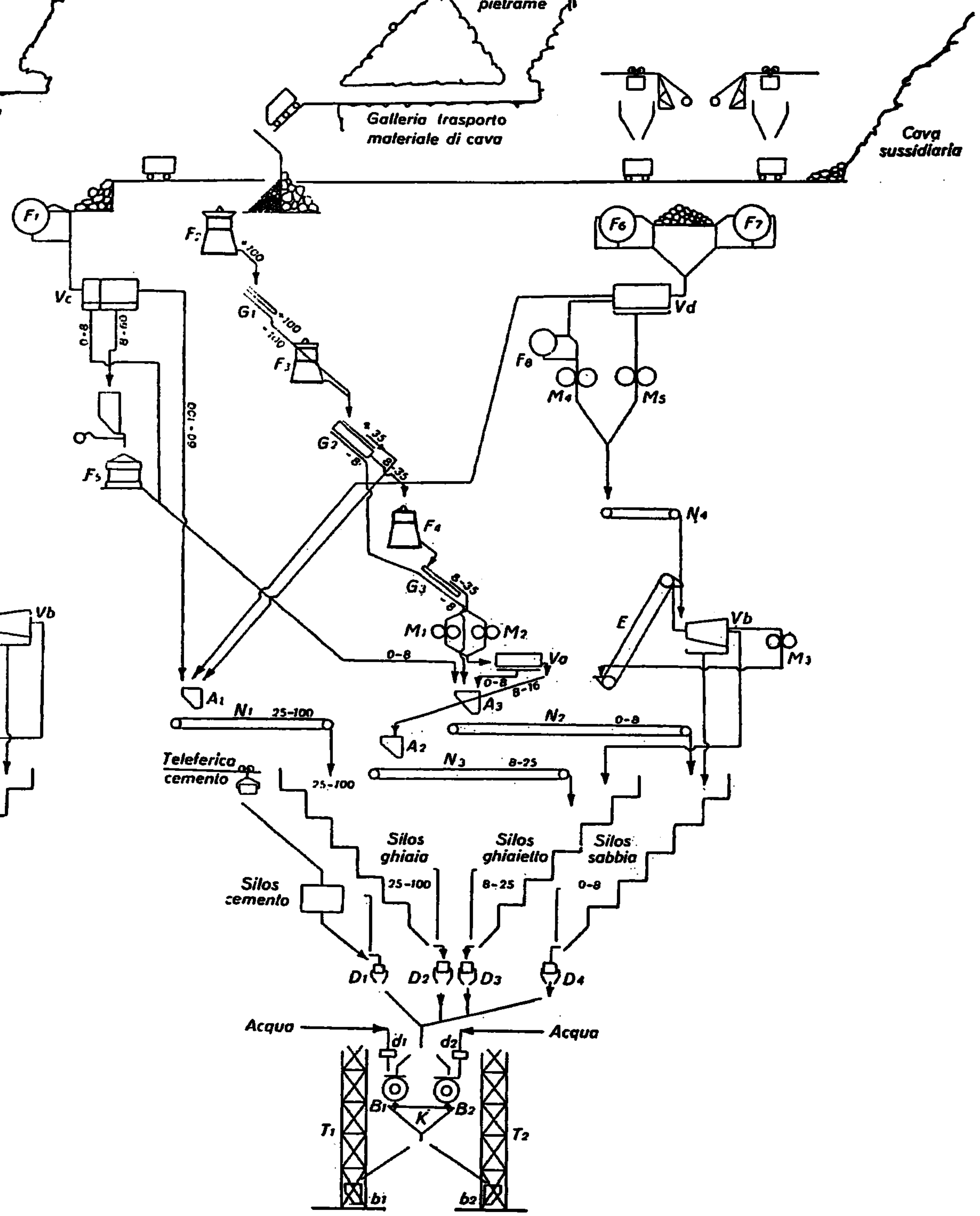



Fig. 13 *b*). - Schema degli impianti di frantumazione, vagliatura e confezione del calcestruzzo nella seconda fase.

duzione di questa venne installata una officina (v. fig. 14) al termine della strada, a quota 1887, su uno spiazzo prospiciente Valmorta.

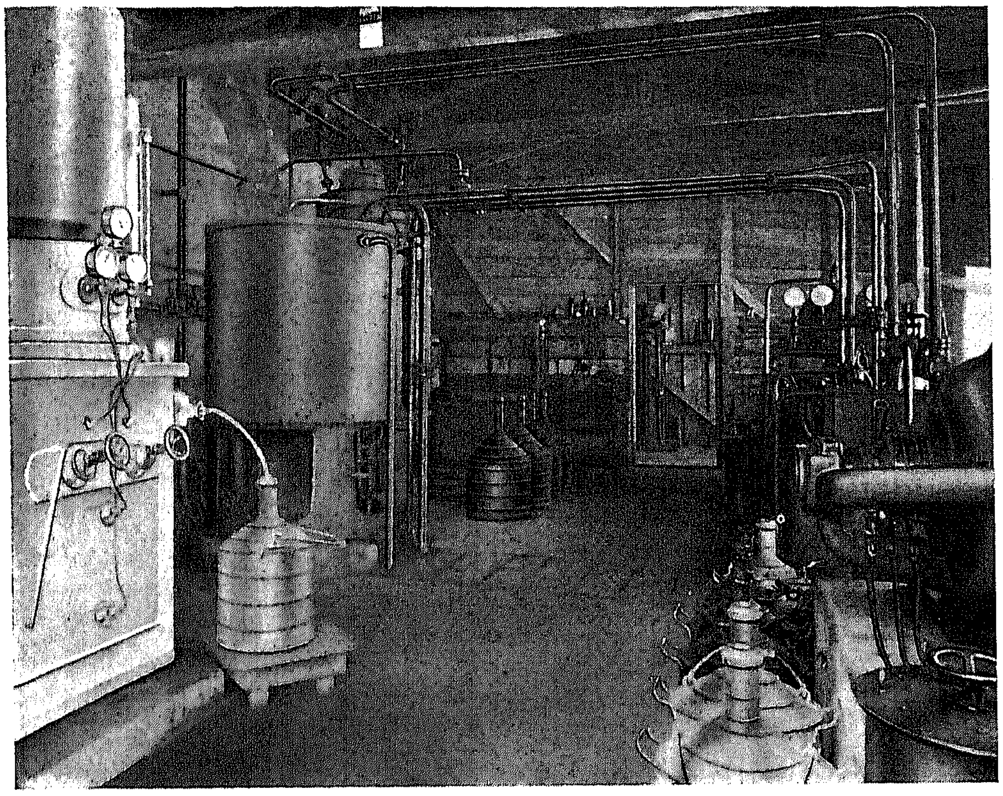


Fig. 14. - L'impianto per la produzione dell'aria liquida.

Su altri spiazzi a quota 1860, lateralmente al piano inclinato, furono collocati i magazzini e le officine dei fabbri, elettricisti e carpentieri.

Gli impianti di frantumazione, lavatura e vagliatura del materiale proveniente dagli escavatori e dalla cava, i depositi per la ghiaia, il ghiaietto, la sabbia, il cemento e l'acqua d'impasto, gli apparecchi di dosatura e le impastatrici erano installati sulla sponda sinistra, appena a valle della diga, fra le quote 1892 e 1827.

Nell'ultima stagione di getto (1931) si usarono per la distribuzione altre due torri; delle quali una, alta m 70, piazzata sulla sponda destra a valle della diga, per il risollevamento del calcestruzzo da distribuire sull'estrema sponda destra; l'altra, alta m 50, piazzata sulla diga stessa presso il paramento a valle, serviva solo di sostegno intermedio alle funi.

Aggiungeremo che era stato anche impiantato, per il trasporto del pietrame da annegare nella massa del calcestruzzo, un Blondin, il quale però non venne mai fatto funzionare, per le ragioni che vedremo più avanti.

La fig. 12 dà una planimetria generale del cantiere; la fig. 13 *a*) lo schema degli apparecchi nella prima fase di lavoro, la fig. 13 *b*) nella seconda; la fig. 15 ci mostra l'impianto di distribuzione funzionante.

I lavori preparatori e quelli di installazione del cantiere si iniziarono nel settembre 1925 e proseguirono mentre si conducevano a termine parallelamente gli scavi di fondazione e si procedeva alla impermeabilizzazione delle parti basse di essi, fino alla metà dell'agosto 1928, alla quale epoca tutto era pronto per l'inizio dei getti.

## V. Studi e ricerche.

Sia anteriormente all'inizio dei getti, durante l'impianto del cantiere ed il compimento degli scavi, che durante la costruzione della diga, vennero eseguiti studi e ricerche e rilevati dati vari riguardanti i seguenti argomenti: composizione, resistenza, impermeabilità dei calcestruzzi, temperature interne delle masse murarie e proprietà dell'acqua di accumulazione; argomenti dei quali faremo qui soltanto un fuggevole accenno, perchè, volendone parlare in modo esauriente, si dovrebbe farlo a parte, ciascun argomento potendo essere l'oggetto di una diffusa relazione a sè.

Gli studi preliminari sulla composizione dei calcestruzzi, riguardanti specialmente la composizione granulometrica del materiale inerte in relazione al banco alluvionale sfruttabile (pel quale furono eseguiti gli opportuni scandagli) ed alla roccia da frantumarsi disponibile, portarono ad adottare, per la massa muraria, la composizione risultante dall'applicazione della nota formula di Fuller:

$$p = c + K \frac{d}{D}$$

in cui: $c + K = 100$

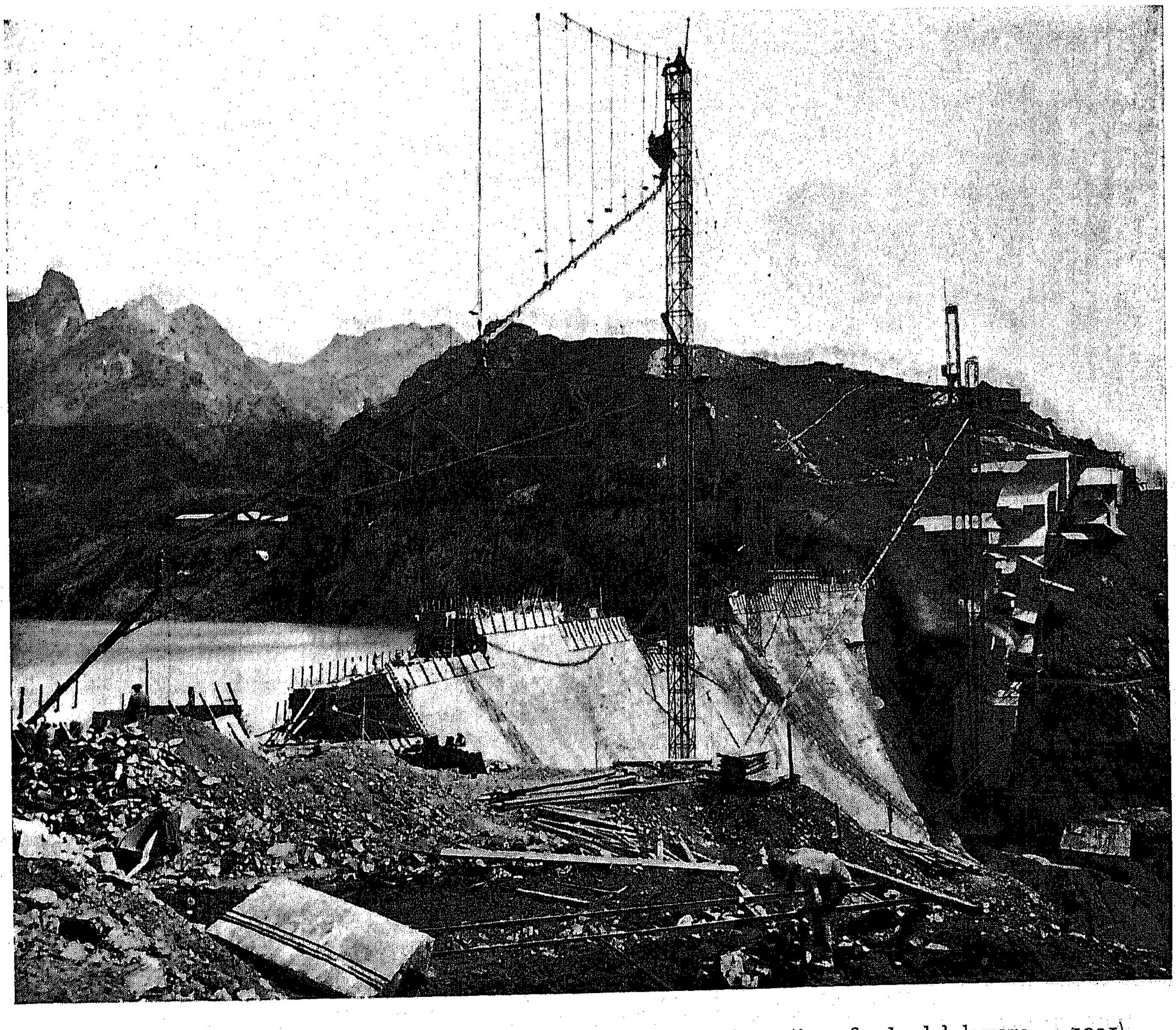


Fig. 15. - L'impianto di distribuzione funzionante al completo (fase finale del lavoro – 1931).

e che per i valori $c = o$, $K = 100$, diventa:

$$p = 100 \frac{d}{D}.$$

Nella parte antistante ai drenaggi dove la dosatura del cemento era superiore, venne adottata altra formula che dà un prodotto alquanto più ricco di finissimo.

La formula, come è noto anche per precedenti pubblicazioni apparse in questa stessa Rivista, dà la percentuale $p$ del granulato passante al vaglio di maglia $d$, essendo $D$ la massima dimensione stabilita pel granulato stesso, (nel nostro caso 100 mm)

La realizzazione di una composizione praticamente assai vicina a quella della formula si otteneva integrando il materiale alluvionale cavato nel Piano con quello ottenuto dagli impianti di frantumazione e i due materiali entravano rispettivamente nelle proporzioni del 53 % e 47 %.

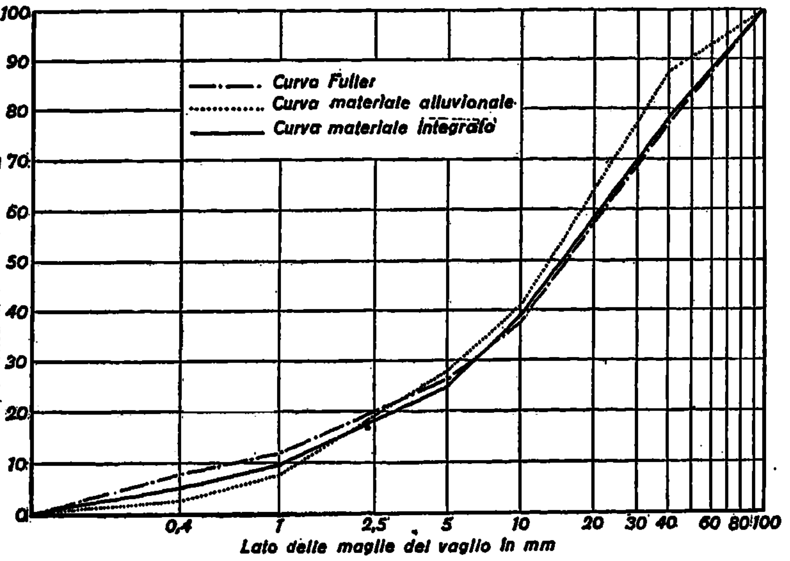



Fig. 16. - Curve rappresentative delle composizioni granulometriche.

Nella fig. 16 sono rappresentate tre curve: quella ideale di Fuller, quella media del banco e quella del materiale integrato.

Praticamente, però, non si potevano ottenere risultati costanti, a ciò opponendosi la variabilità di composizione del banco alluvionale unita alla necessità di non arrestare in nessun caso il lavoro.

Quando, poi, nella seconda fase del lavoro (dopo il settembre 1930), venne omesso il materiale alluvionale e si dovette proseguire col solo frantumato, la curva pratica venne a scostarsi dalla teorica in modo notevole, specialmente per la difficoltà di produrre materiale finissimo a sufficienza. Ritorneremo su questo argomento nel capitolo sui presidî contro la permeazione delle acque.

La costruzione veniva seguita, tanto dai dirigenti quanto dalle Superiori Autorità, con diligenti rilievi sulle *resistenze del calcestruzzo:* bisettimanalmente venivano prelevati, dal calcestruzzo fluente dai canali distributori, campioni consistenti in cubetti del lato di m 0,20 che, dopo stagionatura in locale fresco e umido, dove la temperatura non poteva scendere in nessun caso a toccare i 0° C, venivano frantumati nel Laboratorio del R. Politecnico di Milano a 7 ed a 28 giorni dalla loro confezione, tenendosi nota della resistenza del calcestruzzo. Furono anche compiute prove a 90, 180, 360 giorni dalla confezione e furono pure eseguite prove su campioni del lato di m 0,30 e m 0,50; talora, specie in casi dubbi, su campioni ottenuti da blocchi ricavati dal massiccio della diga.

Tutte indistintamente le prove sui campioni così ricavati dettero risultati ottimi, eliminando quei dubbi che potevano avere lasciato le prove sui campioni prelevati al termine dei canali, confermando quanto è stato già da altri osservato anche su questa Rivista, che cioè la stagionatura a 28 giorni, sufficiente per cubetti confezionati con calcestruzzo a consistenza di «terra umida» o similari, non la è più quando si tratti di campioni confezionati con calcestruzzo colato, pei quali le resistenze richieste sono raggiunte più tardi.

Veniva anche sempre rilevato il peso specifico del cubetto prima della sua effrazione.

I risultati furono nel complesso soddisfacenti, sia per la resistenza, che pel peso specifico.

Le *prove di permeabilità* venivano eseguite a mezzo di un apparecchio Amsler su cubetti di m 0,20 di lato, annegati fino alla faccia superiore in materiale praticamente impermeabile, per la ricerca delle seguenti 4 caratteristiche:

1° influenza della stagionatura
2° » della dosatura
3° » della composizione granulometrica
4° » del rapporto Acqua/Cemento

Le ricerche erano eseguite col criterio di far variare uno dei dati tenendo fermi gli altri tre.

Le conclusioni principali a cui si potè pervenire furono: che la resistenza alla permeazione aumenta con l'aumentare della stagionatura del calcestruzzo; che, a parità delle altre condizioni, non aumenta col crescere della dosatura del cemento, oltre a una certa proporzione; che aumenta entro certi limiti col crescere della percentuale del finissimo nella composizione granulometrica del materiale inerte; che aumenta col crescere del rapporto Acqua/Cemento fino intorno al valore 0,8 del rapporto stesso, coll'aumentare ulteriore del quale poi diminuisce.

Noteremo qui che praticamente la maggiore difficoltà si incontra nella dosatura dell'acqua, che deve continuamente essere variata al variare dell'umidità dei componenti inerti del calcestruzzo; cosa non facile anche coi più rapidi mezzi di determinazione dell'umidità stessa.

La misura delle *temperature nell'interno delle masse murarie*, eseguita a mezzo di termometri elettrici, per i punti più distanti dai paramenti, cioè più interni della diga, che sono i più interessanti ad indagare, diede il seguente andamento generale delle temperature: elevamento iniziale fino a + 44° C nell'intervallo di circa tre mesi; abbassamento nell'intervallo di circa due anni fino a + 10° e stabilizzazione attorno a tale temperatura.

Quanto all'influenza della temperatura esterna, questa si fa sentire prontamente fino a circa un metro dalla superficie dei paramenti. Oltre tale limite, e fino a 10 m di profondità, l'influenza della temperatura esterna si risente solo stagionalmente in modo molto attenuato e con uno sfasamento di circa mesi 6 in ritardo; oltre i 10 m non è avvertita affatto, almeno per quel che risulta dai dati finora raccolti; ma occorrerà avere una più lunga serie di letture prima di poterne trarre conclusioni definitive.

Furono anche eseguiti studi e ricerche sperimentali sulle proprietà dell'acqua del Serio a monte della diga, per esplorarne l'eventuale potere solvente sulla calce libera del calcestruzzo: i risultati sono stati negativi perchè l'acqua non ha dimostrato nessun potere solvente.

## VI. Getti.

I getti si iniziarono il 25 agosto 1928 nella parte più bassa dello scavo, cioè quella corrispondente all'alveo del fiume deviato, estendendosi man mano sui due fianchi.

Essendo ormai trascorsa la parte migliore della stagione e dato che ogni inizio è sempre difficoltoso, tanto più trattandosi di azionare un impianto piuttosto complicato in cui le macchine avevano parte preponderante, quel primo anno dovette forse considerarsi più di esperimento che di lavoro.

I lavori durarono fino al 28 novembre, essendosi voluta raggiungere una quota che permettesse per l'anno seguente di far a meno dell'impianto delle pompe, scopo non raggiunto che parzialmente.

La posizione incassata e la limitata estensione del lavoro, che permettevano di proteggerlo dal gelo, con copertoni sotto i quali furono poste anche resistenze elettriche pel riscaldamento,

Fig. 17. - Vista delle armature a monte.

consentirono di protrarre il lavoro anche con temperature molto basse.

Alla data anzidetta, però, si dovette assolutamente sospendere perchè quasi a nulla si erano ridotte le ore in cui la temperatura rimaneva al disopra dello zero, le sole in cui i getti fossero permessi; e, indipendentemente da questo, era divenuto pressochè impossibile far scorrere la sabbia nel deposito ed il calcestruzzo nei canali. Furono gettati in quel primo anno mc 12 000.

Nel 1929 i getti furono iniziati il 10 giugno e sospesi il 4 novembre e si gettarono mc 47 000; nel 1930 l'inizio fu il 6 giugno e la fine il 5 novembre e si gettarono mc 48 000; nel 1931 si potè cominciare il 27 maggio e il 15 ottobre il lavoro era completamente finito e l'Impresa poteva iniziare lo smontaggio del cantiere dopo che erano stati gettati mc 43 000.

Complessivamente, dunque, la cubatura del calcestruzzo della diga ascese a mc 150 000. Si potè fare assegnamento, tralasciando il primo anno di getto, su un periodo medio lavorativo di circa 150 giorni, che si ridussero effettivamente a circa 120 giorni lavorativi, detraendo i giorni in cui il lavoro era impedito dalle intemperie e da cause varie.

La produzione media giornaliera fu dunque di circa mc 300 per tutto il periodo lavorativo e di circa mc 400 riferendosi ai soli giorni lavorativi, e la produzione oraria, per 18 ore giornaliere, di mc 22.

Le punte massime giornaliere raggiunte furono di mc 700. Il mese di maggior produzione fu l'agosto 1930, con una produzione di mc 13 000 pari a mc 420 circa medî giornalieri e mc 24 circa orari.

Bisogna a tale proposito tenere conto del fatto che il lavoro si svolgeva in condizioni assai disagiate sotto tutti i punti di vista; sarebbe troppo lungo dirne i motivi, bastando qui avvertire che ogni qualvolta un lavoro si svolge in luoghi lontani da centri importanti, ad altitudini prossime ai 2000 m, in climi rigorosi e lontani dalle strade carreggiabili, i calcoli che preventivamente si possono fare, quanto al tempo (ed al costo), debbono essere molto prudenziali.

La dosatura del cemento avrebbe dovuto essere, in base agli studi ed agli esperimenti effettuati ante lavoro, di kg 200 per mc, per tutto il massiccio murario; praticamente si dovettero seguire le norme dettate dalle Superiori Autorità che, con criterio prudenziale, prescrissero una dosatura di kg 350 nel taglione della parte centrale pianeggiante, di circa 40 metri di lunghezza, di kg 300 per la parte più bassa della diga antistante ai drenaggi e di kg 250 per la parte retrostante ai medesimi; diminuendo poi tali dosature gradatamente a kg 250 e 225, poi a 225 e 200, e, nella parte più alta, a kg 200 per tutta la massa.

Il consumo totale del cemento, compreso quello per la boiacca delle riprese, fu di qli 347 700, con un consumo medio di kg 231,5 per mc di calcestruzzo gettato.

Finora non si è manifestato, per la differenza di dosatura di cemento fra le murature del taglione e quella retrostante, nessun inconveniente; ma è ovvio che la pratica di una dosatura unica per le due parti è da raccomandarsi, come quella che dà una maggiore omogeneità.

Naturalmente, le due parti erano immorsate fra loro in senso verticale, tenendo le armature di separazione non perfettamente alla linea dei drenaggi, ma avanti o dietro tale linea alternatamente di circa m 0,75.

L'armatura per i paramenti a monte ed a valle era costituita da pannelli in legno delle dimensioni di 2,66 × 1,33 mq opportunamente amarrati con bulloni e filo di ferro lasciati nel getto (v. fig. 17).

Fig. 18. - Il getto nella parte inferiore della diga (1928).
Si notino le divisioni della massa muraria anche in senso trasversale a quello dei giunti ed i sassi sporgenti delle superfici di ripresa.

L'armatura dei giunti e dei pozzetti veniva eseguita sul posto di volta in volta. Si noti a tal proposito che nella parte inferiore della diga, a causa della rilevante larghezza, si praticavano anche suddivisioni in senso longitudinale in modo da non superare pei casseri le dimensioni di 20×20 mq (fig. 18).

***

Gli incidenti verificatisi durante la costruzione furono quelli comuni a questo genere di lavori e non presentarono nulla di notevole e di particolare.

La norma pratica che si potrebbe dedurne è che, nel caso di distribuzione a torri e canali, va prestata la massima attenzione sopratutto ai punti di attacco dei vari triangoli di distribuzione, i quali debbono essere accuratamente esaminati prima della loro messa in opera e assoggettati poi ad una continua osservazione, con ispezioni periodiche.

Come si è già accennato, era stato previsto l'impiego di blocchi di pietrame annegati nella massa del calcestruzzo e pel servizio di rifornimenti era stato impiantato anche un apposito Blondin. Questo, come dicemmo già, non ebbe mai a funzionare perchè l'intrico delle funi di ventatura e portanti ne rendeva troppo difficile e lunga la manovra.

Con altri mezzi, la fornitura veniva ad essere troppo costosa, tanto che l'Impresa preferì rinunciare alla messa in opera dei blocchi, che non vennero usati che sulle superfici di ripresa (fig. 18).

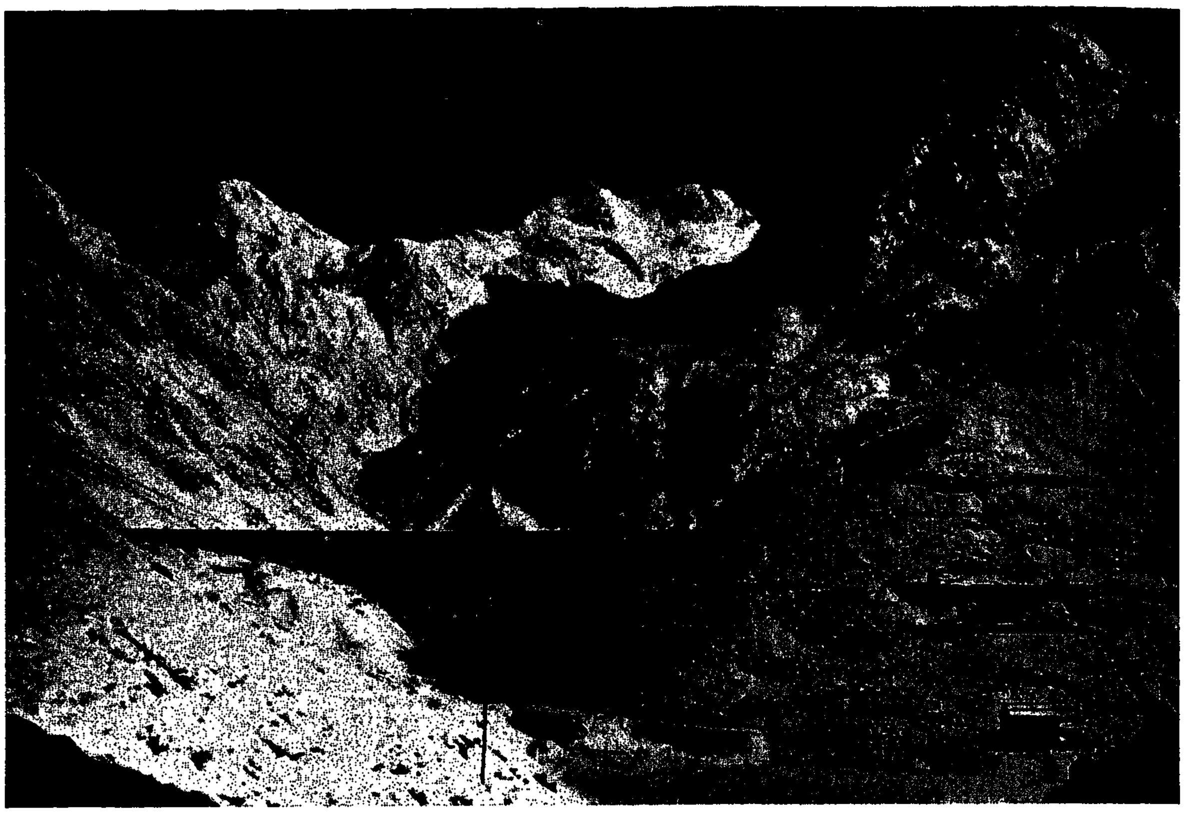


Fig. 20. - La diga finita (novembre 1931).

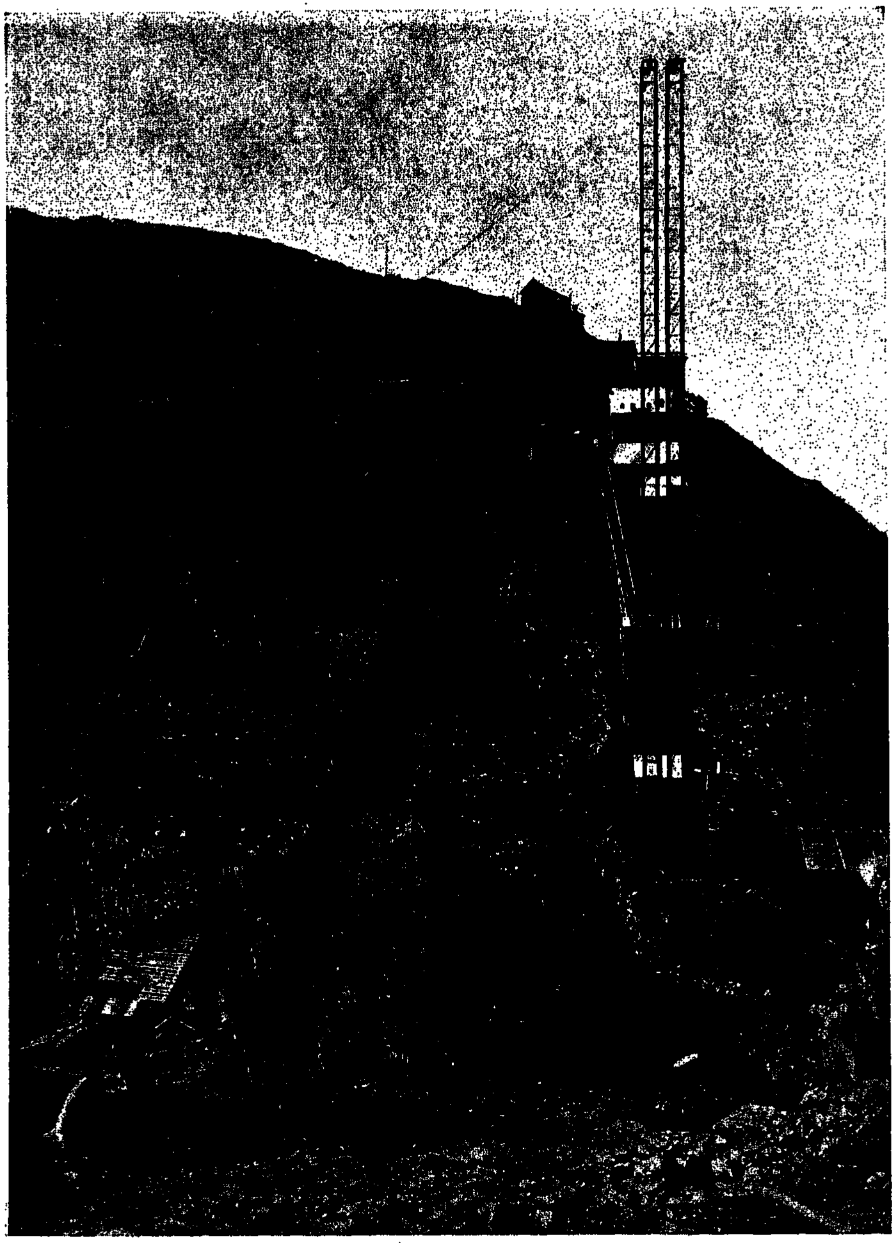


Fig. 19. - Scavi di fondazione e sede della diga, fondo e sponda sinistra.

A tal proposito si deve fare l'osservazione che l'impiego dei blocchi annegati riesce economicamente conveniente quando si abbia un sistema di distribuzione che renda possibile indifferentemente il trasporto del calcestruzzo e dei massi (p. e. cassoni adatti a contenere tanto calcestruzzo che pietrame trasportati da Blondin cui facciano seguito Derrick girevoli).

Le figg. 17, 18, 19 e 20 mostrano il lavoro nelle sue varie fasi e nei suoi particolari.

## VII. Presidi contro la permeazione dell'acqua.

L'acqua può permeare da monte a valle di una diga per due vie: la roccia e la muratura.

La roccia di fondazione della nostra diga si presentava ottima, della migliore che si potesse desiderare, per durezza, compattezza e inalterabilità agli agenti atmosferici.

Tuttavia si procedette alla esecuzione di numerosi fori di diametro decrescente da 70 a 25 mm, eseguiti con perforatrice e destinati ad essere poi iniettati con malta di cemento.

Una prima serie fu portata a termine nel taglione di guardia, in modo sistematico, cioè in due file disposte a quinconce con fori alla distanza di 2 m fra loro; naturalmente tale distanza era approssimativa, perchè il foro veniva spostato, occorrendo, in una posizione prossima migliore; sulla sponda destra, poi, per gli ultimi 60 metri fu ritenuta sufficiente una sola fila di fori.

La loro profondità fu in media di m 6,40 con un minimo di m 4 ed un massimo di m 9, il loro numero di circa 150.

Tale sistema fu completato da altri 28 fori eseguiti a monte del taglione, da 46 fori sulla sponda sinistra e 22 sulla destra, nei punti ove la roccia presentava qualche incrinatura.

Sulla sponda sinistra, in corrispondenza ad una crepa, di cui già si parlò nel capitolo trattante degli scavi di fondazione, ove lo scavo fu spinto ad una profondità di oltre m 18 senza che si potesse trovare il fondo della crepa stessa e nemmeno un accenno a chiudersi, si preferì eseguire una serie di fori traversanti la crepa in tutta la sua lunghezza fino a valle, dato che la roccia, a parte la crepa stessa, era ottima. In ogni altro punto della sede di fondazione, ove si avesse qualche indizio di minore compattezza furono eseguiti fori in aggiunta al sistema prima descritto.

I fori venivano poi lavati a lungo con acqua fino a fuoruscita dalla crepa e dai fori vicini, di acqua limpida.

L'iniezione di cemento veniva eseguita più tardi, quando sulla fondazione era stato gettato uno strato di muratura non inferiore ai m 5 di spessore, misurati verticalmente.

Il sistema fu completato con l'esecuzione di 8 fori eseguiti con la sonda a corona di diamanti, spingentisi alla profondità media di m 19,25, con profondità massima di m 23,50, praticati in numero di 5 entro la zona del taglione, ed in numero di 3 immediatamente a monte della diga, in punti nei quali le fenditure sembravano spingersi a maggiore profondità.

Tutti i fori venivano eseguiti in modo da attraversare gli strati press'a poco normalmente al loro piano di giacitura.

Generalmente si aveva rifiuto fin dall'inizio dell'iniezione. Il massimo assorbimento fu di qli 6,5, tenendosi conto naturalmente del fatto che parte della massa liquida invadeva anche la zona d'influenza dei fori vicini.

Si mantenne la pressione attorno alle 10 atm e furono iniettati in totale qli 380 di cemento.

Una serie speciale di fori, spingentisi alla profondità media di m 7 e distanti fra loro di m 5, fu praticata nella roccia su una linea a distanza costante di m 2 dalla proiezione della linea del ciglio della diga. Tali fori si prolungavano attraverso il calcestruzzo sovrastante fino al pavimento del cunicolo inferiore di ispezione: non erano destinati ad essere iniettati e non lo furono, dovendo servire solo di spia per eventuali perdite. Di fatto tali fori non indicarono nessuna perdita.

Quanto alla muratura, è noto dalla pratica che la permeazione dell'acqua, fino a che questa esercita una pressione non maggiore di 0,5 atm, può essere efficacemente contrastata da un buon intonaco di cemento lisciato, il quale non è più sufficiente per pressioni superiori.

E quanto più aumenta la pressione, tanto maggiore deve essere lo spessore del diaframma resistente.

Nelle grandi dighe occorre che il massiccio murario stesso, almeno nella parte antistante ai drenaggi, partecipi alla tenuta.

Occorre dunque che la muratura della diga riesca della massima compattezza, il che giova anche dal punto di vista del peso specifico più elevato. Partendo da queste considerazioni fu studiata la migliore composizione del calcestruzzo, come s'è già detto.

Quando era disponibile il materiale alluvionale del Piano, cioè fino a tutto settembre 1930, fu possibile avere un granulato della composizione studiata; ma dopo tale data non si poteva fare assegnamento che su materiale tutto frantumato pel quale era arduo, dato il carattere della roccia, giungere ad avere una sufficiente quantità di finissimo, in proporzione al prodotto complessivo.

Anche per la parte in cui si usava materiale misto alluvionale e frantumato, non c'era, come già dicemmo, da ritenersi assolutamente sicuri su una composizione uniforme ed uguale alla teorica.

Indipendentemente poi da questo, una via d'acqua di facile accesso è costituita dalle superfici di ripresa dei getti, superfici che rimangono di netto distacco anche quando siano state scalpellate e ripulite con ogni diligenza e bagnate con acqua o con malta di cemento.

Allo scopo dunque di andare a colmare qualsiasi vuoto, anche capillare, che potesse essere rimasto nella muratura, nella parte anteriore di essa, cioè davanti alla linea dei drenaggi, si sono lasciati dei fori del diametro di m 0,15, distanti 2 metri e disposti a quinconce su tre linee ad un metro fra loro e dal paramento esterno e destinati ad essere iniettati in seguito, come vedremo.

Tale disposizione geometrica in pratica fu attuata approssimativamente, con le opportune modifiche suggerite dall'esame in posto, in seguito al quale veniva segnata la posizione di ciascun foro.

A quota 1830 le linee si ridussero da tre a due, a quota 1850 da due ad una. Ad ogni fine stagione entro tali fori venivano murati, per una lunghezza di circa cm 60, dei tubi di 5 cm di diametro la cui estremità filettata veniva lasciata sporgere per circa 10 cm.

All'inizio della stagione seguente e nel 1931, ultimo anno di getto, alla fine della stagione stessa, veniva iniettata nei fori della malta di cemento opportunamente diluita (a seconda del comportamento del foro, nella proporzione fra cemento ed acqua da 1:7 ad 1:3) e con la cautela di non superare una determinata pressione, che si commisurava alla massima che si sarebbe verificata in corrispondenza del punto più basso del foro, ad invaso massimo, aumentata del 50%. Per tal modo, nella parte inferiore si raggiunsero le 10 atmosfere di pressione; quando il foro però era prossimo al rifiuto, si completava l'iniezione giungendo anche a 15 atmosfere fino a rifiuto completo.

Il cemento iniettato per tal modo fu di qli 205 all'inizio della stagione 1929, di qli 178 all'inizio della stagione 1930, di qli 1724 all'inizio della stagione 1931 e di qli 6920 alla fine della stagione 1931 stessa. In totale qli 9027, a cui si debbono aggiungere circa mc 160 di sabbia.

La quantità crescente è dovuta alla doppia causa della variazione del materiale inerte impiegato e dell'aumento di numero dei fori e della loro lunghezza complessiva, a parità di volume di muratura.

Si tenga conto del fatto che i fori da 0,15, lasciati per poter praticare le iniezioni, importavano da soli un volume di circa 270 mc.

Si noti che la spesa per il cemento iniettato e per la mano d'opera relativa non è grande in confronto del costo totale dell'opera, non raggiungendo il 2% del totale.

Il paramento a monte fu anche rivestito di gunite sostenuta da una rete di filo di ferro del diametro di 2 mm, a maglia quadra del lato di 4 cm accuratamente fissata al paramento stesso.

Con questi presidî la diga si può dire ad ottima tenuta, aggirandosi le perdite attraverso la muratura intorno ai 5 l/sec con carico massimo; più precise misure si potranno eseguire quando le perdite risultanti da difetti ai giunti, che sono in corso di riparazione, saranno state eliminate.

Dott. Ing. Silvio Pedretti.

Dott. Ing. Carlo de Riccabona
della Società Generale Elettrica Tridentina

# La galleria in pressione dell'impianto di Mezzocorona sul torrente Noce

L' impianto Mollaro-Mezzocorona della Società Generale Elettrica Tridentina, entrato in funzione nell'ottobre del 1929, è il più basso dei vari grandi impianti previsti dalla Società per l'utilizzazione integrale delle acque del torrente Noce, affluente di destra dell'Adige.

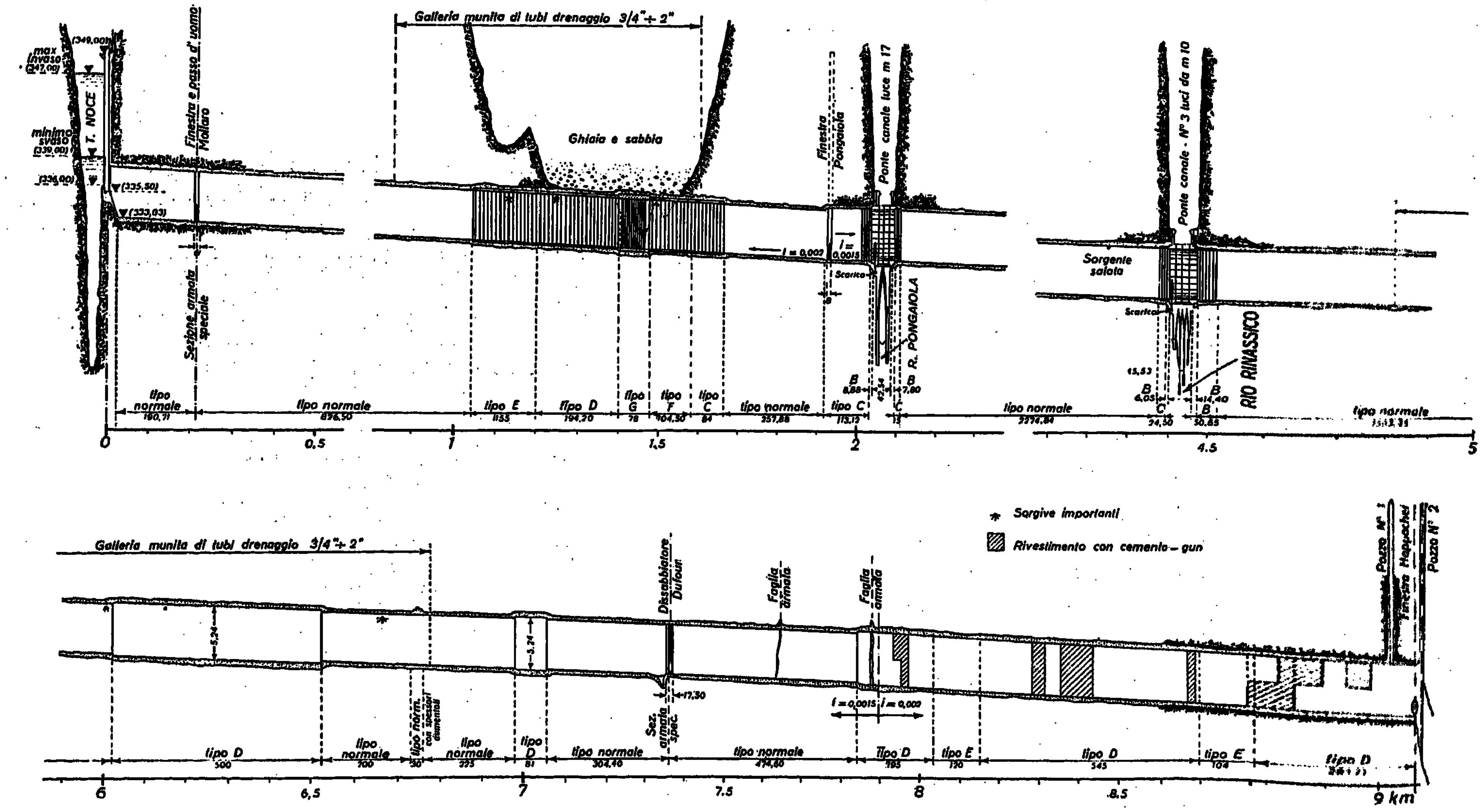


Fig. 1. - Profilo generale della galleria.

Dell' impianto Mollaro-Mezzocorona, che si avvantaggerà di tutti i grandiosi serbatoi a monte, in parte previsti, in parte già in corso di avanzata costruzione, è stata già illustrata, nel fascicolo IX, volume VII del settembre 1930 di questa Rivista, la diga di Mollaro, che ne crea il serbatoio-polmone giornaliero e settimanale, nonchè l'opera di presa per l'immissione delle acque nella grande galleria di derivazione in pressione, che le convoglia al salto di Mezzocorona.

Riteniamo di un certo interesse dare alcune notizie generali e di dettaglio di questa galleria che rappresenta, sia per la sua lunghezza e per la grande sezione, sia per alcune particolarità costruttive e per il terreno attraversato, un notevole esempio di galleria in pressione.

Notizie generali.

Il torrente Noce, dal ponte di Mostizzolo alla Rocchetta, è profondamente incassato in un ampio tavoliere rialzato ai bordi, la cui struttura geologica è schematicamente rappresentata da grossi banchi sovrapposti di

dolomie dei vari piani (carnico, norico, retico e giurese),
marna rossa (scaglie del cretaceo),
marna grigia (eocene),
alluvioni preglaciali.

La galleria Mollaro-Mezzocorona si sviluppa per 3/5 circa nelle marne, dapprima per breve tratto nella marna rossa, poi nelle marne argillose grigie e, dopo aver attraversato una zona di passaggio di calcari marnosi, calcari bianchi o rossi e calcari dolomitici, entra decisamente nella dolomia, attraversando dolomie scure, dolomie bianche, dolomia principale e dolomia con intercalazioni marnose.

La vasta conca di questo tratto della Valle di Non, oltre che dal Noce, è profondamente incisa anche dai torrenti laterali, presentanti forre caratteristiche di questo tavoliere che delimitano naturalmente i primi due tronchi a monte della galleria: il primo da Mollaro al torrente Pongaiola, ed il secondo dal torrente Pongaiola al torrente Rinassico.

L'altra metà della galleria è stata divisa, per ragioni di lavoro, in due tratti per mezzo della finestra di attacco a Maso Oliva: il primo dal torrente Rinassico a detta finestra, con carattere di galleria profonda sotto il massiccio della Rocchetta, il secondo dalla finestra di Maso Oliva alle opere di messa in carico della centrale, con carattere di galleria parietale internata 150 ÷ 200 metri nella grande parete a picco dominante la confluenza del Noce nell'Adige.

Oltre questi tre punti di attacco intermedi che dividono la galleria in quattro tronchi, altre due finestre hanno servito per gli attacchi a monte ed a valle.

La galleria ha una lunghezza di m 9 085,10; è tutta rivestita in calcestruzzo, ha una sezione libera di 20 mq ed è per 7 km a sezione policentrica e per 2 km circa a sezione circolare. La sezione policentrica normale è rivestita in calcestruzzo non armato con spessore minimo di 20 cm e medio di 30 cm. La sezione circolare è stata adottata in tutti quei tratti che, per varie ragioni, o richiedevano senz'altro il rivestimento interno armato, o consigliavano di non escluderne l'adozione in seguito, qualora, alle prove, il solo rivestimento in calcestruzzo semplice fosse risultato insufficiente. Dei due chilometri eseguiti a sezione circolare solo ottocento metri hanno l'anello interno armato, essendo questo stato limitato ai soli punti dove risultava assolutamente necessario.

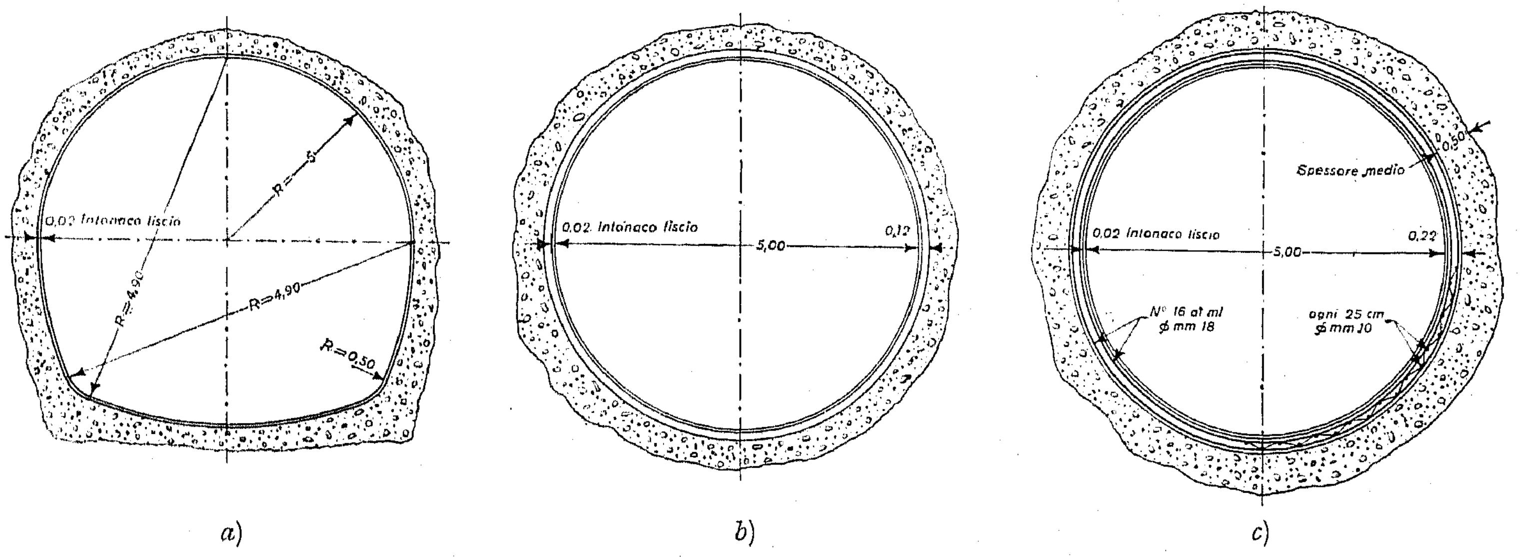



Fig. 2. - Sezioni normali: *a*) sezione policentrica con rivestimento in calcestruzzo semplice; *b*) sezione circolare con rivestimento in cemento armato; *c*) sezione circolare con rivestimento in cemento armato a doppia armatura.

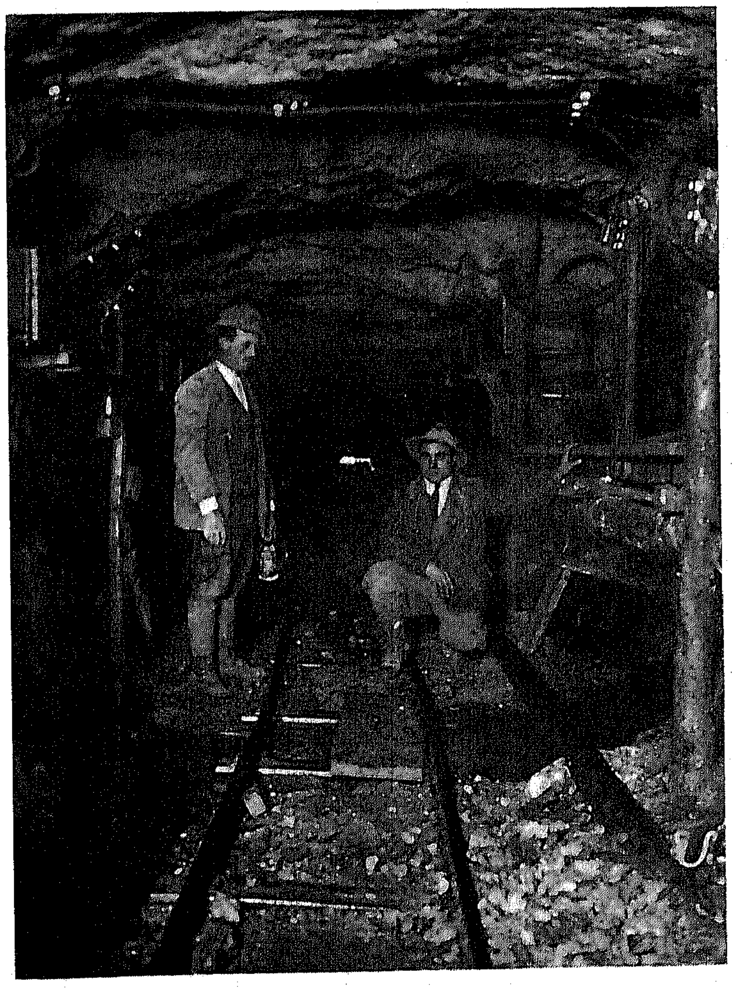


Fig. 3. - Cunicolo d'avanzata dall'imbocco Rinassico Sud. Pompa e canali per l'esaurimento dell'acqua.

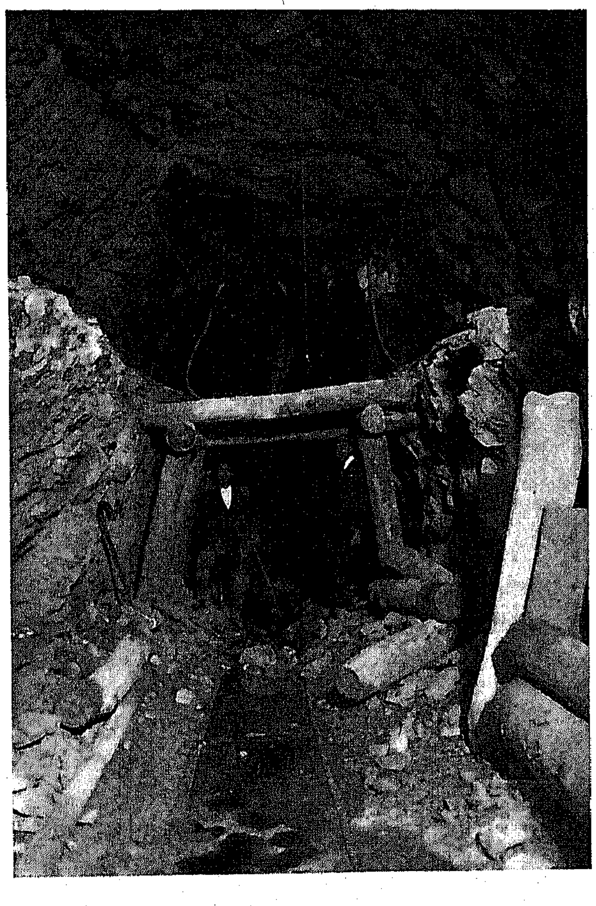


Fig. 4. - Allarghi in calotta.

I tratti a sezione circolare hanno quindi su tutta la lunghezza l'anello esterno in calcestruzzo semplice dello spessore normale medio di 30 cm (minimo 20 cm) con un diametro interno di m 5,20. Entro tale anello, per la lunghezza di m 800, è stato costruito un secondo anello armato dello spessore di 10 cm; solo in un breve tratto l'anello esterno ha un diametro interno di m 5,40 e un anello interno di 20 cm di spessore e armatura doppia.

Nei punti più delicati e specie dove la galleria non corre tutta in roccia o passa quasi radente sotto di essa, il ferro dell'armatura è stato calcolato in modo da resistere da solo a tutta la pressione idrostatica interna lavorando a circa 10 kg/cmq.

Nei tratti, invece, nei quali, oltre ad essere la galleria tutta ricavata in roccia, questa ha un notevole spessore sul cielo

della galleria, si è fatto assegnamento nel calcolo del ferro dell'armatura su di un maggiore o minore contributo parziale di resistenza della roccia stessa. Tale contributo di resistenza è stato però tenuto entro limiti tali che, anche se esso venisse

Prima della camera, la galleria si collega alla tubazione forzata, la quale ha inizio con un anello del diametro di m 5,00 che subito si triforca in tre tubi del diametro di m 2,60.

Anello e triforcazione sono collocati in galleria e completa-

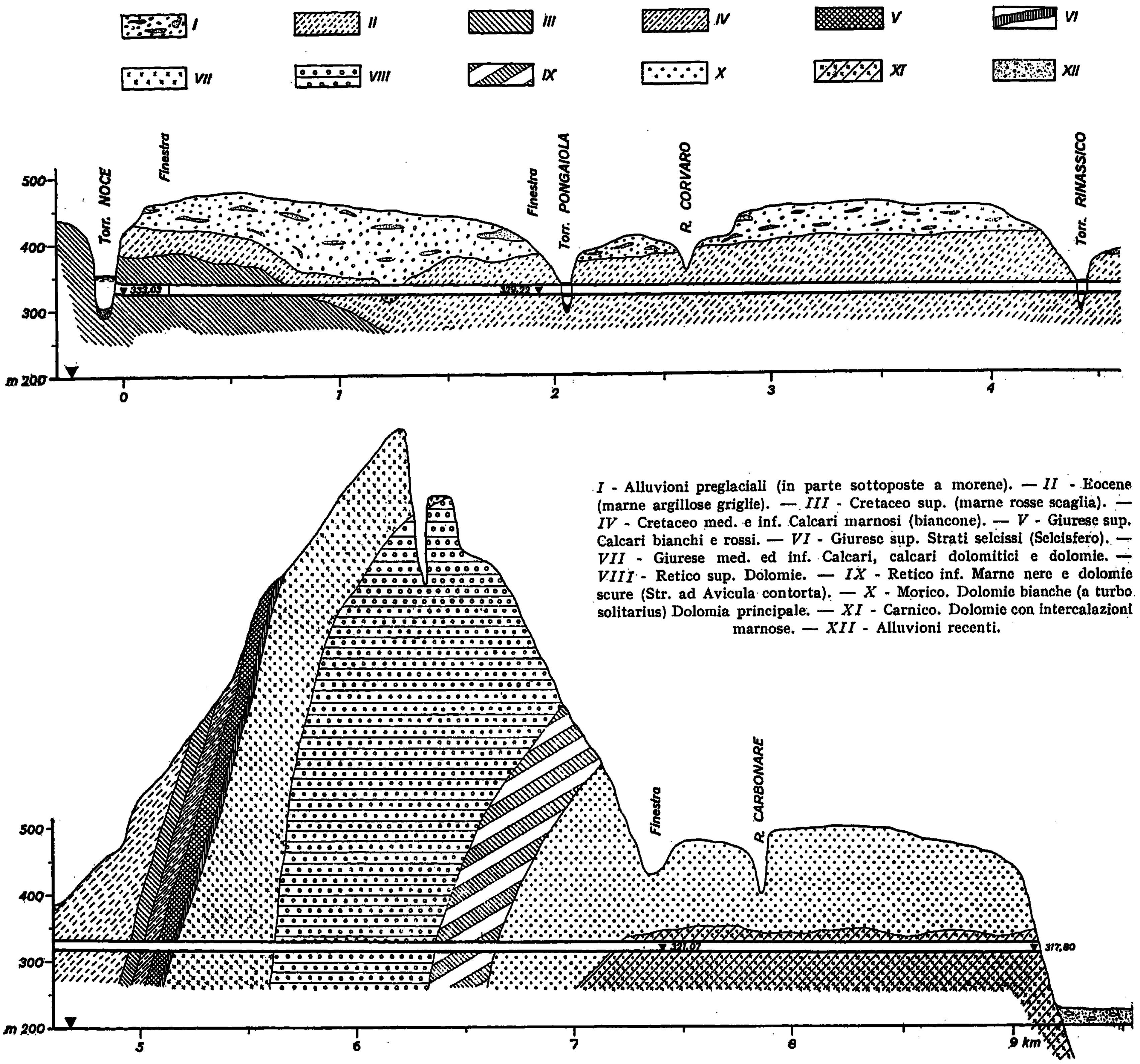



Fig. 5. - Profilo geologico dei terreni attraversati dalla galleria.

a mancare totalmente per qualsiasi ragione, il ferro di armatura è sempre atto a resistere da solo a tutta la pressione interna senza superare il carico di lavoro di 20 kg/cmq.

La galleria è eseguita per tutta la lunghezza senza cunicolo di drenaggio; opportune valvole a clapet impediscono che l'acqua all'esterno possa assumere una pressione superiore a quella nell'interno della galleria.

La pendenza della galleria è del 2 °/₀₀ dalla presa alla progressiva 1924, poi dell'1,5 °/₀₀ per il tratto maggiore, dalla progressiva 1924 alla 7893, e del 2 °/₀₀ nell'ultimo tratto.

Il carico sulla platea varia da m 14 alle opere di presa a m 30 in corrispondenza delle opere di messa in carico.

Tutte le opere di messa in carico ed anche i pozzi sono rivestiti in calcestruzzo semplice non armato e solo la parte bassa del pozzo principale più esterno ha l'intonaco retinato. Dopo questo pozzo una breve galleria con rivestimento in cemento armato e con pendenza del 20% porta alla camera delle valvole ricavata nella parete a picco della montagna poco a occidente del paese di Mezzocorona.

mente annegati in calcestruzzo. Uno dei tre tubi previsti per uno sviluppo futuro è attualmente chiuso da un fondello; gli altri due invece, calcolati ciascuno per 30 mc/sec di portata proseguono fino al collettore.

La galleria, data la consistenza delle varie roccie, è stata eseguita quasi tutta senza armatura in legname; ciò ha permesso di adottare l'avanzamento in cunetta e lo scavo dell'intiera sezione prima di eseguire il rivestimento.

Degno di menzione nella costruzione della galleria è stato il consumo di esplosivo notevolmente superiore a quello normalmente richiesto da roccie di natura consimile a quelle attraversate.

Nella marna grigia specialmente, che si è dimostrata tenace e sorda, si è arrivati a consumare fino a kg 3,5 di gelatina dinamite Iª per mc di cunicolo di avanzata.

Altra difficoltà superata è stata quella frapposta da copiose e molto diffuse filtrazioni d'acqua nel tratto centrale del terzo tronco della galleria sotto il crinale della Rocchetta, tratto della notevole lunghezza di quasi tre chilometri fra i due attacchi.

### Particolari.

La galleria presenta alcuni punti particolari di maggiore interesse, e precisamente: quello nel primo tronco a monte, coll'attraversamento di un antico corso del fiume a ben 150 metri di profondità sotto l'altopiano; poi quelli degli attraversamenti delle valli laterali con grandi ponti-canale in carico, ed infine l'ultimo tratto in galleria parietale con interessanti fenomeni di plasticità della roccia.

Di qualche interesse possono essere anche un dissabbiatore tipo Dufour, che crediamo adottato per la prima volta in una galleria forzata, nonchè le opere di messa in carico, per lo sviluppo ad esse assegnato.

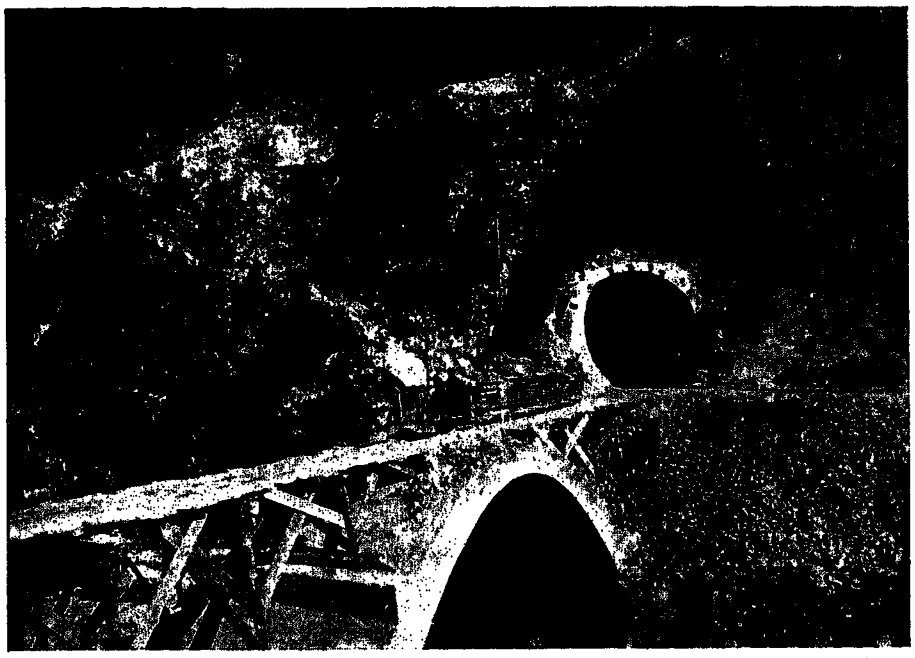


Fig. 6. - Imbocco della galleria alla Pongaiola.

### Attraversamento vecchio alveo del Noce.

Pur sviluppandosi la galleria alla notevole profondità di circa 150 metri sotto l'altopiano alluvionale di Mollaro ed avendo l'imbocco a Mollaro e lo sbocco nella valletta della Pongaiola completamente in roccia, che sovrastava per parecchie decine di metri la quota del piano della galleria, era stata affacciata, già in sede di studi preliminari, dal geologo Dott. G. Battista Trener, la possibilità che, coll'esecuzione della galleria, si andasse ad incidere uno degli antichi corsi del fiume, formatosi in epoca glaciale o preglaciale, e successivamente riempiti dalle alluvioni degli alti terrazzi. E difatti, all'atto esecutivo, si è attraversato effettivamente colla galleria uno di questi antichi letti incidendolo per un'ottantina di metri di lunghezza e passando poco sotto al fondo per l'estensione di circa 600 metri.

L'imbocco e lo sbocco di tale antico corso del fiume si erano già potuti individuare preventivamente, dall'esame delle intersezioni di questo letto tortuoso con quello dell'attuale burrone pressochè rettilineo e lo scavo della galleria ha potuto chiarire l'effettivo andamento intermedio che non si è scostato molto dalle previsioni, se non per l'ampiezza del letto, maggiore di quella prevista.

Il rilievo dell'andamento del fondo del vecchio letto, si potè completare con sondaggi in calotta della galleria e quindi fu possibile predisporre in conseguenza le opere murarie e l'anello armato della galleria stessa.

Una parziale sorpresa si ebbe invece nella quantità di acqua incontrata nell'incisione del materasso ghiaioso di riempimento del vecchio alveo, acqua che non sgorgava in alcun modo nella sezione di sbocco di esso nell'alveo attuale del Noce. Si deve ritenere che a valle della galleria una parte del materasso abbia assunto tale carattere di impermeabilità da farlo apparire completamente asciutto nella zona di incisione dell'attuale letto. L'acqua di pioggia raccolta dal vecchio alveo si è immagazzinata nel materasso in quantità notevole e noi dovevamo pomparla tutta nell'esecuzione della galleria.

L'apertura del cunicolo di avanzamento in cunetta nel materiale sciolto ricco d'acqua, solo in piccola parte conglomerato, si è dimostrata costosa ed irta di difficoltà. Si era tentato, prima di passare agli *allarghi*, la cementazione del materiale nella zona interessante tutta o parte della galleria, con iniezioni di latte di cemento a pressioni variabili da 6 a 70 atmosfere, ma con risultato scarso o quasi nullo per l'abbondanza di sabbia nel materiale alluvionale, tanto che si abbandonò tale tentativo.

L'acqua drenata dal cunicolo di avanzamento si aggirò sui 60 l/sec ed anche una sospensione di parecchi mesi del lavoro in quella zona, non portò a nessun esaurimento del vasto serbatoio sovrastante ed a nessuna pratica diminuzione dell'acqua filtrante.

Da esperimenti di misura della pressione dell'acqua nel tratto di galleria dove questa rasentava il fondo del vecchio alveo, si rilevarono pressioni dell'ordine di 2 atmosfere, sia prima, che dopo il periodo di sospensione del lavoro.

Fu quindi deciso di riprendere gli scavi attaccando un secondo cunicolo di avanzata in calotta e di eseguire quindi il lavoro di allargamento con i soliti metodi di scavo in materiale alluvionale in presenza di acqua diffusa e, con molta pazienza, adottando robuste armature, sezioni abbondanti di rivestimento e tutte le precauzioni suggerite da altri lavori consimili, come copertura con lamierini, feltri catramati ed altro, per proteggere i getti, si riuscì, con lavoro lento ma sicuro, a gettare successivamente la calotta, i piedritti e l'arco rovescio (lasciando in quest'ultimo una cunetta per il drenaggio delle acque) della camicia esterna non armata della galleria circolare e quindi a provvedere alla costruzione della camicia interna armata ed al riempimento della cunetta del fondo, adottando successive ture e tubazioni per lo smaltimento delle acque sul fondo.

La camicia armata è stata eseguita ad armatura semplice, con 10 cm di spessore, dove la galleria sfiorava la roccia dell'antico alveo, e con armatura doppia e 20 cm di spessore, nel tratto dove la galleria incideva il vero e proprio alveo dell'antico torrente.

Con opportuni drenaggi, muniti di valvole a clapet, si riuscì a concentrare in pochi punti le acque di filtrazione del letto superiore e anche ad eseguire l'intonaco lisciato a cazzuola rovescia (usando abbondantemente la soda).

Opportune iniezioni assicurarono il contatto fra l'anello esterno e quello interno armato e le successive visite, dopo parecchi mesi di esercizio, hanno dimostrato la riuscita dell'opera eseguita in condizioni difficili di lavoro.

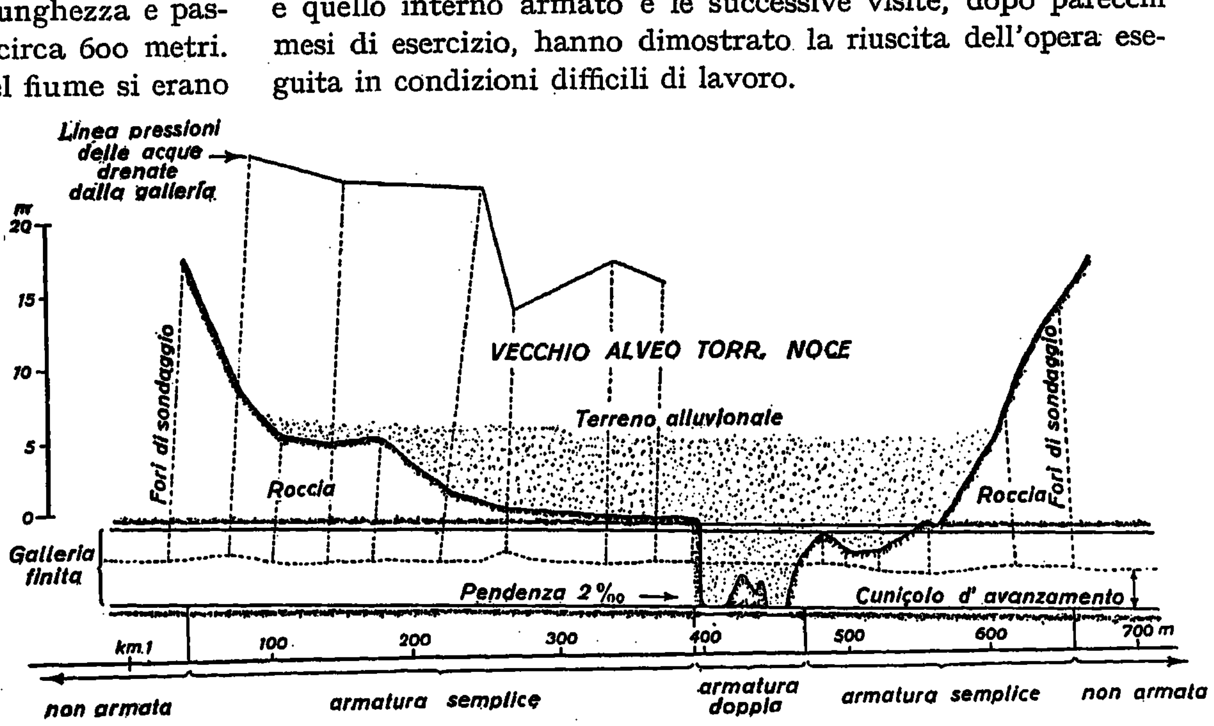



Fig. 7. - Profilo del terreno attraversato fra la progressiva a km 1 000 e la progressiva a km 1 700, in corrispondenza dell'antico alveo del Noce.

PONTI – CANALI.

Altro problema particolarmente interessante della galleria, è stato quello di mantenere la continuità della grande galleria forzata negli attraversamenti delle forre scavate dai torrenti Pongaiola e Rinassico.

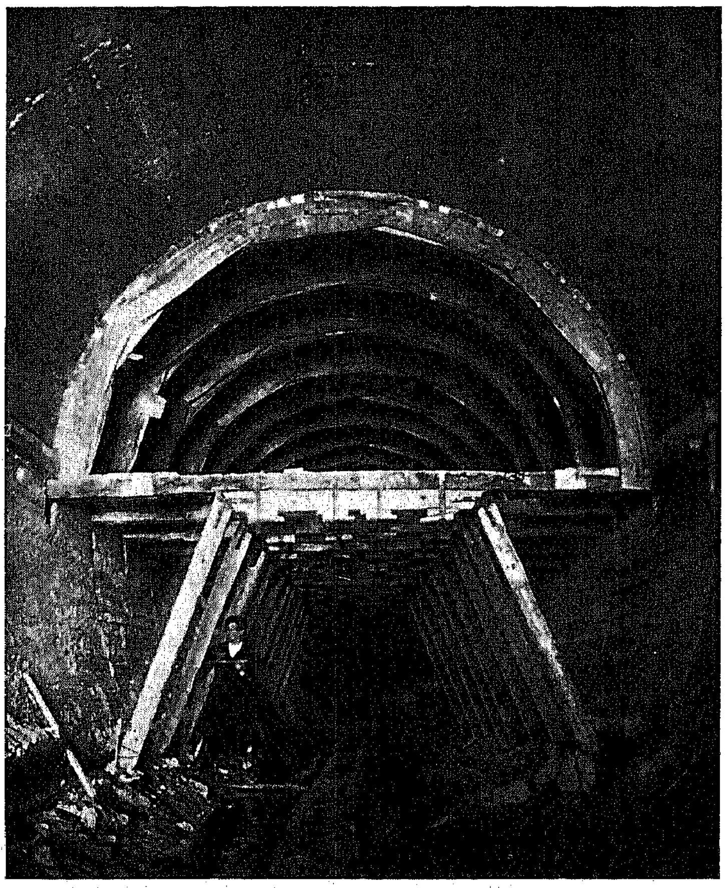


Fig. 8. - Getto della calotta.

Questa continuità è stata ottenuta mediante la costruzione di grandi tubi in calcestruzzo armato del diametro interno di m 5,00, atti a resistere ad un carico statico d'acqua di 19 e 23 metri ed alle possibili sovrapressioni, sostenuti da opportuni ponti ad arco, e precisamente da un ponte obliquo ad arco unico parabolico della luce di m 17,00 alla Pongaiola, e da un ponte a tre luci policentriche, di 10 metri di corda, sul Rinassico.

Su tali sottostrutture vennero disposte le due selle continue di appoggio convenientemente armate e con distanze angolari, sull'asse delle selle, di 56° e sugli spigoli esterni di 68°.

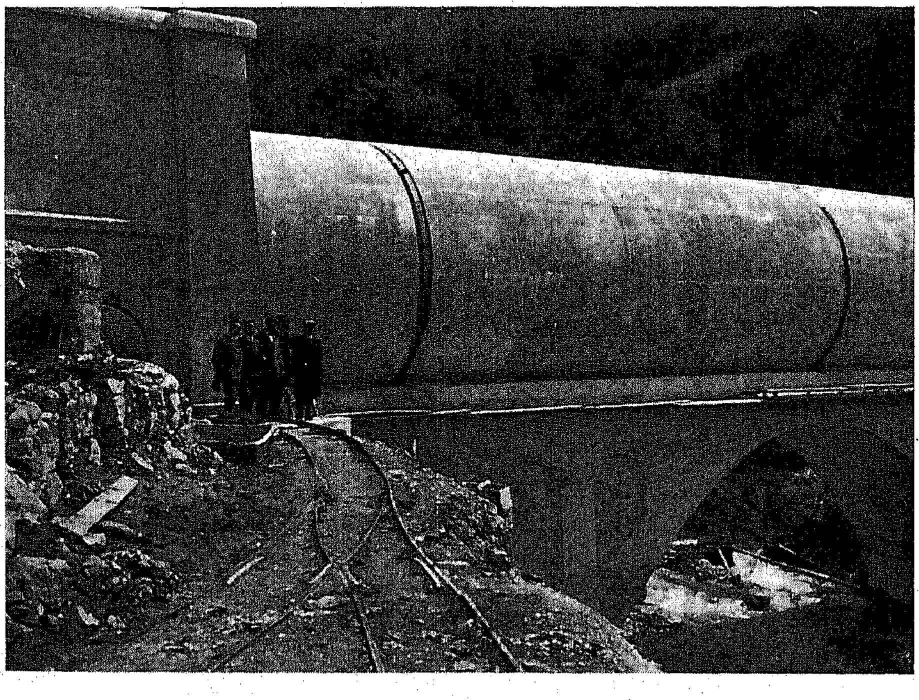


Fig. 9. - Ponte-canale della Pongaiola.

Per quanto riguarda le considerazioni teoriche di calcolo che portarono al dimensionamento ed all'armatura dei grandi tubi di 5 metri di diametro, ci riferiamo a quanto ampiamente esposto dall'Ing. Campini nei fascicoli V e VI - 1928, e II - 1932 de *L'Energia Elettrica* sul calcolo statico dei grandi tubi pensili in calcestruzzo armato e che riguardavano appunto lo studio fatto per l'esecuzione dei tubi in parola.

Il dimensionamento dei tubi adottato, per tenere conto delle varie sollecitazioni possibili e per evitare la formazione di incrinature, è stato quello di uno spessore uniforme di 40 cm della parte superiore del tubo e di uno spessore della metà inferiore del tubo variabile da 40 cm, in corrispondenza del diametro orizzontale del tubo, a quello di cm 50 in corrispondenza del vertice inferiore del tubo stesso.

Tale sezione è stata largamente armata con armatura doppia interna ed esterna, quest'ultima opportunamente rinforzata per la metà inferiore del tubo, ed il getto eseguito con calcestruzzo a 400 kg di cemento di 2ª qualità.

Fra tubo e selle, appositamente sagomate e lisciate a cazzuola rovescia, fu interposto un feltro catramato, accuratamente gra-

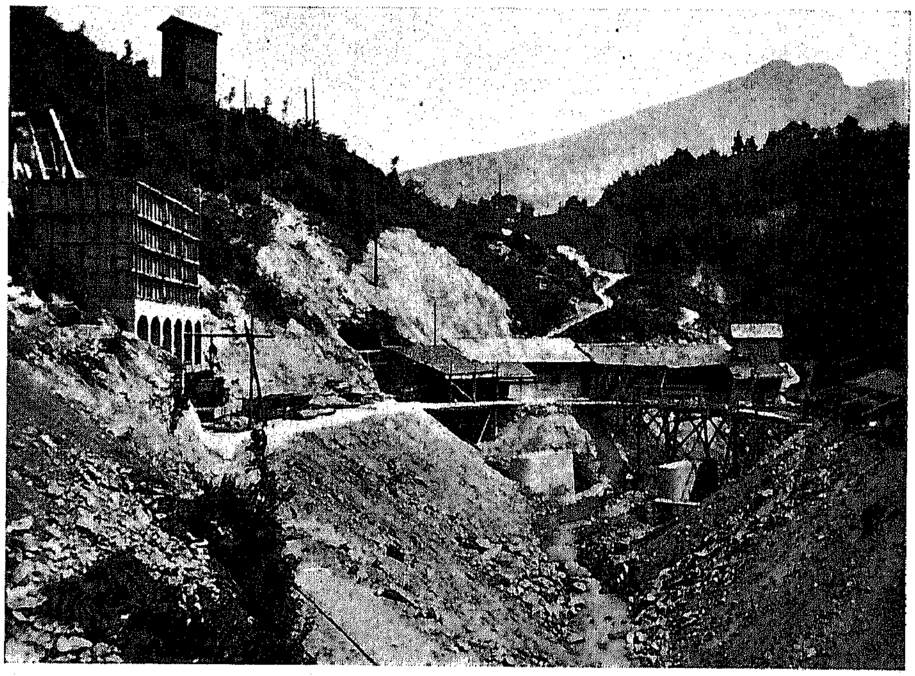


Fig. 10. - Cantiere del Rinassico - Impianto per la preparazione del calcestruzzo - imbocco Nord - scariche ecc.

fitato sul posto immediatamente prima del getto, onde realizzare il più possibile una opportuna superficie di scorrimento.

Ogni tubo, poi, venne suddiviso in quattro tronchi da tre giunti circolari ad onda di rame, i cui particolari risultano evidenti dal disegno.

Altra particolarità costruttiva è rappresentata dall'applicazione, ad un estremo dei tubi, di un grande passo d'uomo di ben m 1,70 di diametro, costituito da un tubo in ferro solidamente incastrato nel tubo in cemento armato che, in corrispondenza di esso, è stato rinforzato con due arconi circolari atti a sostenere la pressione ad essi trasmessa dal passo d'uomo e dal tratto di tubo corrispondente, le cui pareti sono state armate come una soletta appoggiata a due travi, rappresentate in questo caso dai due arconi laterali.

In corrispondenza poi dei passi d'uomo, è stato applicato anche uno scarico di fondo con tubi in ghisa, di 40 cm di diametro, chiusi da un'opportuna saracinesca.

Per evitare possibili dilatazioni di questo primo tratto del tubo, si è adottato, oltre l'incastro in roccia degli arconi laterali al passo d'uomo, anche la protezione del tubo da eccessivi sbalzi di temperatura con opportuni portali.

Per circostanze contingenti del lavoro, qualche elemento di tubo, fra giunto e giunto, è stato eseguito nella stagione invernale con temperature assai rigide; per superare tali difficoltà, si è costruito attorno una vera e propria baracca che, opportunamente riscaldata, ha permesso il getto anche colle avverse condizioni di temperatura esterna con cemento ordinario e con buon esito dell'opera.

I tubi sono stati intonacati all'esterno con intonaco a *frattazzo* ed all'interno con intonaco tirato a cazzuola rovescia.

L'esito pratico dei manufatti, anche dopo due anni e mezzo di esercizio, è stato buono, non essendosi praticamente riscontrate filtrazioni attraverso i tubi. Si è solo avuto qualche leggera filtrazione in corrispondenza di qualche giunto, dovuta principalmente a difetti di saldatura dei singoli settori dell'onda di rame. Si sono verificate poi delle crinature negli archi di sostegno del ponte del Rinassico, dovute probabilmente a ritiri dei getti ed al poco carico trasmesso dal tubo che, colle disposizioni dei giunti adottate, si è dimostrato in buona parte autoportante.

### Galleria parietale e prove sulla galleria in pressione.

L'ultimo tratto di galleria, che va dalla finestra di Maso Oliva alle opere di messa in carico, si sviluppa, come già accennato in precedenza, nella dolomia per una lunghezza di circa m 1 700 entro la grande parete a picco di sponda sinistra del Noce, poco a monte della sua confluenza nell'Adige.

Già in sede di scavo del cunicolo di avanzata e poi anche durante gli *allarghi*, si è notato che la roccia presentava numerose piccole caverne di grandezza variabile da qualche decimetro cubo, per la maggior parte di esse, a qualcuna che raggiungeva ed oltrepassava il mezzo metro cubo, comprendenti queste ultime qualche bella drusa di cristalli di calcite.

Oltre a queste piccole, ma numerose caverne, irregolarmente distribuite, si sono notate anche alcune inclusioni di strati marnosi nella dolomia.

Dati questi difetti riscontrati nella roccia si è stabilito, per mettersi al sicuro da ogni eventuale sorpresa, di assegnare alla galleria nel tratto meno buono della roccia, la sezione circolare con diametro maggiore (di 20 cm) di quello previsto per galleria ultimata, onde poter addivenire, in caso di necessità, alla costruzione di un tubo interno armato in tutto il tratto peggiore. Ultimato lo scavo si è provveduto al riempimento accurato in calcestruzzo delle caverne e cavernette della roccia ed inoltre all'applicazione diretta sulla roccia nei punti un po' spugnosi di uno strato di gunite ed in qualche punto ad una rinzaffatura a mano.

Si è poi proceduto all'esecuzione del rivestimento esterno in muratura di calcestruzzo semplice con uno spessore minimo di 30 cm (decidendo di soprassedere alla costruzione immediata del rivestimento interno in cemento armato), all'intonaco di questo primo anello di rivestimento ed alla intasatura, con numerose iniezioni a 6-7 atmosfere di pressione, fra l'anello e la roccia.

Appena il progresso del lavoro della galleria, delle opere di presa e della diga lo ha permesso, si è deciso di provare la galleria sotto carico.

Per far ciò, prima che la diga fosse ultimata, si è installato alla presa un impianto di pompe che, attingendo l'acqua dal serbatoio, tenuto allora per ragioni di lavoro attorno alla quota 335, pompavano l'acqua fino sopra la quota 349 onde permetterne l'immissione in galleria dal pozzo di sfiato retrostante alle paratoie di presa, opportunamente sbadacchiate ed intasate in modo da ottenere una buona tenuta in senso inverso a quella per la quale erano state costruite.

La chiusura a valle era affidata dapprima alle valvole a farfalla, all'inizio della tubazione, che presentavano qualche perdita, e poi alle valvole sferiche in fondo alla tubazione, che tenevano perfettamente.

Nelle due prove effettuate, le notevoli perdite riscontrate e i mezzi limitati a disposizione per l'immissione d'acqua (prima due e poi tre pompe per una portata complessiva di 360 l/sec) non hanno permesso di raggiungere il carico massimo (347) ma solo la quota 342. L'andamento di queste prove e le successive visite di controllo in galleria hanno lasciato incerti sulla localizzazione delle perdite, poichè le sole constatazioni positive che si sono potute fare sono state: 1) che coll'aumentare del carico le perdite crescevano rapidamente presentando un andamento lineare; 2) che nell'ultimo tratto di galleria, fra Maso Oliva e le opere di messa in carico, si era formata in calotta fra la serraglia ed il terzo superiore della galleria, una lesione longitudinale (ed in qualche tratto due) poco più che capillare ma quasi ininterrotta fra le progressive 700 e 1200 da Maso Oliva.

Fig. 11. - Diaframma sferico in costruzione per la prova della galleria per tronchi.

Queste incrinature, anche dopo iniettate, rimettendo pressione in galleria si riaprivano nuovamente e col crescere della pressione presentavano una tendenza ad estendersi e ad aumentare leggermente la loro apertura, restando però sempre poco più che capillari.

Per localizzare con più sicurezza le perdite ed individuarne la posizione e le cause, si è deciso allora di eseguire la prova della galleria a settori costruendo tre diaframmi per dividere la galleria in quattro tronchi distinti.

Questi diaframmi sono stati eseguiti in calcestruzzo semplice a calotta sferica con la corda di m 5 (corrispondente all'ampiezza della galleria), la saetta di m 1,20 e con 50 cm di spessore, usando cemento granito per avere maggior rapidità di presa.

Intanto si era provveduto ad aumentare i mezzi d'immissione d'acqua, impiantando una seconda stazione di pompe in corrispondenza di uno degli affluenti (Pongaiola), potendo così disporre di 5 pompe con una portata complessiva di circa 600 l/sec.

Si sono eseguite così, una dopo l'altra, le prove della galleria dalla presa alla Pongaiola, al Rinassico, a Maso Oliva e finalmente di tutta la galleria insieme, dalla presa alle opere di messa in carico.

Mentre i primi tre tronchi della galleria non hanno presentato nulla di anormale, con perdite limitatissime ed anzi con perdite leggermente minori dell'afflusso delle acque di filtrazione interne in galleria, il quarto settore ha presentato nella prova alla quota di massima pressione (347) una perdita dell'ordine di 400 l/sec mentre in una seconda prova eseguita 10 giorni dopo, durante i quali si è funzionato con le macchine in Centrale, la perdita è risultata aumentata e dell'ordine di 500 l/sec.

Nelle successive visite effettuate, mentre non si è riscontrato nulla di anormale nei primi tre settori della galleria, si è rilevato nel quarto oltre all'estensione e all'aumento delle lesioni lon-

gitudinali in calotta, anche l'apparire di lesioni all'attacco dell'arco rovescio col piedritto, sia a monte che a valle, con una zona di maggiore entità fra le progr. 900 e 1000 da Maso Oliva, aperte fino a mm 1,5.

Due giorni dopo la prima visita, si è potuto constatare che le fessure prima aperte si erano chiuse notevolmente fino a ridursi quasi capillari.

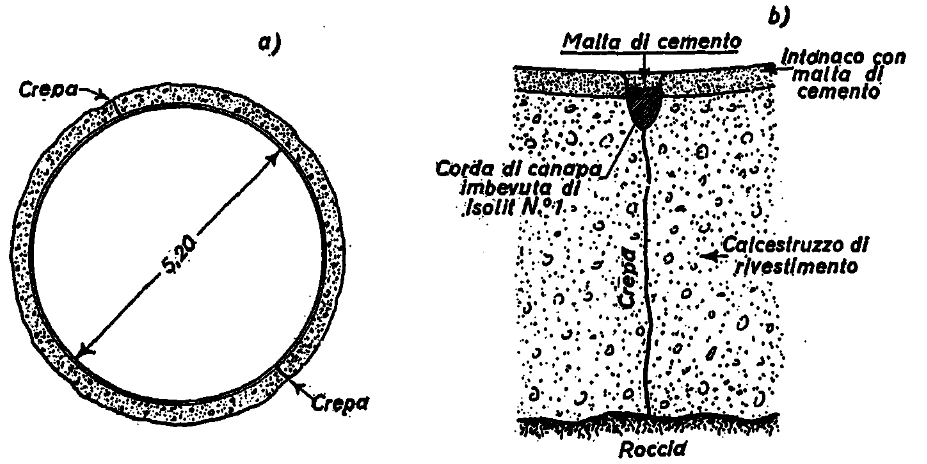



Fig. 12. - Galleria nel tratto fra Maso Oliva e Mezzocorona, posizione delle fessure riscontrate, sistema di chiusura delle fessure.

Questo fatto e la linea di frattura dell'anello di rivestimento quasi secondo una diagonale dal terzo calotta a monte all'attacco dell'arco rovescio a valle, autorizzava l'ipotesi di un cedimento elastico della roccia sotto l'azione della pressione idraulica con distacco conseguente dei due elementi semicircolari del getto e loro riaccostamento, quasi senza risalto, a pressione tolta.

La piccola entità delle fessurazioni, il nessun pericolo esistente per fughe d'acqua attraverso il grosso massiccio di roccia compatta, il mancato affioramento delle perdite, nonchè esigenze di rapida entrata in esercizio della Centrale, suggerirono di limitarsi ad un tentativo di sanare le principali lesioni con intaccatura o con lana di piombo compressa nel fondo o con sovrapposizioni di uno strato di Isolit plastico o più semplicemente coll'inzeppatura di questa apertura a V con una corda di stoppa imbevuta di Isolit plastico, procurando in ambedue i casi la copertura della materia plastica col ristabilire l'intonaco normale come prima.

Furono eseguiti m 100 di prova di tali stuccature cercando di consolidare il resto delle lesioni con iniezioni, che però in buona parte rifiutarono.

Per poter constatare l'eventuale movimento delle fessure, si sono studiati ed applicati una trentina di indici snodati, posti a cavallo delle fessure, che dovevano segnare su apposita placca di cera vergine l'apertura delle fessure, ampliandone l'indicazione in rapporto da 1 a 10.

Appena ultimati questi lavori si è riempita rapidamente la galleria e, prima di entrare definitivamente in esercizio, si è osservato per alcuni giorni il comportamento della galleria a quota bassa, 335 circa, con prove di calo, rilevando come a tale quota la perdita complessiva della galleria fosse minima; tenendo conto dell'acqua che entrava dalle numerose sorgenti interne, la perdita concentrata nel quarto settore della galleria doveva aggirarsi tuttavia sugli 80 l/sec.

Iniziato il regolare esercizio della Centrale nell'ottobre del 1929, si è mantenuto in un primo tempo il carico di 7-8 metri più basso del carico massimo ammissibile ad opera completamente ultimata, aumentandolo poi gradatamente col procedere della sistemazione delle paratoie alla diga.

Dopo tre mesi di esercizio si è potuto effettuare un'altra prova di calo della galleria alla solita quota bassa, 335 circa, dalla quale risultò che le perdite di galleria si erano mantenute sensibilmente uguali a quelle della prova precedente, pur essendosi nel corso dell'esercizio sottoposta la galleria ad una pressione notevolmente maggiore, cioè sino alla quota 346.

Dopo altri due mesi di esercizio si sono tentate altre prove di misurazione delle perdite della galleria dalle quali è risultato

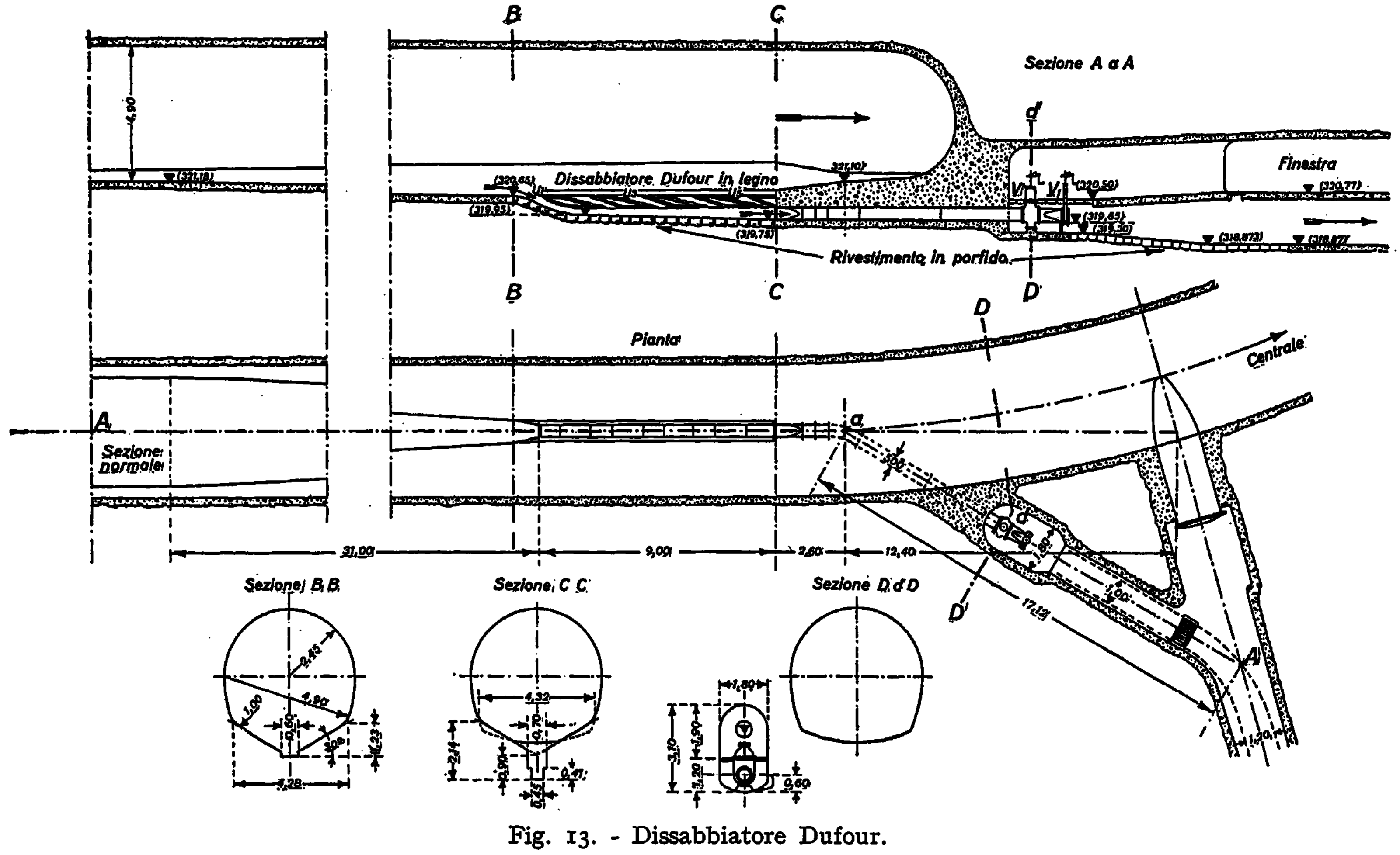



Fig. 13. - Dissabbiatore Dufour.

una stuccatura elastica ed a consolidare gli altri tratti con nuove iniezioni, in parte profonde, rimandando a dopo un primo periodo di esercizio della Centrale eventuali più costose e radicali riparazioni.

Per la sutura elastica delle lesioni si è provveduto ad una apertura a cuneo delle lesioni stesse e successivo riempimento della che la perdita riscontrata nelle prove precedenti, alla quota 335 circa, si aveva solo ad una quota notevolmente superiore e che alla quota massima di 347, la perdita di questo quarto tronco della galleria, doveva essere non molto superiore ai 100 l/sec.

Dopo altri quattro mesi di esercizio nei quali si è mantenuto per diverso tempo la quota massima di 347 nel serbatoio, fu

vuotata rapidamente la galleria. L'ispezione immediata ha confermato la maggior estensione delle crepe longitudinali sempre nel quarto tronco, rese più evidenti dalle pagliuzze impigliate nelle crepe, che si erano maggiormente aperte, mentre quelle di minor apertura erano intasate dal fango.

Dagli indici, che avevano funzionato abbastanza bene, si è potuto rilevare che nella zona intermedia le aperture massime delle fessure longitudinali (quelle in calotta a monte ed al terzo inferiore a valle) avevano raggiunto i due millimetri, mentre in generale l'apertura media era di circa un millimetro.

In seguito, si è riscontrato ancora la tendenza di tali fessure a rinchiudersi a galleria vuota.

Le fessure calafatate per prova avevano dato in complesso risultati soddisfacenti, poichè, pur essendosi leggermente riaperte, non avevano dimostrato di dar luogo al passaggio dell'acqua non avendo pagliuzze impigliate.

È stato quindi deciso di adottare il sistema della sutura delle crepe su più vasta scala e, mentre si ripassava tutto il resto della galleria, si sono eseguiti m 460 di sutura delle fessure della parte bassa della galleria e circa 50 m di sutura in calotta, nonchè numerose iniezioni in calotta, che però hanno assorbito poco.

Ultimate le riparazioni e riempita la galleria, si è fatta la solita prova di calo attorno alla quota 335, ottenendo il notevole risultato che, non solo l'acqua in galleria non calava, ma che, a quella quota, dalla galleria rifluivano 40 litri d'acqua al secondo, dovuti alla prevalenza degli afflussi interni sulle filtrazioni.

La Centrale ha ripreso a metà agosto del 1930 il suo funzionamento che continua ininterrotto senza che, a tutt'oggi, si siano riscontrati inconvenienti di sorta per le eventuali piccole perdite che potranno ancora esserci nel suddetto quarto tronco della galleria.

### Dissabbiatore Dufour in galleria forzata.

Date le grandi masse di acqua in moto e le probabilità di interrimento in pochi anni della maggior parte del bacino serbatoio in testa alla galleria, si è previsto in un prossimo futuro la possibilità che, oltre al limo finissimo in sospensione, potesse entrare in galleria anche della sabbia e del ghiaietto.

Colle variazioni poi di carico molto rilevanti della Centrale, la velocità dell'acqua in galleria può essere variabilissima (potendo andare da 0 fino a 3 ed in futuro anche fino a 4 m/sec); da ciò possono derivare successive ed alternate decantazioni di materiali in galleria e trascinamento degli stessi.

Per evitare che tale materia solida, anche se molto fina, possa arrivare alle macchine, si è pensato di dotare la galleria di uno scaricatore che potesse smaltire il fango ed altri detriti trasportati dall'acqua nella galleria e si è scelto il punto più vicino allo sbocco dove fosse possibile lo smaltimento dell'acqua di lavaggio.

Per questo venne fissata, dopo accurati studi, la finestra di Maso Oliva come più adatta allo scopo, sia per lo smaltimento delle acque, sia per la configurazione planimetrica della galleria in quel punto.

Invece di adottare un comune scaricatore di una sacca creata in galleria, la cui efficacia sarebbe stata incerta, si è pensato di munire questa sacca di un apparecchio dissabbiatore Dufour sul tipo di quelli già comunemente adottati nella pratica per lo smaltimento dei materiali solidi portati da canali a pelo libero.

Per adattare il solito scaricatore Dufour al caso nostro di una galleria forzata, è stato studiato dal titolare del brevetto il modo di adeguarlo alle nuove e non ancora esperimentate condizioni di funzionamento, dotandolo specialmente di un doppio sistema di chiusura manovrabile dall'esterno per la regolazione dell'acqua da lasciar defluire per lo smaltimento delle materie solide. Nacque così la disposizione di scarico che risulta dai disegni. Per lo smaltimento dell'acqua è bastato l'approfondimento e la sistemazione della finestra già scavata per la costruzione della galleria.

Poichè da una parte le attuali condizioni dell'impianto permettono solo derivazioni di masse d'acqua ridotte e la grande capacità del lago serbatoio, ancora lontano dall'interrimento, non permettono l'entrata in galleria che di particelle finissime di fango in sospensione e d'altra parte si è riscontrato qualche inconveniente negli organi di chiusura adottati per lo scarico dell'acqua di lavaggio, non si è potuto finora controllare il funzionamento e l'efficacia del provvedimento preso, nè stabilire

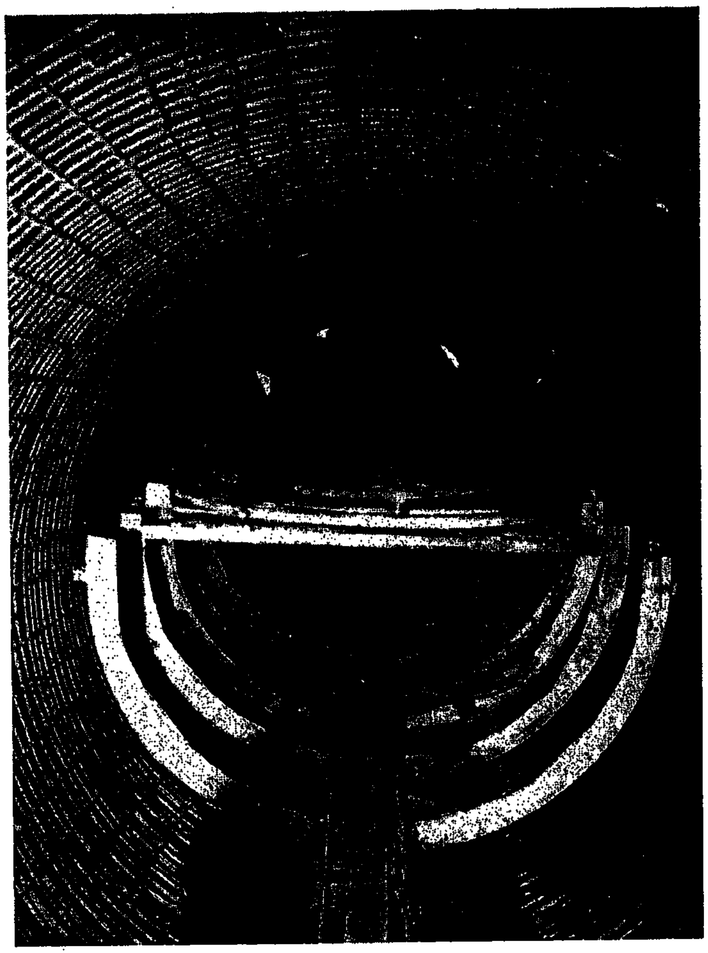


Fig. 14. - Galleria inclinata dal pozzo piezometrico alla camera delle valvole, con rivestimento in cemento armato a doppia armatura.

se la quantità del materiale erogato si avvicini o meno alle previsioni del Dufour che contava poter eliminare circa un litro di materiale solido per ogni metro cubo d'acqua defluente.

Finora il dispositivo è stato usato in modo saltuario aprendolo nei periodi delle torbide per poche ore alla volta.

In questi esperimenti si è constatato che nella prima ora di funzionamento esso smaltisce una notevole quantità di sabbia fine, limo, foglie, rametti, ecc., nelle ore successive invece l'asporto è assai limitato. Ciò è dovuto al fatto che nel periodo di inazione si riunisce lentamente nel canale di spurgo del dissabbiatore il materiale trascinato che viene smaltito nel primo periodo di apertura; successivamente invece il materiale da asportare è solo quello che può arrivare man mano al dissabbiatore, trasportato, o meglio trascinato, sul fondo dall'acqua, materiale che attualmente è in quantità ben piccola per le suaccennate condizioni del serbatoio.

### Opere di messa in carico.

Uno sviluppo notevole e non comune hanno avuto le opere di messa in carico dell'impianto, alle quali è stato dato l'assetto attuale in seguito a numerosi studi sul comportamento dei pozzi e camere d'oscillazione di diversi impianti.

Si trattava di costruire un complesso di opere che, oltre ad assicurare alle grandi masse di acque in gioco (60 e anche 80 mc/sec, con a monte una galleria forzata di oltre 9 km di lunghezza e mq 20 di sezione) la necessaria capacità di espandersi per un arresto brusco di tutto l'impianto senza sopraelevazioni

eccessive, presentasse anche disposizioni atte a moderare e spegnere le oscillazioni di massa che si formano col variare del carico in Centrale alle diverse quote d'invaso del serbatoio.

Per i bruschi richiami d'acqua può bastare la sola galleria sen-

Il problema costruttivo è stato quello di ricavare le notevoli capacità, necessarie allo scopo, tutte in roccia che, per quanto sana, presentava però qualche caverna e qualche diaclasi. Da queste varie ragioni è risultata la disposizione esecutiva del pro-

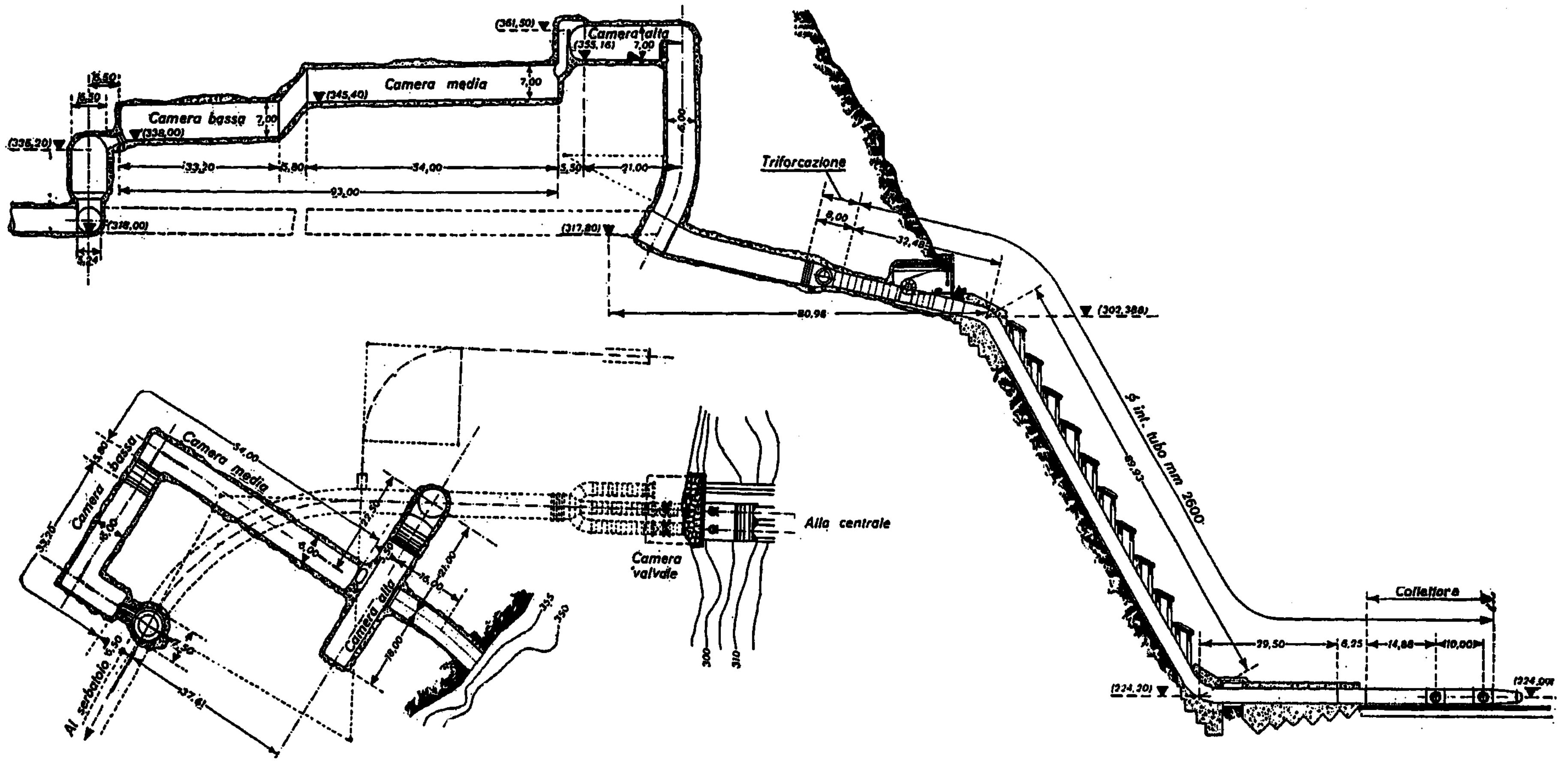



Fig. 15. - Pozzi piezometrici e camere di oscillazione.

za ampliamenti speciali, dato che il suo ultimo tratto, in questo caso, può funzionare parzialmente da vasca.

Per favorire il richiamo, a questo ultimo tratto, è stata data una pendenza maggiore che al rimanente della galleria, ossia

getto, che consiste essenzialmente in un pozzo principale di tutta altezza, ma del diametro relativamente piccolo di m 6, posto all'estremità della galleria, sfiorante alla sua massima altezza in una camera alta, di mc 1300 di capacità (atta a conte-

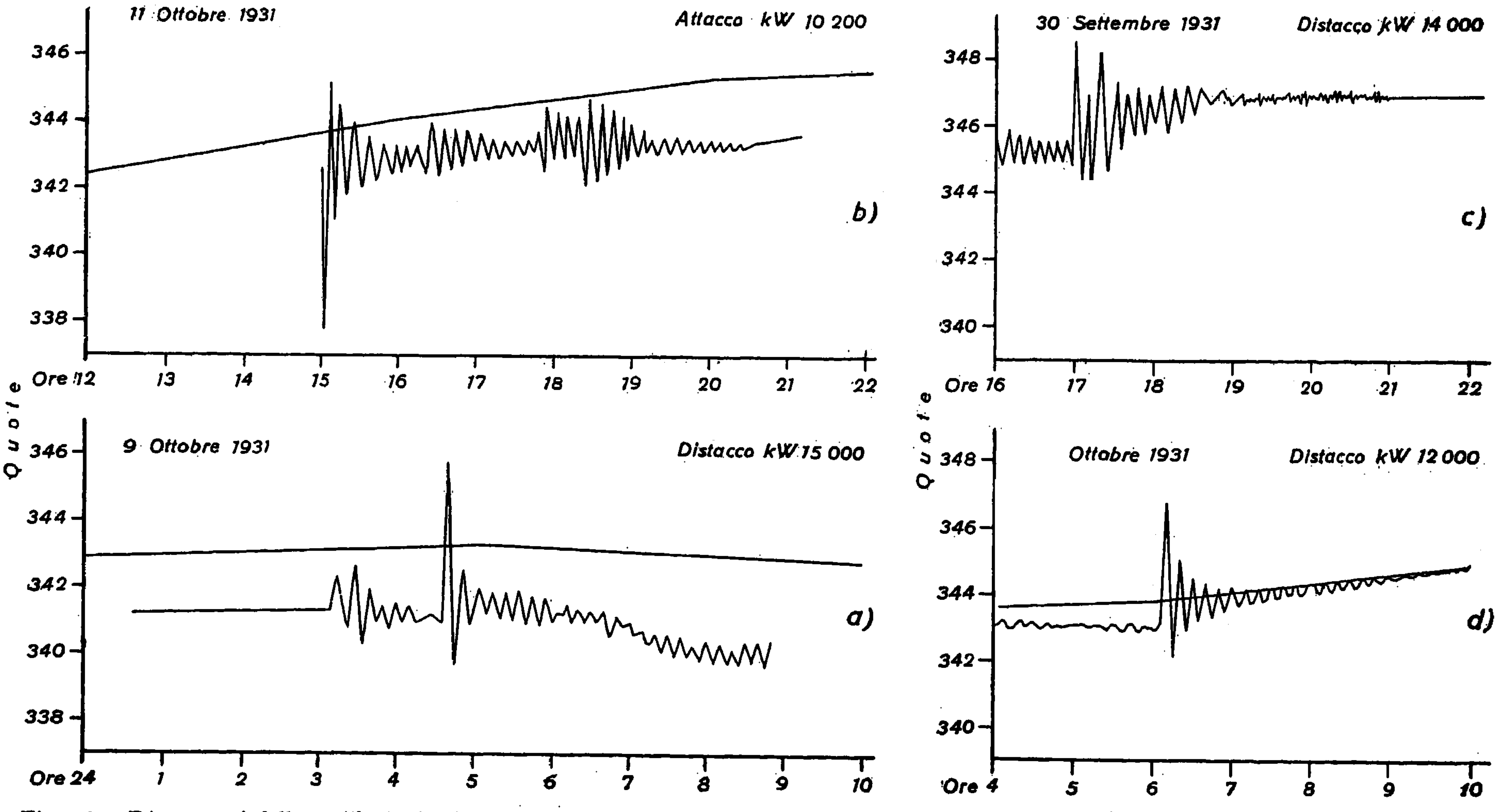



Fig. 16. - Diagrammi delle oscillazioni nel pozzo piezometrico, rilevati col manometro registratore, in alcuni casi di attacco e di distacco di carico (la linea continua indica il livello contemporaneo del serbatoio di Mollaro).

del 2‰, e la sua capacità come vasca ha avuto un notevole aumento indiretto dal fatto che, per le ragioni sopraesposte, si è data alla stessa una sezione maggiore di quella preventivata e cioè un diametro di m 5,20 anzichè di m 5.

nere le espansioni provocate da bruschi distacchi in Centrale), e da un secondo pozzo di limitata altezza, ma di diametro maggiore, cioè di m 7,50, più internato nella roccia sana, sboccante a mezzo di una strozzatura tarata (in modo da poter portare

20 mc/sec con un carico di $7 \div 8$ metri) in un sistema di camere inferiori aventi una capacità di mc 3400, e disposte in due piani diversi corrispondenti al massimo e minimo invaso del serbatoio, atte all'assorbimento delle oscillazioni di massa.

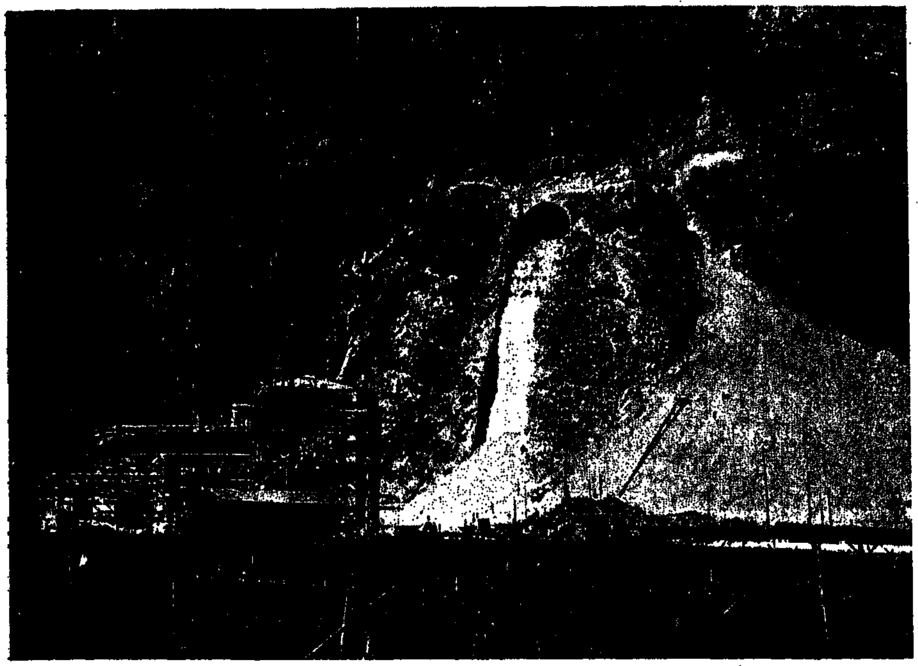


Fig. 17. - Sbocco della galleria a Mezzocorona; scarica dalle finestre, camera delle valvole, sede della condotta, centrale in costruzione.

Le camere, inferiori e superiore, sono poi collegate opportunamente fra di loro mediante pozzi e sfoghi in modo da utilizzare tutta la capacità delle camere stesse e sono a loro volta collegate per mezzo di una breve finestra di aereazione coll'esterno, posta a quota tale da assicurare la trattenuta d'acqua fino a quota 361 (14 metri sopra il massimo invaso) e da permettere in un caso catastrofico la tracimazione di una notevole quantità di acqua senza danni di una certa entità.

Tutto il sistema dà il più grande affidamento che siano escluse tracimazioni per l'eventualità di un brusco arresto della Centrale funzionante a pieno carico con un assorbimento di 60 mc/sec di acqua; però anche nel caso che si volesse sfruttare al massimo la capacità di convogliamento della galleria, che spingendo la velocità fino a 4 m/sec potrebbe arrivare a 80 mc/sec, basterebbe ampliare la camera superiore di circa mc 2400 per evitare, anche in questo caso, ogni tracimazione dalla finestra di sfogo.

L'adozione delle camere intermedie che, come si è detto sopra, hanno lo scopo di smorzare le oscillazioni, è stata dettata dal fatto che, dato il salto medio relativamente basso (125 metri) dell'impianto, le grandi masse in gioco ed i rapporti di sezione fra gallerie e pozzi, senza queste camere intermedie le oscillazioni che si sarebbero formate in seguito a variazioni di carico avrebbero avuto tendenza ad amplificarsi, anzichè a smorzarsi, come succede normalmente per salti elevati e portate limitate.

Il fenomeno di amplificazione è dovuto all'adozione dei regolatori delle turbine e, per quanto tale fenomeno sia assai ridotto quando l'impianto è in parallelo con altri impianti e possa anche essere evitato con speciali manovre in Centrale sui regolatori delle turbine, si è però ritenuto opportuno combattere tale inconveniente in qualsiasi periodo in cui esso potesse prodursi col creare le due grandi camere intermedie collegate al pozzo più a monte a mezzo di una strozzatura.

L'impianto è in funzione già da qualche anno, però con due sole macchine installate delle quattro previste, perciò presenta solo la possibilità di un'erogazione massima normale di 32 mc/sec e in via del tutto eccezionale di $(36 \div 38)$ mc/sec. Non si è quindi

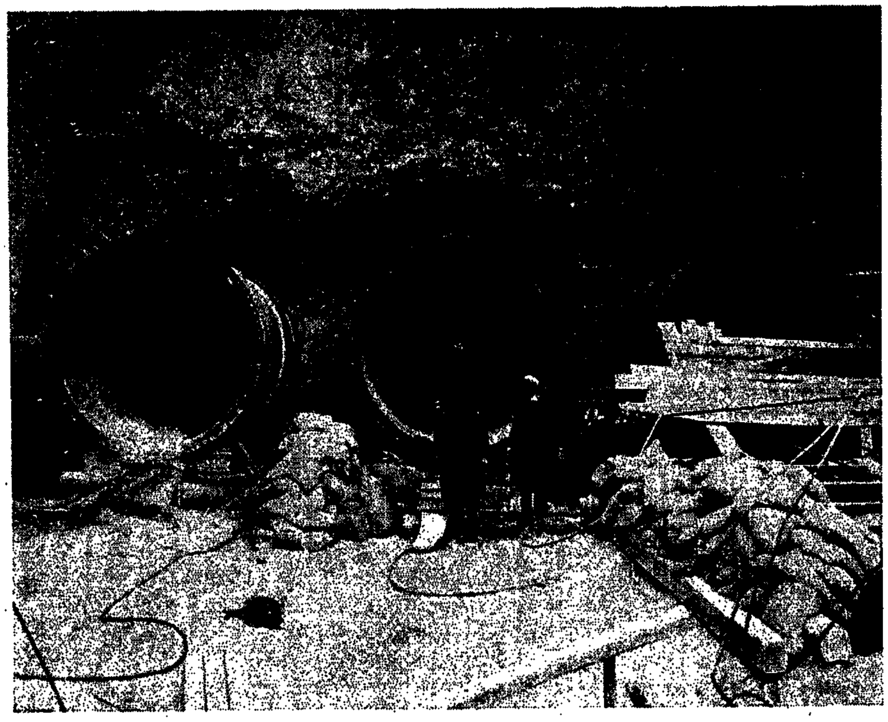


Fig. 18. - Impianto di Mezzocorona. Triforcazione della condotta forzata.

potuto finora constatare l'azione integrale delle opere di messa in carico. Però, dalle osservazioni finora fatte, si può affermare che praticamente non si sono avuti inconvenienti per oscillazioni di massa dell'acqua in galleria, nè sovralzi eccessivi per distacchi anche notevoli di carico.

Oscillazioni di notevole durata, ma di ridotta ampiezza, si sono osservate solo in fase di attacco di carico, però anche queste con netta tendenza allo smorzamento.

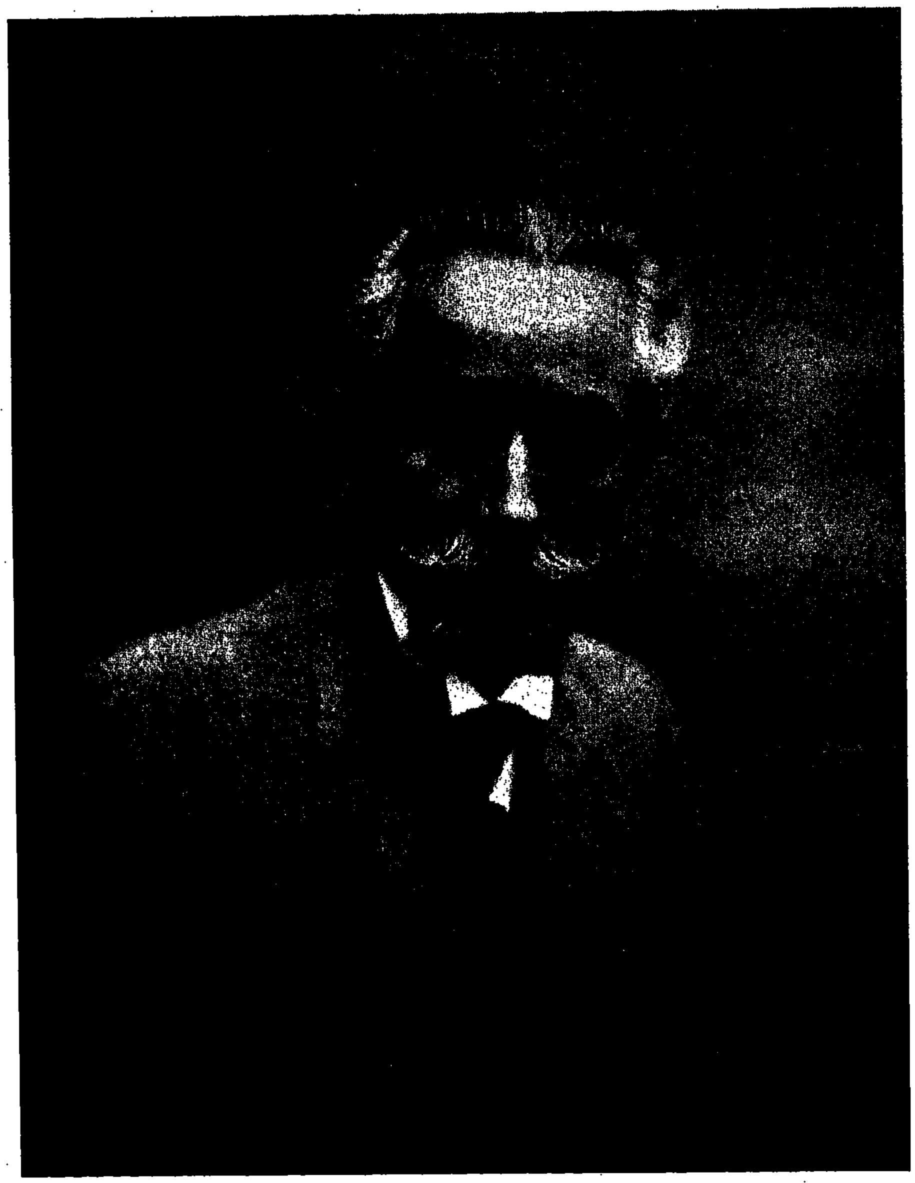
DOTT. ING. CARLO DE RICCABONA.

# Gaetano Ganassini

Dopo breve malattia, si è spento in Milano nelle prime ore del 28 aprile il Prof. Ing. Gaetano Ganassini.

Il lutto è grave per l'Industria idroelettrica italiana, che perde con Lui uno dei suoi migliori.

Gaetano Ganassini aveva dedicato il fiore della sua nobile vita ad un alto ideale: la valorizzazione delle nostre risorse idrauliche. E muore dopo aver visto la Patria porsi all'avanguardia fra le nazioni d'Europa in quel campo nel quale Egli ha con tanto entusiasmo operato e combattuto e nel quale lascia traccia così profonda.



Ancora nel vigore di una fiorente maturità, Egli fu sino a ieri sempre e dovunque presente dov'era un problema da studiare, una parola da spendere, una jattura da evitare. Di prodigiosa attività, Egli profuse tutto sè stesso nella propaganda e nell'azione, come un apostolo.

Ingegno fervido e fecondo, era insieme uno scienziato, un tecnico ed un umanista.

Di vastissima coltura in ogni campo, matematico ed artista, topografo come grande progettista, entusiasta sempre del suo lavoro, Egli era il prototipo dell'italiano intelligente, attivo e pratico. Posto davanti ad un problema se ne immedesimava come farebbe un poeta di una grande idea: e lo perseguiva e lo curava sapendone cogliere il meglio e l'utile, con l'amore d'un artista e la tenacia di un uomo d'affari.

Era *ingegnere* nel senso completo della parola, che vuol dire *creatore*. A Lui, al Suo coraggio, alla Sua genialità, alla Sua tenacia il Paese deve molte di quelle opere idrauliche che formano un nostro incontrastato vanto. Il Suo nome era noto ed apprezzato anche fuori dai confini della Patria: e la notizia della Sua morte avrà una eco profonda ovunque i problemi a Lui cari formano oggetto d'attenzione e di studio.

Egli potè ben dire: « *non omnis moriar* »; restano a testimonio durevole della Sua fatica *trentasei* impianti importanti destinati all'utilizzazione dei nostri corsi d'acqua, *diciassette* dighe, alcune delle quali imponenti, numerose opere minori.

Egli ormai dorme nell'eterna pace: cerchiamo di onorarne l'onesta memoria difendendone l'opera e rendendone fruttifero il nobile esempio. L'universale compianto per Lui buono, probo e geniale renda men penoso il pianto ai Suoi famigliari ai quali lo legava un affetto sconfinato, ed attenui ai moltissimi che lo amarono il dolore della Sua immatura dipartita.

*L'E. E.*

---

Il Prof. Ing. Gaetano Ganassini era nato a Pavia il 20 agosto 1875. Suo padre, oriundo del Veronese, arruolato militare dall'Austria, si trovò con altri lombardi sul campo di Magenta, e con gran parte di questi passò durante la battaglia all'esercito franco-piemontese: dopo il trattato di Villafranca non potendo rientrare nel Veneto si stabilì a Pavia dove esercitò onoratamente e per quarant'anni la professione di Notaio.

Gaetano Ganassini percorse gli studi classici a Pavia e si laureò ingegnere civile nel 1899 a Torino, e nel 1900 vi prese il Diploma di Ingegnere elettrotecnico.

Rimasto per poco tempo a Torino nello studio di un distinto topografo, l'ing. Soldati, dove potè affermare le qualità naturali che ne facevano un eccellente rilevatore di terreni, fu nel 1901 preso come primo collaboratore dal Prof. Zunini, pioniere dell'industria idroelettrica.

Sotto l'esempio del valoroso Maestro, Egli trovò la Sua strada, alla quale lo avviavano le Sue singolari qualità personali. E si diede con tutte le forze allo studio delle costruzioni idrauliche, e principalmente a quelle idroelettriche. Da allora la Sua brillante carriera mantenne questa direttiva, acquistandovi una competenza di prim'ordine.

Per trentadue anni Egli non fece che studiare e costruire impianti, combattendo battaglie, svolgendo una propaganda instancabile, sempre presente dove era da difendere o da appoggiare il progresso e lo sviluppo dell'industria idroelettrica.

Ebbe incarichi importanti in Italia e fuori, sempre facendosi onore: pubblicò numerose monografie di interesse scientifico e tecnico, e fu per più anni Membro del Consiglio Superiore dei LL. PP., della Commissione Reale per le Irrigazioni, del Consiglio Superiore dell'Agricoltura, della Commissione Dighe e Presidente del Consorzio dell'Oglio. Libero docente in Costruzioni idrauliche tenne per parecchi anni l'incarico dell'insegnamento di Costruzioni idroelettriche nel nostro Politecnico. Conseguì nel 1929 la Medaglia d'Oro « Gallizia » per la migliore Monografia del triennio. Altra Medaglia d'oro aveva avuto all'Esposizione di Milano del 1906 il progetto per l'Aveto redatto in collaborazione col Prof. Zunini. Consulente tecnico di gran numero di Società elettriche, compresevi le più importanti, di Consorzi e di privati, anche stranieri, fu chiamato più volte in Spagna, in Algeria, in Albania, nelle nostre Colonie per pareri e per l'esame di progetti.

Ricorderemo, fra le geniali Sue creazioni, il « metodo della curva idrodinamica » per lo studio razionale delle utilizzazioni idroelettriche, ed altri studi importanti.

Membro di numerose Commissioni nelle quali era ascoltatissimo, prendeva attiva parte ai lavori della Sezione tecnologica della UNFIEL, e più volte onorò la nostra Rivista con interessanti articoli, che furono citati dalla stampa tecnica straniera.

Fra le opere più importanti da Lui eseguite od alle quali ha contribuito e che Egli lascia, a memoria della Sua fervida ed intelligente attività, citeremo le dighe degli impianti del Parmense, costruite in parte come collaboratore del Prof. Zunini; quelle del Vannino, del Chiusella, del Dolo; gli impianti di Pont St. Martin, di Cedegolo (Bresciana), di Mazzunno, di Quincinetto, di Crego, di Selvanizza, di Valdo, di Crevola, di Cadarese, di Salsominore, di Cardano, ed altri molti.

Non si mosse mai per conseguire onorificenze: di recente era stata proposta la Sua nomina a Cavaliere del Lavoro: insegna che pochi posson vantare d'avere com'Egli avrebbe meritato.

ING. P. L. BELLASCHI
DELLA WESTINGHOUSE ELECTRIC & MFG. CO.
(Sharon, Pa. - S. U. A.)

# Trasformatori a mantello antirisonanti (*)

## I. – INTRODUZIONE.

Gli studi sulle sovratensioni di origine atmosferica hanno permesso in questi ultimi anni di arrivare a una maggiore e più pratica comprensione dei problemi fondamentali (1). Questi studi possono convenientemente classificarsi in tre parti e cioè: *a*) Ricerche teoriche e di laboratorio; *b*) Ricerche in linea con sovratensioni naturali e artificiali, e correlazione fra disturbi di origine atmosferica nelle reti elettriche e statistiche di esercizio; *c*) Applicazione dei principi fondamentali dedotti da *a*) e *b*) al calcolo delle linee di trasmissione e del macchinario e apparecchiature delle sottostazioni.

Il primo risultato tecnicamente interessante di tutte queste ricerche è stato l'applicazione del principio del coordinamento; in altre parole gli spazi esplosivi di protezione (scaricaritori), gli isolatori di linea, i passanti e gli avvolgimenti dei trasformatori presentano agli impulsi una resistenza gradatamente crescente dal primo all'ultimo elemento. Secondo la pratica attuale americana, gli scaricatori hanno una distanza esplosiva ben definita per ogni classe di tensione delle macchine e apparecchiature da proteggere e sono collocati a non più di 30 metri da queste, collegandoli alla stessa terra. In tal modo si viene a stabilire la tensione d'impulso normale per ogni classe di tensione. Le distanze esplosive di protezione oggi generalmente raccomandate sono le seguenti:

| *Classe di tensione* kV | *Distanza esplosiva* cm |
|---|---|
| 220 | 163 |
| 154 | 113 |
| 132 | 97 |
| 110 | 80 |
| 88 | 64 |
| 66 | 48 |

Lo scaricatore normale ha gli elettrodi formati da sbarre a sezione quadrata di cm 1,3 di lato e con estremità pure quadrate, montati su isolatori a colonna e sporgenti da questi di un tratto uguale alla metà dello spazio esplosivo. In pratica, per tensioni sopra 66 kV, si possono usare in luogo dello scaricatore a punte, scaricatori sia a corona che ad anelli con la stessa distanza esplosiva.

Il secondo risultato pratico che gli ingegneri americani cercano di raggiungere è la riduzione del numero di interruzioni provocate sulle linee di trasmissione da sovratensioni di origine atmosferica e da colpi di fulmine diretti (2). Si raccomanda a questo scopo l'impiego di uno o preferibilmente di due fili di guardia e di resistenze di terra basse per le basi dei sostegni, e l'adozione di un forte isolamento rispetto alle onde a fronte ripido fra conduttori e sostegni e fra conduttori e fili di guardia.

Il terzo contributo allo sviluppo delle protezioni contro le sovratensioni si è avuto con la costruzione di trasformatori atti a resistere agli impulsi di tensione (3) (8). Il presente articolo descrive appunto i principali risultati recentemente raggiunti nella costruzione di trasformatori a mantello antirisonanti.

Per molti anni i tecnici hanno discusso sui meriti rispettivi dei trasformatori a nucleo interno e a mantello ed ancor oggi entrambi i tipi sono adottati per la costruzione dei più grandi trasformatori del mondo. Il nostro articolo non si propone di ripetere argomenti già ben noti, ma di prospettare altri vantaggi recentemente scoperti del tipo a mantello, in relazione alla facilità con la quale questo tipo ha potuto esser reso praticamente resistente alle sovratensioni. La soluzione di due semplici problemi fondamentali ha permesso di migliorare enormemente la resistenza dielettrica, allo scopo di aumentare la resistenza alle sovratensioni di origine atmosferica; di più, tale soluzione non ha richiesto aggiunta di apparecchi ausiliari o altre complicazioni, come invece è stato necessario per migliorare la resistenza agli impulsi dell'ordinario tipo di trasformatore a nucleo interno (8). Diventa dunque più che mai desiderabile che i tecnici riesaminino alla luce di questi nuovi sviluppi i vantaggi della costruzione a mantello per grossi trasformatori ad alta tensione.

## II. – CARATTERISTICHE E RESISTENZA ALLE SOVRATENSIONI DEI TRASFORMATORI.

Nella costruzione di trasformatori resistenti agli impulsi bisogna risolvere due problemi fondamentali. Il primo è di provvedere a una distribuzione uniforme della tensione d'impulso in quella parte dell'avvolgimento e dell'isolamento nella quale viene assorbita la maggior parte della sovratensione.

La ripartizione iniziale o elettrostatica di un'onda a fronte retto in un avvolgimento dipende dal sistema equivalente di capacità dell'avvolgimento. Nel caso di un avvolgimento composto di $N$ bobine in serie, essendo $C_c$ la capacità fra due bobine adiacenti e $C_g$ quella fra ogni bobina e la terra, come nella fig. 1,

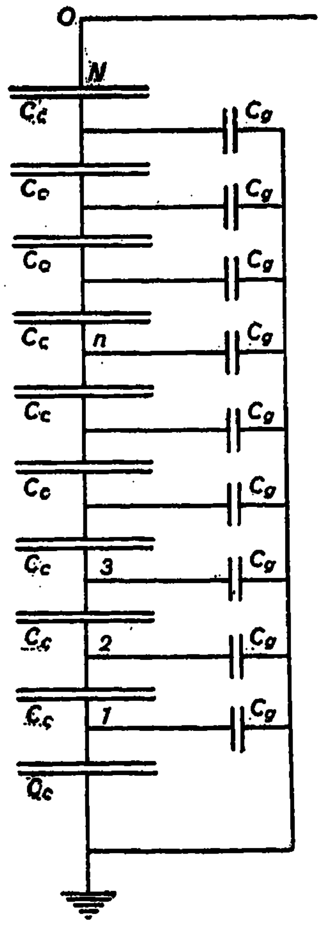



Fig. 1. - Sistema equivalente di capacità di un avvolgimento.

(*) I numeri delle note si riferiscono alla bibliografia riportata in fondo all'articolo.

la distribuzione della tensione d'impulso è data dalla:

$$e_{ng} = e_{og} \frac{\text{sh } \alpha \frac{n}{N}}{\text{sh } \alpha}$$

dove

$e_{og}$ = tensione d'impulso fra linea e terra;

$e_{ng}$ = tensione fra un elemento di bobina $n$ e la terra

$$\alpha = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}, \; C_1 = C_g N \text{ e } C_2 = \frac{C_c}{N}$$

Queste semplici relazioni matematiche hanno anche un significato fisico e cioè che una colonna di bobine corta e formata di bobine di grande diametro presenta una capacità complessiva $C_2$ grande rispetto alla capacità verso terra $C_1$, in modo che si ha una distribuzione uniforme della tensione d'impulso nell'avvolgimento. Questo risultato si raggiunge dunque in un trasformatore a mantello con un opportuno dimensionamento delle bobine. Da calcoli fatti per un gran numero di trasformatori a mantello ad avvolgimenti separati si è rilevato che $\alpha$ varia fra 0,5 e 1,5; pertanto trasformatori di questo tipo presentano sempre una distribuzione uniforme della tensione d'impulso.

Il secondo problema è illustrato dalle prove fatte con la disposizione della fig. 2. Questo semplice esperimento dimostra

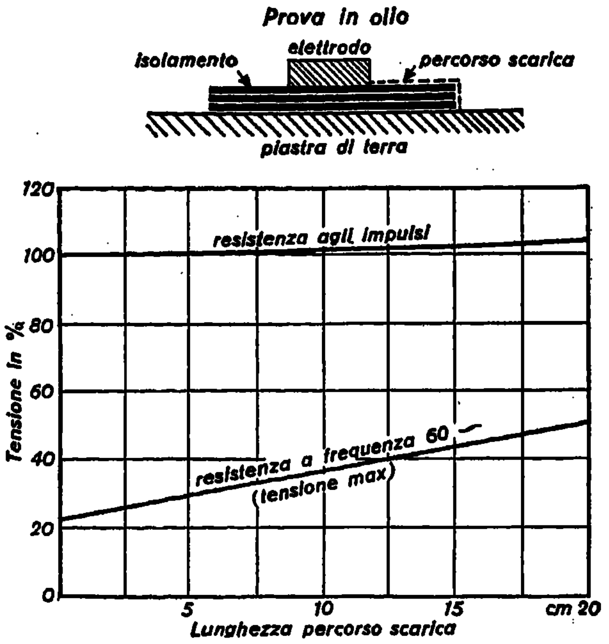



Fig. 2. - Resistenza dielettrica di una superficie di scarica con tensione a frequenza di 60 ~ e con impulsi di tensione.

che un isolamento basato sulla distanza di scarica superficiale, mentre è soddisfacente dal punto di vista della resistenza a frequenza normale, presenta un comportamento agli impulsi ben diverso. Una scarica sotto impulso che ha inizio alla superficie di un cartone isolante o di un materiale analogo, tende facilmente a svilupparsi su tutta la superficie. Considerando il problema nel suo complesso, si arriva alla conclusione che un alto valore della resistenza agli impulsi, per un dato spessore di isolante fra l'elettrodo e la terra, si può ottenere solo come resistenza alla perforazione; per conseguenza, per arrivare a un tipo soddisfacente di trasformatori antirisonanti, si è dovuto fra l'altro risolvere il problema dell'eliminazione delle superfici di scarica nella struttura isolante di un avvolgimento.

La fig. 3 illustra schematicamente, per mezzo di una sezione trasversale, l'applicazione dei due principî suddetti a un trasformatore monofase a mantello, ad avvolgimenti separati, con neutro direttamente a terra e con isolamento graduato. L'avvolgimento ad alta tensione consiste di una colonna corta di bobine a forte diametro ed è messo a terra alla bobina di estremità più grande, che è adiacente al nucleo ($V$) e all'avvolgimento a bassa tensione ($IV$); alla bobina di estremità più piccola, l'avvolgimento è collegato alla linea e allo schermo statico ($II$). Lo scopo dello schermo statico metallico $II$ all'estremità verso la linea è di facilitare la penetrazione delle sovratensioni nella bobina vicino alla linea e nell'avvolgimento, eliminando così la nécessità di aumentare l'isolamento nelle spire di estremità. La disposizione descritta, con lo schermo statico e la colonna corta con bobine di grande diametro, ha per effetto una distribuzione uniforme della sovratensione nell'avvolgimento, giustificando così un isolamento di spira uniforme per tutto l'avvolgimento.

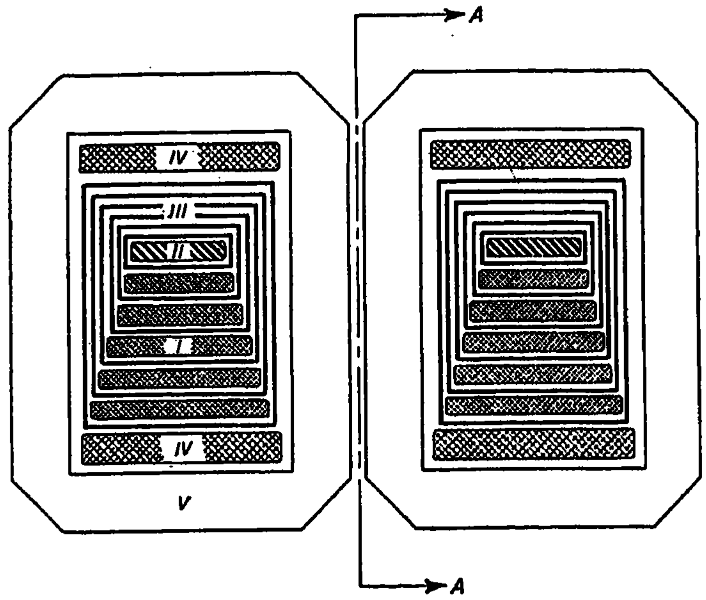



Fig. 3. - Sezione schematica orizzontale di un trasformatore a mantello antirisonante con avvolgimenti separati:

I - Avvolgimento A. T. III - Isolamento.
II - Schermo metallico. IV - Avvolgimento b. t.
V - Nucleo in ferro.

I diaframmi isolanti III, che provvedono all'isolamento fra bobina e bobina e fra gli avvolgimenti ad alta e a bassa tensione e il nucleo, sono disposti in modo che il cedimento dell'isolante si verifichi sopratutto sotto forma di perforazione dei diaframmi stessi e dei canali per l'olio. È da notare che i diaframmi coincidono esattamente con le superfici equipotenziali, in modo che la tensione è per lo più applicata normalmente alle superfici dei diaframmi isolanti; inoltre il numero di diaframmi fra due punti qualunque nell'intiero isolamento è proporzionale alla tensione che esiste fra i due punti. Così si raggiunge una maggiore utilizzazione e una migliore economia di materiale.

Un esempio tipico della distribuzione di una sovratensione in un trasformatore resistente agli impulsi è dato dalle figg. 5 e 6. Dalla fig. 5 si vede che la tensione d'impulso è distribuita press'a poco uniformemente nell'avvolgimento e dalla fig. 6 che le sollecitazioni di tensione sono in sostanza ben distribuite nell'intero isolamento. I diaframmi isolanti non sono rappresentati in fig. 6, ma essi coincidono esattamente con le superfici equipotenziali indicate nella figura.

Ritorniamo alle fig. 3, 4 $A$ e 4 $B$, che rappresentano schematicamente sezioni verticali ad angolo retto. L'isolamento alle estremità superiore ed inferiore consiste di diaframmi intrecciati in modo da comporre una struttura isolante chiusa e da permettere il libero passaggio dell'olio in senso verticale dal basso all'alto lungo la superficie delle bobine. Le prove di riscaldamento fatte su un certo numero di trasformatori resistenti agli impulsi hanno provato in modo conclusivo che l'olio scorre liberamente nei canali fra le bobine, anche quando si adoperi la disposizione intrecciata dell'isolamento sopradescritta.

L'estremità verso la linea dell'avvolgimento di una colonna è portata fino al passante per mezzo di un cavo a forte isolamento di tipo stratificato. I diaframmi isolanti superiore ed in-

feriore, in causa della maggior distanza fra le parti estreme superiore ed inferiore dell'avvolgimento e la massa, sono soggetti a una sollecitazione inferiore a quella dell'isolamento fra avvolgimento e nucleo; le prove di perforazione con tensione

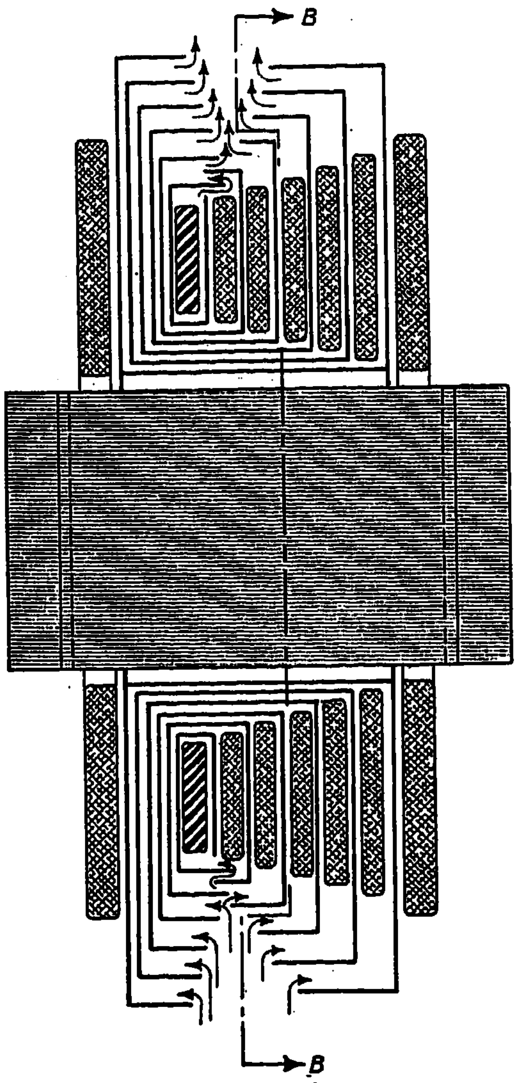



Fig. 4 $A$. - Sezione verticale $A$-$A$ (v. fig. 3).

d'impulso dimostrano che i diaframmi isolanti superiore ed inferiore non sono soggetti a guasti.

Bisogna notare che l'intiera struttura rappresentata schematicamente nelle figg. 3 e 4 è amarrata solidamente nel solito modo fra piastre di pressione applicate alla superficie delle bobine a bassa tensione che si protendono sopra e sotto il nucleo. Per tal modo gli avvolgimenti possono resistere efficacemente agli eventuali spostamenti in seguito a sollecitazioni elettromagnetiche anormali. A campioni di trasformatori antirisonanti vennero applicati con risultati pienamente soddisfacenti corti circuiti più forti del corto circuito a tensione normale.

È interessante confrontare il funzionamento di due trasformatori campione simili, uno dei quali con la disposizione indicata nelle figg. 3 e 4 per aumentare la resistenza alla perforazione e l'altro di tipo normale, e cioè nel quale la scarica superficiale avviene solo secondo il lato più lungo del gruppo di bobine, come dalla linea punteggiata in fig. 7; entrambi i trasformatori sono capaci di resistere alla prova di tensione a frequenza normale secondo le specificazioni dell'American Institute of Electrical Engineers. Il primo dei due trasformatori ha resistito a una tensione d'impulso pari a circa 2 volte la tensione di perforazione dell'altro; di più, il primo trasformatore, costruito in modo da resistere alle sovratensioni, ha soddisfatto con largo margine a tutti gli altri requisiti.

### III. – Trasformatori a mantello antirisonanti per l'esercizio.

Recentemente furono costruiti quattro trasformatori monofasi del tipo a mantello ad avvolgimenti separati con isolamento graduale, da 42 000 kVA ciascuno, tensione 230/33/13,8 kV, frequenza 60 periodi, collegamenti stella-stella-triangolo coi neutri delle stelle direttamente a terra. I trasformatori furono provati secondo le norme dell'A.I.E.E. con la sola differenza che la prova di tensione venne fatta con una tensione di 3,46 volte la normale e cioè di 460 kV; inoltre venne verificata la capacità dei trasformatori a resistere alle tensioni d'impulso.

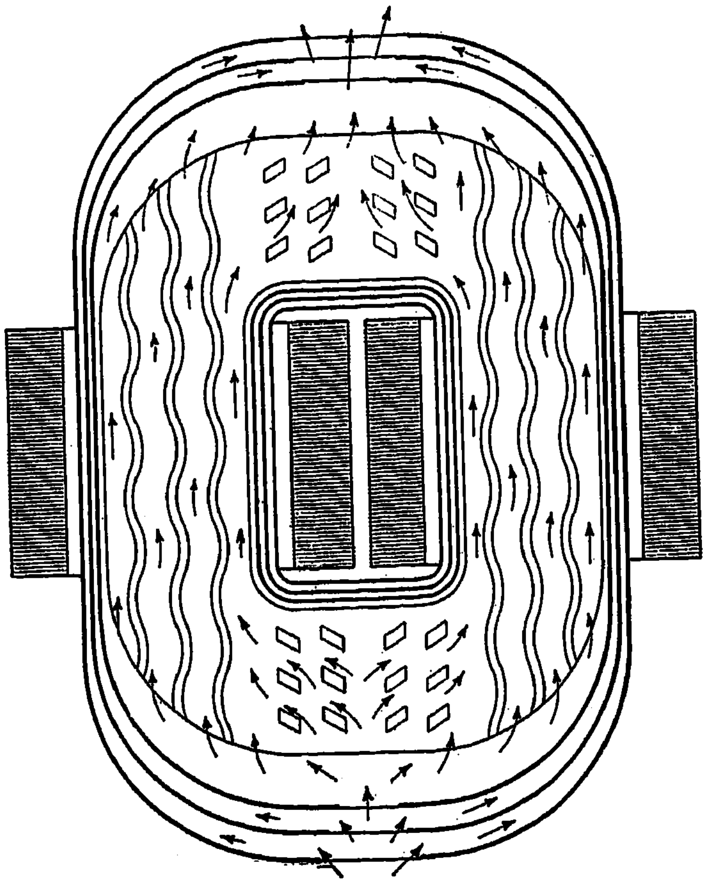


Fig. 4 $B$. - Sezione verticale $B$-$B$ (v. fig. 4 $A$).

Il generatore di impulsi adoperato consiste in 30 gruppi di condensatori caricati in parallelo da una sorgente a corrente alternata raddrizzata e scaricati in cascata; il principio di questa disposizione del generatore d'impulsi corrisponde al ben noto circuito di Marx. Il circuito semplificato per la prova d'impulso è rappresentato schematicamente in fig. 8. La prova

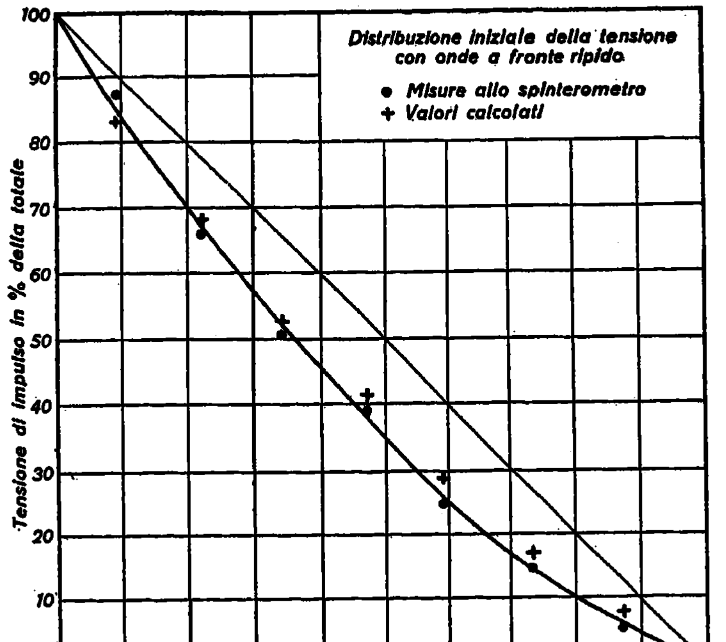



Fig. 5. - Distribuzione iniziale della tensione d'impulso in un trasformatore campione antirisonante del tipo a mantello con avvolgimenti separati.

consiste in sostanza nello scaricare la capacità $C_S$ del generatore d'impulsi, caricata al potenziale $E$, entro la resistenza $R$ e il carico $T$ che deve essere provato. Variando opportunamente il valore delle costanti del circuito, si può ottenere un impulso

con la forma d'onda desiderata. Per le misure con l'oscillografo a raggi catodici, la tensione d'impulso prodotta viene ridotta per mezzo di potenziometri dall'ordine di grandezza di 3 milioni di volta o meno a pochi kV. Il laboratorio dispone anche di uno spinterometro a sfere da 200 cm per misure di tensione e lavori di taratura.

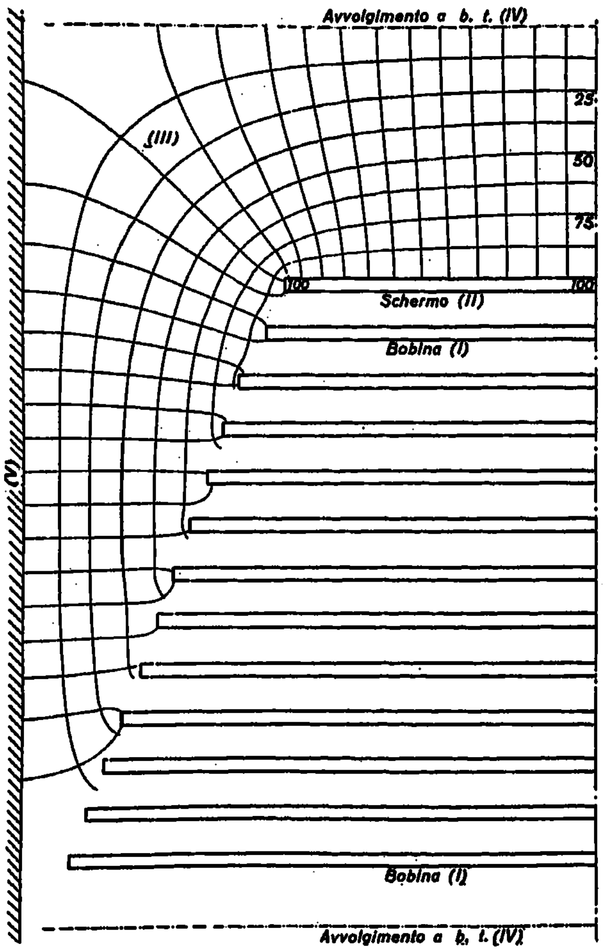



Fig. 6. - Campo elettrostatico e superfici equipotenziali in un trasformatore a mantello antirisonante con avvolgimenti separati, per tensione uniformemente distribuita. (Sezione orizzontale parziale di un avvolgimento).

I - Avvolgimento A. T.
II - Schermo metallico.
III - L'isolamento, che non è indicato, coincide all'incirca con le superfici equipotenziali.
IV - Posizione dell'avvolgimento b. t.
V - Nucleo.

Dalla fig. 10 si vede che la distribuzione della tensione d'impulso in questi trasformatori è in sostanza uniforme. Le sovratensioni applicate per determinare le caratteristiche d'impulso dell'avvolgimento raggiungono il valore massimo approssimativamente in 1 a 2 microsecondi e poi decrescono a metà valore in 50 a 60 microsecondi, ciò che corrisponde a onde

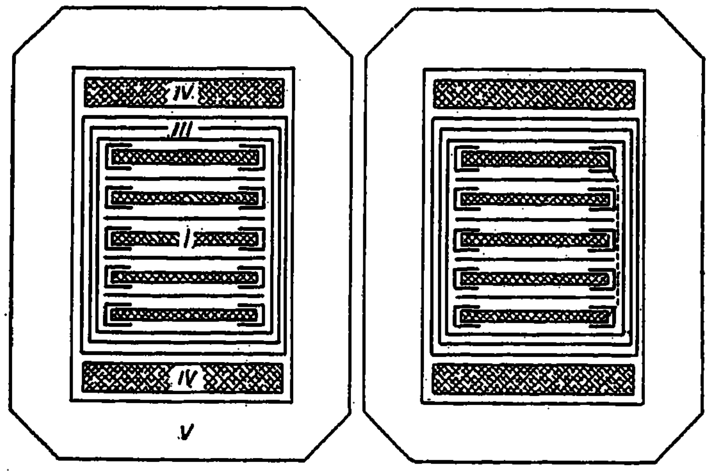



Fig. 7. - Sezione schematica orizzontale di un avvolgimento di trasformatore a mantello ad avvolgimenti separati, con la superficie di scarica lungo l'avvolgimento A. T.

I - Avvolgimento A. T.
III - Isolamento.
IV - Avvolgimento b. t.
V - Nucleo.

di sovratensione d'origine atmosferica a fronte ripida e dorso poco ripido.

La fig. 9 rappresenta il circuito delle capacità dei trasformatori; queste capacità sono calcolate direttamente in base alle dimensioni delle bobine e alla posizione rispetto alla terra. Nel caso di un'onda a fronte ripido e infinitamente lunga, la curva

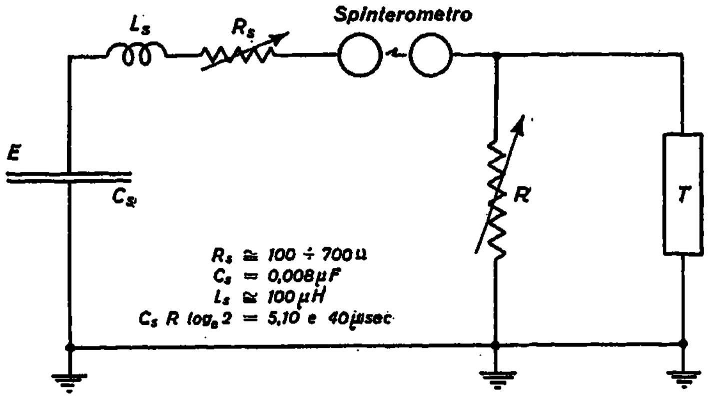



Fig. 8. - Schema per la prova ad impulso.

$R$ = resistenza per regolare la lunghezza del dorso d'onda,
$T$ = carico del trasformatore, in questo caso equivalente all'incirca a una capacità $C_T$ in derivazione su in'induttanza $L_T$. Per trasformatori di potenza del tipo a mantello, $C_T$ varia fra 1000 e 3000 $\mu\mu F$, e $L_T$ fra 0,2 e parecchi Henry.

Si fa $R_s = \sqrt{\dfrac{L_s}{C_T}}$ per eliminare dal fronte d'onda le oscillazioni sovrapposte.

della distribuzione iniziale di tensione $A$ oscilla intorno alla linea di distribuzione uniforme della tensione $B$ al periodo di oscillazione naturale dell'avvolgimento, che in questo caso è di 33 microsecondi. L'inviluppo delle tensioni massime verso terra $C$ può oltrepassare la linea corrispondente alla distribuzione uniforme della tensione, come già detto, purchè all'avvolgimento sia applicata un'onda a fronte ripido e a dorso allungato (in corrispondenza al periodo di oscillazione naturale dell'avvolgimento). Tuttavia nella fig. 10 l'ampiezza dell'oscillazione è piccola, poichè la distribuzione iniziale della tensione è

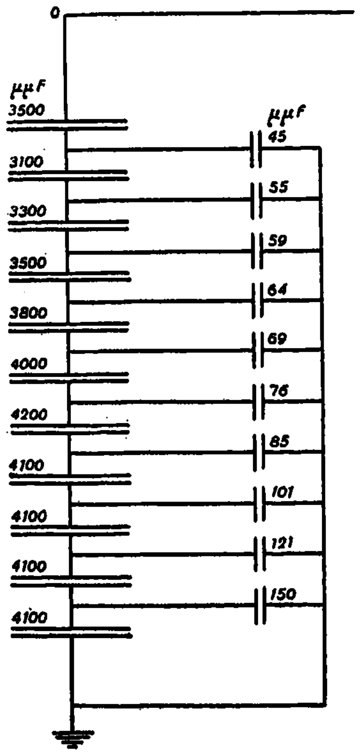



Fig. 9. - Sistema equivalente di capacità per un trasformatore a mantello antirisonante da 42 000 kVA, 220 kV.

in sostanza uniforme. Per queste ragioni avvolgimenti a mantello non ripartiti hanno sempre una distribuzione uniforme della tensione. Nell'appendice viene discusso ed analizzato ulteriormente il circuito semplificato dell'avvolgimento unico.

Ai trasformatori in questione vennero applicate sovratensioni prodotte dal generatore d'impulsi a 3 000 000 V allo scopo di dimostrare che:

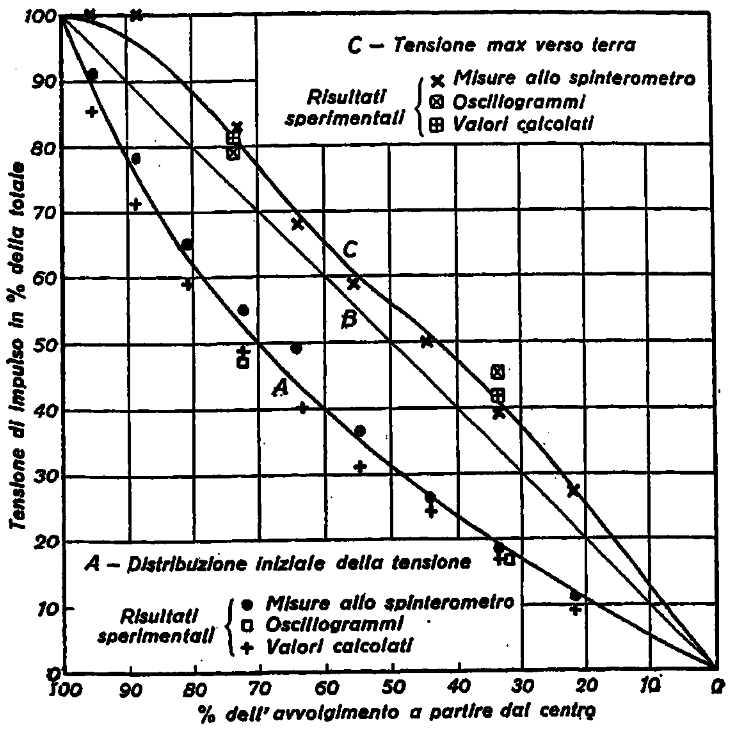



Fig. 10. - Distribuzione della tensione d'impulso in un trasformatore monofase a mantello da 42 000 kVA, 220 kV, tipo antirisonante con avvolgimenti separati e neutro direttamente a terra.

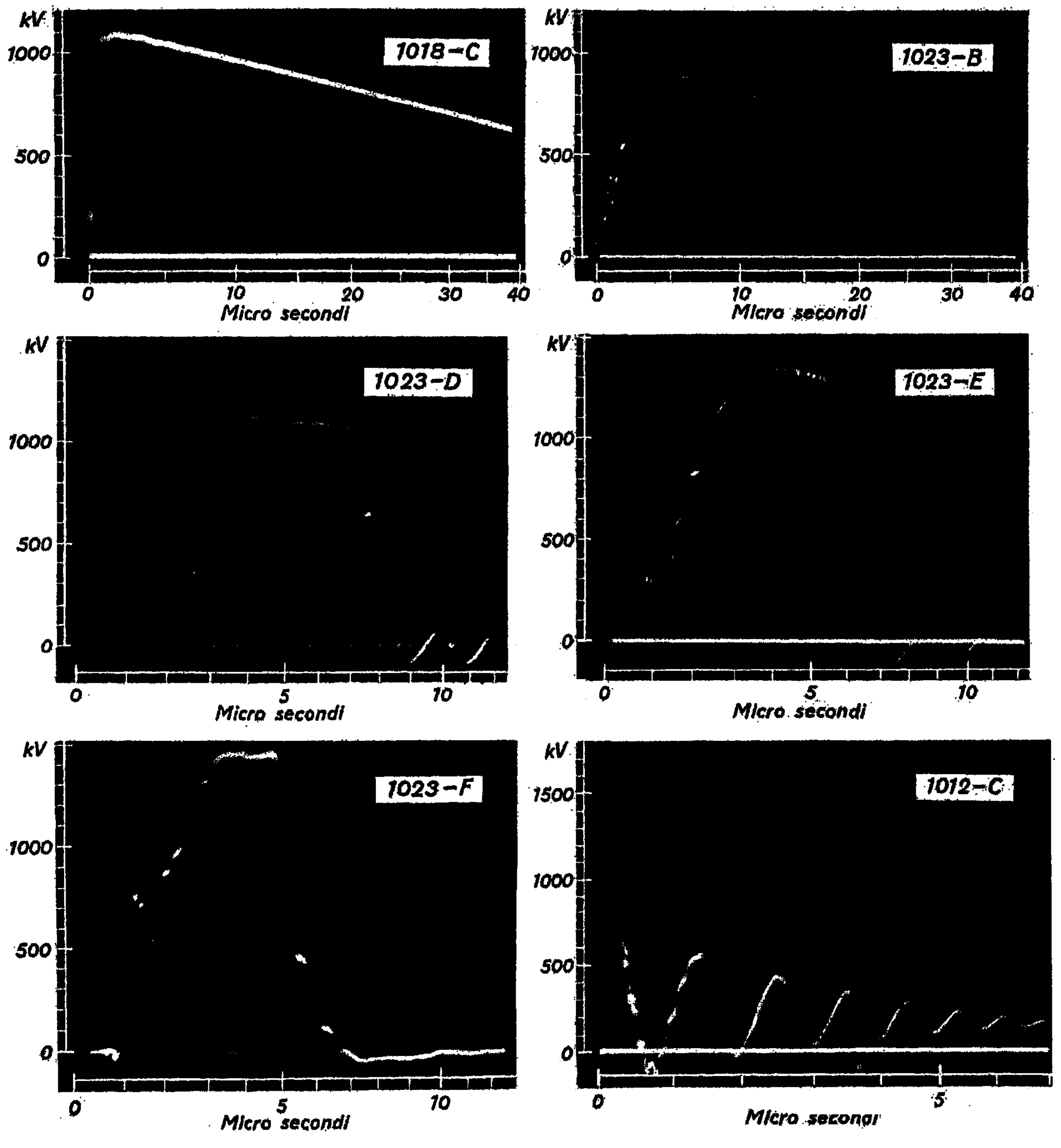



Fig. 11.

1) I requisiti di coordinamento dell'isolamento erano pienamente soddisfatti.

2) L'onda più lunga che poteva raggiungere il trasformatore non produceva entro l'avvolgimento oscillazioni capaci di sollecitare in modo eccessivo l'isolamento fra avvolgimento e massa.

3) I trasformatori erano atti a resistere a sovratensioni artificiali che, secondo l'esperienza di esercizio e le ricerche di laboratorio, potevano ritenersi corrispondenti a forti sovratensioni atmosferiche sulla linea con origine in vicinanza immediata del macchinario.

L'oscillogramma 1018-*C* (v. fig. 11) rappresenta la sovratensione ottenuta collegando al generatore d'impulsi trasformatori senza carico. Ogni trasformatore era provvisto di uno scaricatore a punte con distanza esplosiva di 163 cm e la linea di collegamento al generatore d'impulsi era montata su catene di 14 isolatori. Questi grossi trasformatori modificano l'impulso prodotto all'incirca nello stesso modo che un'onda migrante viene modificata alla sottostazione, come risulta dall'oscillogramma 1023-*B*. La tensione d'impulso venne poi aumentata finchè si ebbe la scarica sulla distanza esplosiva, (oscillogramma 1023-*D*); in seguito venne aumentata la distanza dello scaricatore, e aumentata la tensione d'impulso finchè si produsse l'arco sulla catena di isolatori (oscillogramma 1023-*E*). Si aggiunsero allora altri 7 isolatori alle catene preesistenti, formando così catene di 21 elementi e la tensione d'impulso venne nuovamente aumentata fino a raggiungere la scarica superficiale sui passanti a 230 kV (oscillogramma 1023-*F*). Finalmente venne tolta la resistenza interna $R_S$ del generatore d'impulsi (che viene inserita per impedire oscillazioni sovrapposte all'impulso prodotto (4)) e ciò allo scopo di facilitare la massima rapidità di scarica dell'energia accumulata nel generatore d'impulsi; inoltre il generatore venne disposto in modo da dare la tensione massima. Per tal modo la tensione d'impulso

prodotta raggiunse un valore di circa 2 300 000 V in una frazione di microsecondo e venne quindi troncata sul fronte (oscillogramma 1012-*C*). Per tutta la durata della prova non si rivelò nessun indizio di sovrasollecitazione dei trasformatori; per maggior sicurezza ogni trasformatore dopo la prova ad impulso venne sottoposto una seconda volta con buon risultato alla prova con tensione di 3,46 volte la normale, cioè 460 kV.

Nella fotografia della fig. 12 è riprodotto l'arco sul passante durante le prove ad impulso di uno dei trasformatori. In questo caso le prove furono fatte di notte. Il trasformatore raffigurato è già pronto per l'installazione e l'esercizio. La fig. 13 rappresenta la disposizione di prova per un altro dei 4 trasformatori senza i radiatori; si vede anche il generatore d'impulsi a 3 000 000 V studiato e costruito in relazione agli studi sulla protezione contro le sovratensioni atmosferiche. La caratteristica principale del generatore è la sua forte capacità ($C_S = 8000\ \mu\mu F$) relativamente alla capacità dei carichi in prova ($C_T = (1000 \div 3000)\ \mu\mu F$).

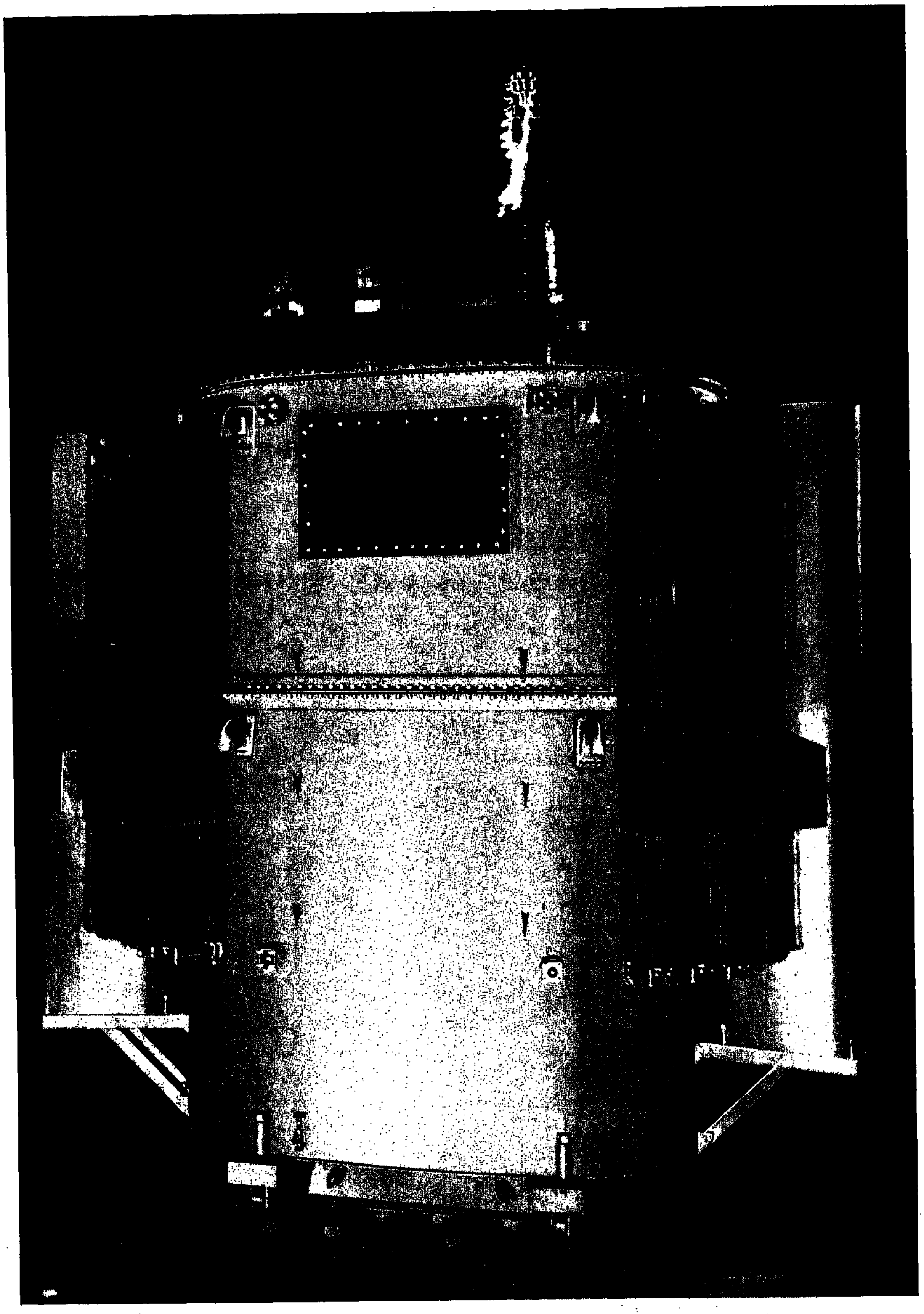


Fig. 12.

Il principio della costruzione antirisonante è stato esteso anche ai tipi di trasformatori a mantello ad avvolgimenti intercalati. Particolarmente interessante per gli ingegneri italiani è il tipo costruttivo dei trasformatori monofasi da 4500 kVA, con tensioni 144/12 kV, frequenza 25 periodi, con l'avvolgimento primario ripartito in due metà e avvolgimento secondario interposto. I trasformatori sono isolati per l'intera tensione di linea e saranno installati per l'alimentazione da linee di trasmissione ad alta tensione del sistema di ferrovie elettrificate della Pennsylvania Railroad Company. Venne scelto un tipo con l'avvolgimento ad alta tensione diviso perchè si richiedeva una bassa reattanza (4%).

Molti di questi trasformatori sono stati sottoposti con successo alle prove d'impulso.

Attualmente sono in costruzione trasformatori resistenti agli impulsi per un totale di 380 000 kVA; essi sono destinati all'alimentazione di ferrovie elettrificate.

In fig. 14 è rappresentata una sezione trasversale di questi trasformatori, nei quali l'isolamento e l'avvolgimento sono stu-

diati in modo da corrispondere al principio della resistenza gli impulsi.

Le varie curve della fig. 15 danno le caratteristiche d'impulso dell'avvolgimento per sovratensioni di varia provenienza. Quando la sovratensione penetra nel trasformatore da un solo

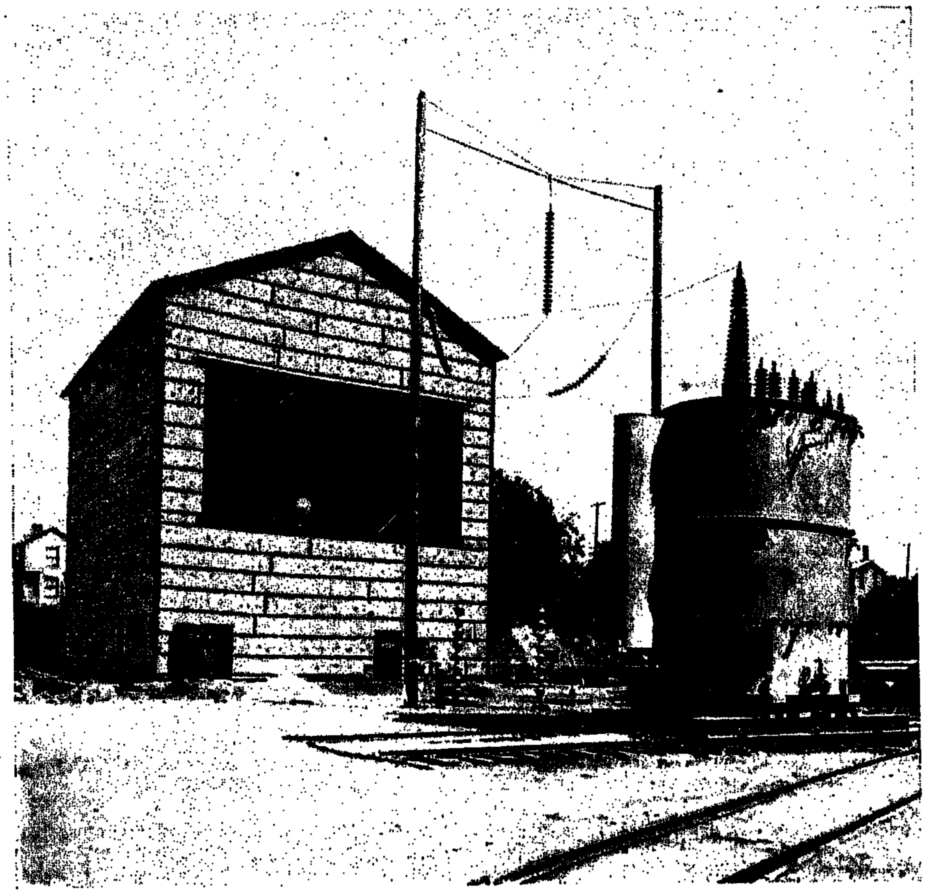


Fig. 13.

estremo: la curva *A* indica la distribuzione della tensione iniziale o elettrostatica; la curva *B* è l'inviluppo delle tensioni massime verso terra per un'onda a fronte ripido in cui la tensione diminuisce fino al valore metà del massimo in 60 microsecondi; il periodo di oscillazione naturale è di 300 microsecondi; la curva *C* è l'asse iniziale dell'oscillazione (1). Quando due sovratensioni uguali penetrano simultaneamente nel trasformatore da entrambi gli estremi: la curva *D* dà la distribuzione della tensione iniziale o elettrostatica; la curva *E* è l'inviluppo delle tensioni massime verso terra per impulsi a fronte ripido in cui la tensione diminuisce dal valore massimo a metà in 60 microsecondi; il periodo di oscillazione è ancora di 300 microsecondi; la curva *F* è l'asse iniziale dell'oscillazione (1). Nel caso che il punto centrale dell'avvolgimento (e cioè il punto collegante le due metà dell'avvolgimento, fig. 15) deva essere messo a terra, la distribuzione della tensione è praticamente uniforme in ciascuna metà, poichè per ogni gruppo $\alpha$ ha il valore 1,0. Tutte le curve di distribuzione della tensione indicate in figura, il periodo di oscillazione ecc. furono calcolati come valori di progetto; a trasformatore costruito, le curve vennero poi verificate sperimentalmente con misure allo spinterometro e all'oscillografo a raggi catodici e vennero trovate corrispondenti ai risultati sperimentali con una approssimazione sufficiente dal punto di vista tecnico.

La fig. 16 rappresenta il campo elettrostatico della distribuzione iniziale della tensione negli avvolgimenti e nell'isolamento, nel caso di due sovratensioni uguali che penetrino simultaneamente nel trasformatore da entrambe le estremità dell'avvolgimento ad A. T. Da notare che questa rappresentazione preventiva del campo concorda pienamente con le misure susseguenti allo spinterometro e all'oscillografo. I potenziali elettrostatici indotti negli avvolgimenti a bassa tensione hanno una durata di pochi microsecondi e si scaricano quindi a terra e nel sistema a bassa tensione; per conseguenza si producono solo quando le sovratensioni che penetrano nell'avvolgimento ad alta tensione sono del tipo ad impulso. Nel progettare l'isolamento della parte a bassa tensione si tiene conto delle tensioni indotte di origine elettrostatica ed elettromagnetica che dall'avvolgimento ad alta tensione penetrano in quello a bassa tensione. Inoltre si tengon presenti le sovra-

(1) L'asse dell'oscillazione scende da 100 % a 0% con la stessa velocità con la quale la sovratensione o le sovratensioni scendono dal valore massimo a zero.

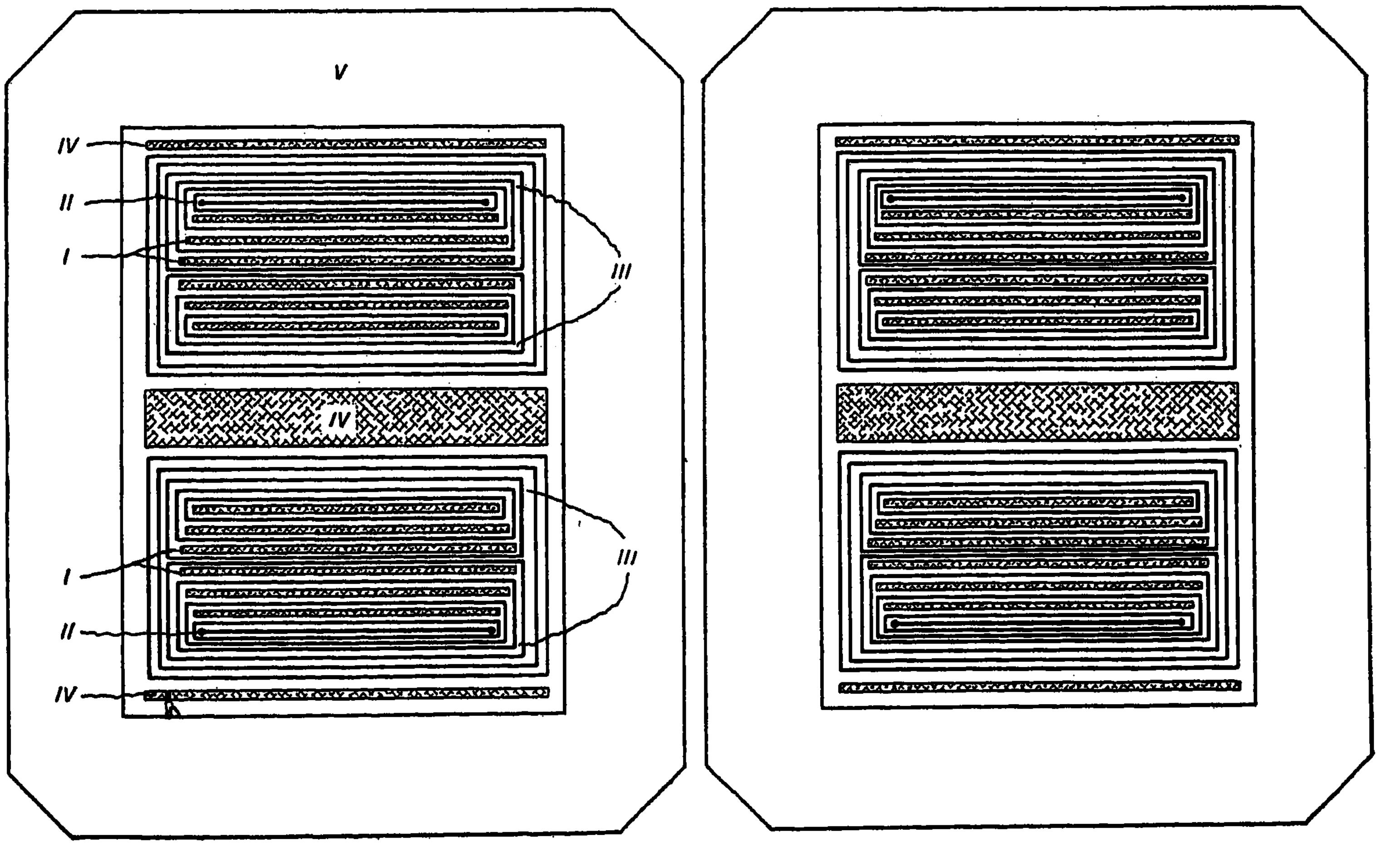



Fig. 14. - Sezione orizzontale schematica di un avvolgimento per trasformatore monofase a mantello da 4 500 kVA, 144 kV, di costruzione antirisonante, con avvolgimento primario ripartito in due metà e isolato per la tensione totale.

I - Avvolgimento A. T. II - Schermo metallico. III - Isolamento. IV - Avvolgimento b. t. V - Nucleo.

tensioni che, attraverso accoppiamenti elettrostatici ed elettromagnetici fra avvolgimenti ad alta e bassa tensione, si propagano dalla linea o dal sistema ad alta tensione alla linea od al sistema a bassa tensione; tuttavia sotto questo punto di vista non occorrono altri provvedimenti oltre quelli già indicati.

La capacità di questi trasformatori a resistere a sovratensioni in qualsiasi condizione possibile di penetrazione della tensione d'impulso (e cioè con onde provenienti da una sola estremità, da due estremità simultaneamente, e da due estremità simultaneamente col punto di mezzo dell'avvolgimento a terra) si è potuta accertare pienamente in seguito a una serie completa di prove ad impulso eseguita al laboratorio ad alta tensione col generatore a 3 000 000 V.

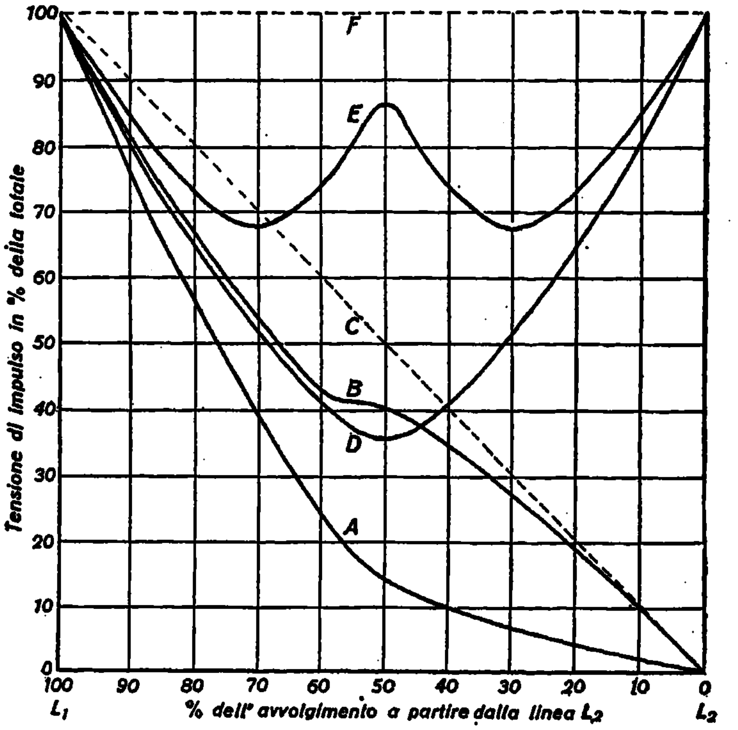



Fig. 15. - Ripartizione della tensione d'impulso in un trasformatore a mantello da 4500 kVA, 144 kV.

*a*) Onda a fronte ripido, con tensione che decresce dal valore massimo a metà in 60 μs, che penetra nell'avvolgimento da $L_1$.

$A$ = Ripartizione iniziale della tensione.

$B$ = Tensione max verso terra dovuta ad oscillazioni.

*b*) Onde come quella descritta in *a*), che penetrano nell'avvolgimento da $L_1$ e $L_2$.

$D$ = Ripartizione iniziale della tensione.

$E$ = Tensione max verso terra dovuta ad oscillazioni.

Nell'appendice sono ulteriormente analizzate e discusse le caratteristiche d'impulso degli avvolgimenti a mantello ripartiti in due, tre o più parti. (L'avvolgimento suddiviso in più parti, per quanto riguarda i trasformatori di potenza ad alta tensione, presenta in massima un interesse puramente teorico, fatta eccezione per quello in tre parti). Lo studio analitico conferma il fatto verificato sperimentalmente che i trasformatori d'esercizio con avvolgimenti suddivisi in due o tre gruppi hanno sempre un lungo periodo di oscillazione naturale, che varia da 120 a 300 microsecondi. In altre parole in questi avvolgimenti le tensioni di oscillazione dovute a sovratensioni atmosferiche a dorso allungato diventano d'importanza secondaria, in

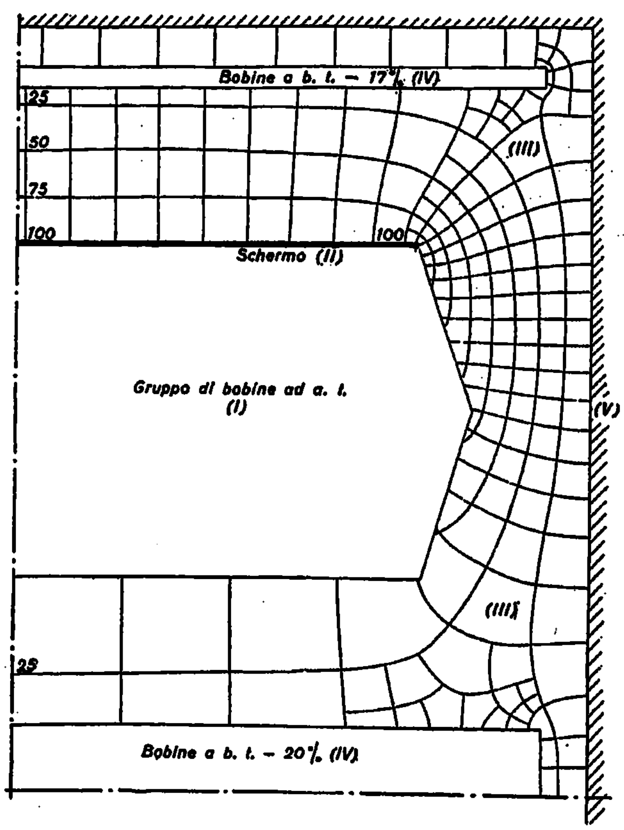



Fig. 16. - Campo elettrostatico e superfici equipotenziali in un avvolgimento a mantello per 4500 kVA, 144 kV, con due sovratensioni eguali che penetrano nell'avvolgimento da entrambi le estremità. (Sezione orizzontale parziale).

I - Avvolgimento A. T. III - Isolamento
II - Schermo metallico. IV - Avvolgimento b. t.
V - Nucleo.

modo che l'isolamento graduato si adatta bene ai trasformatori a mantello con neutro direttamente a terra.

L'autore ringrazia i suoi collaboratori sigg. F. J. Vogel e J. K. Hodnette, per il loro valido contributo al lavoro sperimentale surriferito. Il sig. M. G. Leonard ha aiutato a tracciare i campi elettrostatici. L'autore ringrazia anche il sig. H. V. Putman, direttore del riparto trasformatori, per le numerose indicazioni di carattere costruttivo e per l'incoraggiamento datogli nella preparazione del manoscritto.

ING. P. L. BELLASCHI.

(*Vedere nelle pagine seguenti l'Appendice e la Bibliografia*).

# Appendice

## 1) Considerazioni generali.

I fenomeni transitori negli avvolgimenti vennero studiati assai prima che si cominciasse ad usare nelle ricerche di laboratorio l'oscillografo a raggi catodici (Bibl. 5, 6, 14); tuttavia un progresso notevole nelle ricerche tecniche si è avuto soltanto in seguito all'applicazione dell'oscillografo (Bibl. 7, 8, 9). I perfezionamenti recenti dell'oscillografo a raggi catodici applicato allo studio dei fenomeni di sovratensione e la costruzione di generatori d'impulso ad alta tensione hanno notevolmente contribuito al progresso nello studio dell'isolamento dei trasformatori (Bibl. 4, 8, 9).

Non è nostra intenzione riferire dettagliatamente nella presente appendice il vasto lavoro analitico che ha servito a guidare le ricerche sperimentali e ad interpretarne i risultati. Sarebbe necessario uno spazio considerevole per riferire completamente e dettagliatamente le caratteristiche d'impulso anche dei soli avvolgimenti a mantello; uno spazio uguale sarebbe poi necessario per studiare in dettaglio le caratteristiche d'impulso degli avvolgimenti a nucleo interno.

Diamo succintamente più sotto alcuni fra i risultati analitici più interessanti e riportiamo qualche applicazione a casi specifici di avvolgimenti per trasformatori a mantello.

La concordanza tra i risultati del calcolo e quelli sperimentali conferma la possibilità di impiegare un calcolo analitico semplificativo per il calcolo e il progetto dei trasformatori.

Si può brevemente dire che nell'analisi pratica delle caratteristiche d'impulso degli avvolgimenti è in genere ammissibile di adottare delle semplificazioni e di raggruppare il complesso circuito di un avvolgimento in un numero finito di maglie (cioè di sostituirvi un circuito semplificato equivalente che si presti meglio al calcolo). Il calcolo numerico delle capacità ed induttanze del circuito equivalente per gli avvolgimenti a mantello viene fatto introducendo in formule ben note le dimensioni dell'avvolgimento e le misure rappresentanti la sua posizione rispetto alla massa (avvolgimento a bassa tensione, nucleo e cassa). Le rappresentazioni dei campi elettrostatici ed elettromagnetici servono efficacemente da guida in tutto questo studio. Inoltre va tenuto conto del fatto che il ferro usato nei trasformatori di potenza non ha che un'importanza secondaria nella maggior parte dei fenomeni d'impulso che qui vengono considerati.

Una volta stabilito il circuito equivalente, l'analisi può esserne fatta sia per mezzo di equazioni differenziali, sia per mezzo del calcolo con gli operatori, equivalente come metodo ma d'impiego più diffuso (Bibl. 10, 11, 13, 15). Nel lavoro che qui presentiamo è stato impiegato il calcolo con gli operatori, più semplice e rapido.

## 2) Avvolgimenti non suddivisi.

Nel caso di un avvolgimento non suddiviso con neutro a terra, nel quale il circuito delle capacità è in sostanza uniforme (come si vede dallo schema della fig. 17) la distribuzione iniziale o elettrostatica della tensione d'impulso nell'avvolgimento è espressa semplicemente dall'equazione (1). Le lettere $N$ e $n$ si riferiscono al numero di bobine o capacità elementari.

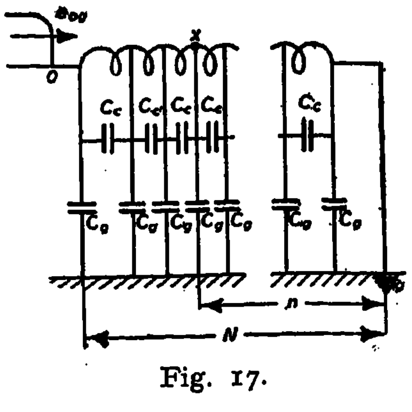


Fig. 17.

$e_{og} = 1$, impulso rettangolare

$$e_{xg} = e_{og} \frac{\operatorname{sh} \alpha \frac{n}{N}}{\operatorname{sh} \alpha} \qquad (1)$$

in cui

$$\alpha = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}, \qquad C_1 = C_g N$$

e

$$C_2 = \frac{C_c}{N}$$

Come si è già detto $C_1$ è la capacità fra il gruppo di bobine e la terra e $C_2$ è la capacità del gruppo di bobine in sè, e cioè la capacità fra lo schermo e la bobina all'estremità verso massa. Queste capacità possono essere facilmente determinate con buon grado di approssimazione in base alla semplice formula che dà la capacità tra due lastre parallele, applicando l'espressione alle relazioni di dimensione del gruppo di bobine e della sua posizione rispetto alla terra:

$$C = 0{,}56 \frac{A}{d} k \text{ in micro-microfarad}$$

dove:

$A$ rappresenta la superficie media delle due lastre, in cm²;

$d$ indica lo spessore effettivo di isolamento fra le due lastre, in cm;

$k$ indica la capacità induttiva specifica del materiale isolante (nel calcolare $C_1$ e $C_2$ e in genere tutte le capacità di avvolgimenti in olio come quelli qui considerati, il valore di $k$ è generalmente uguale 3).

È ovvio che il circuito capacità-induttanza dell'avvolgimento rappresenta perfettamente il circuito effettivo dell'avvolgimento e per conseguenza è possibile determinare in base a questo l'andamento del fenomeno tanto per ciò che riguarda la distribuzione iniziale della tensione d'impulso che le oscillazioni susseguenti della tensione nell'avvolgimento. Sia il fenomeno complessivo che i fenomeni particolari in un avvolgimento non suddiviso sono complicati. Tuttavia, come risulta dalla fig. 18,

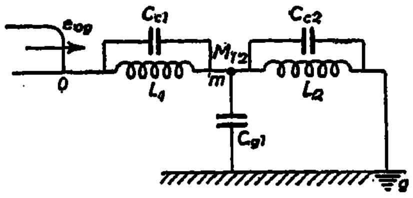


Fig. 18.

$e_{og} = 1$, impulso rettangolare

$$e_{mg} = \frac{L_2 + M_{12}}{L_1 + L_2 + 2M_{12}} - \left\{ \left( \frac{L_2 + M_{12}}{L_1 + L_2 + 2M_{12}} - \frac{C_{c1}}{C_{g1} + C_{c2} + C_{c1}} \right) \cos \frac{t}{\sqrt{(C_{g1} + C_{c2} + C_{c1}) \frac{L_1 L_2 - M_{12}^2}{L_1 + L_2 + 2M_{12}}}} \right\} \qquad (2)$$

il circuito della fig. 17 può essere semplificato riducendolo a un circuito a due maglie; per tal modo il periodo fondamentale di oscillazione della tensione nell'avvolgimento viene determinato con un buon grado di approssimazione. In genere il circuito può essere ulteriormente semplificato, come si vede dalla fig. 19, nella quale $L_1$ è l'induttanza di una metà del gruppo di bobine,

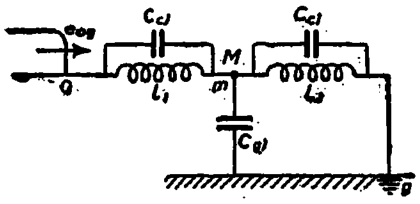


Fig. 19.

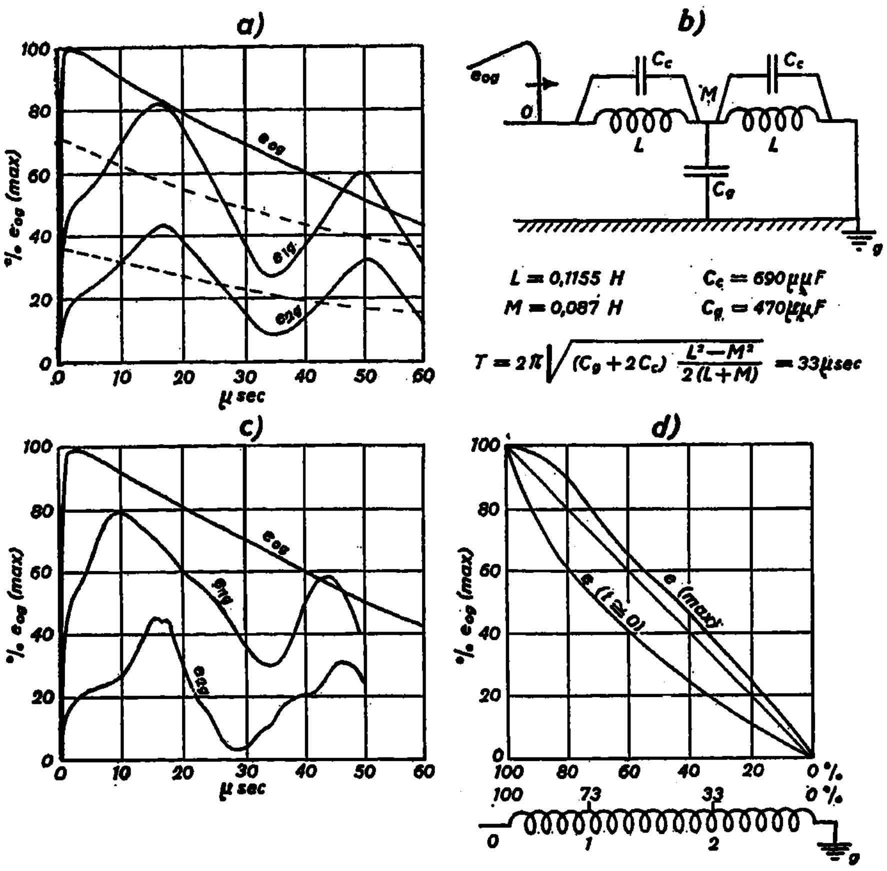
$e_{og} = 1$, impulso rettangolare

$$e_{mg} = \frac{1}{2} - \frac{C_{g1}}{2(C_{g1} + 2C_{c1})} \cos \frac{t}{\sqrt{(C_{g1} + 2C_{c1}) \frac{L_1^2 - M^2}{2(L_1 + M)}}} \qquad (3)$$

$M$ è l'induzione mutua fra le due metà, $C_{c1} = 2\,C_2$ e $C_{g1}$ è all'incirca uguale a $\frac{C_1}{2}$. L'induttanza di un gruppo di bobine a sezione rettangolare o di una parte di questo si può determinare da formule già note, ma troppo lunghe per essere riprodotte qui (Bibl. 12). Le equazioni 2 e 3 danno il periodo di oscillazione fondamentale dell'avvolgimento e l'oscillazione della ten-

sione al punto di mezzo messo a terra di un avvolgimento non suddiviso.

Nella fig. 20 sono applicati i sopradetti semplici metodi all'avvolgimento non suddiviso, per 42 000 kVA e 220 kV, già ricordato. Il circuito equivalente semplificato calcolato in base alle dimensioni dell'avvolgimento è dato nella fig. 20 *b*). Il periodo di oscillazione fondamentale calcolato per l'avvolgimento è di 33 microsecondi. La tensione per l'oscillazione fondamentale in due punti dell'avvolgimento, ossia $e_{1g}$ ed $e_{2g}$, per i punti che si trovano rispettivamente a 33 % e a 73 % dell'avvolgimento partendo dall'estremità verso terra, sono determinati graficamente nella fig. 20 *a*). Da notare che l'impulso applicato $e_{0g}$ è a fronte ripido e che la tensione diminuisce dal valore massimo a metà del massimo in circa 50 microsecondi. Le tensioni a questi due punti, come si vede, oscillano al periodo di oscillazione fondamentale dalla tensione corrispondente alla




Figg. 20 *a*), *b*), *c*) e *d*).

distribuzione iniziale intorno agli assi di oscillazione (linea punteggiata). Gli oscillogrammi ricavati dall'oscillografo a raggi catodici per le tensioni $e_{1g}$ ed $e_{2g}$ sono riprodotti nella fig. 20 *c*).

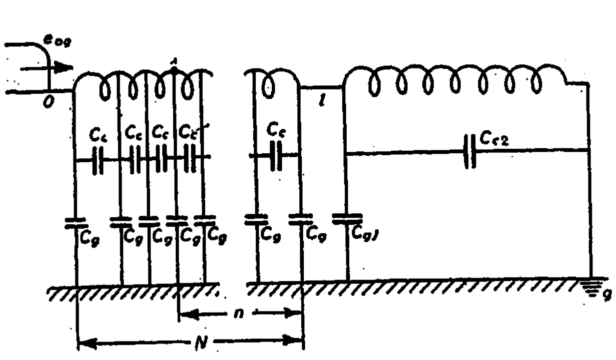


Fig. 21.

$e_{0g} = 1$, impulso rettangolare

$$e_{gx} = \frac{\mathrm{ch}\, \alpha \frac{n}{N} + \sqrt{\frac{C_0^2}{C_1 C_2}}\ \mathrm{sh}\, \alpha \frac{n}{N}}{\mathrm{ch}\, \alpha + \sqrt{\frac{C_0^2}{C_1 C_2}}\ \mathrm{sh}\, \alpha} \qquad (4)$$

$$C_0 = C_{c2} + C_{g1}$$

$$C_1 = NC_g\,, \quad C_2 = \frac{C_c}{N}\,, \quad \alpha = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}$$

In base alle dimensioni dell'avvolgimento già ricordato da 4500 kVA, 144 kV, suddiviso in due parti, si ha:

$C_0 = 3000\ \mu\mu F$ (approssimativamente)

$$\alpha = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}} = \sqrt{\frac{600}{600}} = 1{,}0\,.$$

Sostituendo queste costanti nell'equazione 4, si ottiene la distribuzione iniziale della tensione; la curva ottenuta per tal modo col calcolo corrisponde perfettamente alla curva sperimentale *A* della fig. 15 e anche alla curva della fig. 25 *d*). Come si vede la tensione nel gruppo di bobine all'estremità verso la linea è distribuita uniformemente.

Il circuito della fig. 21 può venire semplificato nei circuiti delle figg. 22, 23 e 24; l'oscillazione corrispondente della ten-

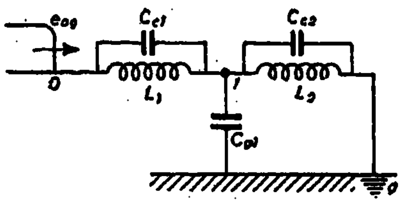


Fig. 22.

$e_{0g} = 1$, impulso rettangolare

$$e_{1g} = \frac{L_2}{L_1 + L_2} - \left(\frac{L_2}{L_1 + L_2} - \frac{C_{01}}{C_{g1} + C_{02} + C_{01}}\right) \cos \frac{t}{\sqrt{(C_{g1} + C_{02} + C_{01})\ \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}}} \qquad (5)$$

La tensione oscillatoria nel punto a metà dell'avvolgimento (non segnato in fig. 20) è in gran parte alla frequenza fondamentale; mentre nei punti indicati nella figura entrano in gioco anche oscillazioni di ordine superiore dell'avvolgimento e inoltre vi sono piccole onde di frequenza anche maggiore sovrapposte all'onda fondamentale e che sono dovute a bobine singole, ai collegamenti e ad altri piccoli elementi dell'avvolgimento. Come già detto, un'analisi completa degli avvolgimenti è in generale complicata, ma di solito non è assolutamente necessaria dal punto di vista tecnico.

I punti di interesse essenziale per il trasformatore ad avvolgimenti separati qui considerato sono quelli raggruppati nelle figg. 9, 10 e 20.

3) Avvolgimento suddiviso in due parti.

Un avvolgimento del tipo a mantello, ripartito in due metà come quello rappresentato nella fig. 14, consiste di due parti collegate in serie. L'avvolgimento a bassa tensione, che si trova interposto fra le due parti e che è si può dire a potenziale zero, introduce una forte capacità fra la parte media dell'avvolgimento ad alta tensione e la terra. Questa disposizione dell'avvolgimento corrisponde alla rete della fig. 21, mentre l'equazione 4 dà la distribuzione di tensione iniziale o elettrostatica dell'avvolgimento.

Il potenziale elettrostatico $e_{1g}$, per $t = 0$, è:

$$e_{1g} = \frac{C_{01}}{C_{g1} + C_{02} + C_{01}} \qquad (6)$$

Nel caso che $L = L_1 = L_2$, $C_c = C_{01} = C_{02}$, $C_g = C_{g1}$, l'equazione (5) diventa:

$$e_{1g} = \frac{1}{2} - \frac{C_g}{2\,(C_g + 2\,C_0)} \cos \frac{t}{\sqrt{(C_g + 2\,C_0)\ \frac{L}{2}}} \qquad (7)$$

sione al punto medio (1) che collega i due gruppi è data dalle equazioni 5, 6, 7, 8 e 9 che corrispondono ai vari casi di penetrazione dell'impulso e di forma d'onda della sovratensione

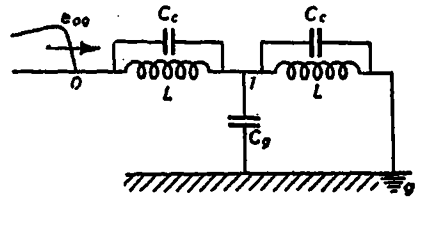


Fig. 23.

$e_{0g} = \varepsilon^{-\alpha_1 t} = \varepsilon^{-\frac{t}{KT}}$, impulso a fronte retta, con dorso secondo una curva esponenziale:

$$T = 2\pi \sqrt{(C_g + 2\,C_c)\,\frac{L}{2}} \qquad \text{e} \qquad K = \frac{T}{\alpha_1}$$

$$e_{1g} = \left(\frac{1}{2} - \frac{C_g}{2\,(C_g + 2\,C_c)\,(1 + 4\,\pi^2 K^2)}\right) \varepsilon^{-\frac{t}{KT}} - $$

$$- \frac{C_g}{2\,(C_g + 2\,C_c)} \; \frac{\cos\left(2\pi \frac{t}{T} + \operatorname{tg}^{-1} \frac{1}{2\pi K}\right)}{\sqrt{\frac{1}{4\,\pi^2 K^2} + 1}} \qquad (8)$$

applicata. Le sovratensioni a fronte ripido con dorso di forma esponenziale sono particolarmente interessanti dal punto di vista pratico. Studiando accuratamente queste equazioni si

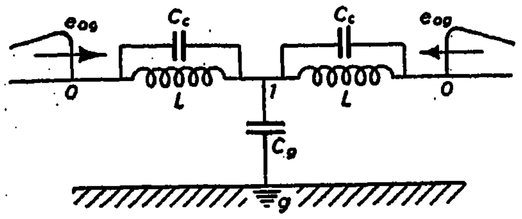



Fig. 24.

$$e_{og} = \varepsilon^{-\alpha_1 t} = \varepsilon^{-\frac{t}{KT}}$$

impulso a fronte retta, con dorso secondo una curva esponenziale:

$$T = 2\pi \sqrt{(C_g + 2\,C_c)\,\frac{L}{2}} \qquad \text{e} \qquad K = \frac{T}{\alpha_1}$$

$$e_{1g} = \left(1 - \frac{C_g}{(C_g + 2\,C_c)\,(1 + 4\,\pi^2 K^2)}\right) \varepsilon^{-\frac{t}{KT}} - $$

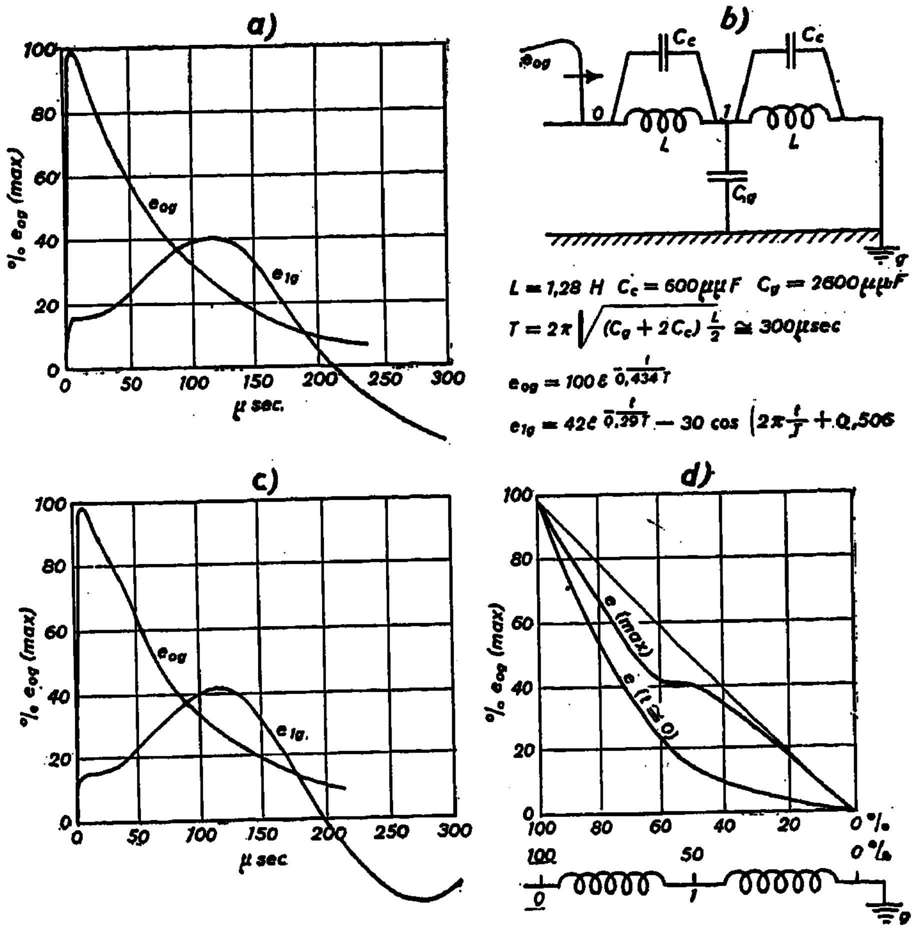
$$- \frac{C_g}{C_g + 2\,C_c} \; \frac{\cos\left(2\pi \frac{t}{T} + \operatorname{tg}^{-1} \frac{1}{2\pi K}\right)}{\sqrt{\frac{1}{4\,\pi^2 K^2} + 1}} \qquad (9)$$

vede che le oscillazioni negli avvolgimenti dipendono da: 1) l'ampiezza della tensione d'impulso applicata; 2) la differenza fra la curva corrispondente a una distribuzione uniforme della tensione e la curva di distribuzione iniziale della tensione; 3) la durata del dorso d'onda dell'impulso relativamente al periodo di oscillazione dell'avvolgimento.

La fig. 25 riproduce l'applicazione delle analisi precedenti per determinare l'oscillazione della tensione verso terra nel punto medio dell'avvolgimento da 4500 kVA, 144 kV. La fig. 25 *b*) rappresenta il circuito equivalente calcolato in base alle dimensioni dell'avvolgimento: $L$ è l'induttanza di ciascuno dei due gruppi di bobine, $C_c$ è la capacità di una bobina e $C_g$ è la capacità totale verso terra nel punto medio dove nell'avvolgimento primario è interposto l'avvolgimento a bassa tensione. La fig. 25 *a*) rappresenta l'oscillazione della tensione calcolata; questa può essere paragonata all'oscillazione di tensione registrata con l'oscillografo e riprodotta nella fig. 25 *c*). In causa della notevole lunghezza del periodo di oscillazione rispetto alla durata dell'impulso, l'inviluppo della tensione massima verso terra, come si vede in fig. 25 ed anche nella curva *B* della fig. 15, non eccede in modo apprezzabile il potenziale di terra lungo il gruppo all'estremità verso terra dell'avvolgimento. In base a considerazioni di carattere generale e all'analisi si dimostra che il periodo di oscillazione naturale inerente all'avvolgimento suddiviso in due parti è di lunghezza considerevole e pertanto l'avvolgimento non può essere soggetto a oscillazioni di tensione eccessive, anche nel caso di onde a fronte molto ripido e a dorso notevolmente lungo.

Nel gruppo di bobine verso la linea, all'oscillazione fondamentale si sovrappone l'oscillazione del gruppo di bobine ed altre oscillazioni di maggior frequenza; tutte queste sono tuttavia di importanza relativamente piccola in causa della loro piccola ampiezza. Il periodo di oscillazione propria del gruppo di bobine varia fra 20 e 40 microsecondi.

L'avvolgimento per 4500 kVA, 144 kV, è isolato per la tensione totale di esercizio monofase; pertanto a ciascuno dei morsetti di linea esso è collegato al conduttore di una linea di trasmissione. Le ricerche d'esercizio, per quanto riguarda le sovratensioni atmosferiche, hanno ormai dimostrato in modo sicuro che, durante un disturbo di origine atmosferica unico, le sovratensioni in linea si producono quasi sempre su un solo conduttore ossia su una fase sola; tuttavia è interessante prendere in considerazione anche la possibilità, per quanto rara, che due sovratensioni uguali penetrino simultaneamente nell'avvolgi-




Figg. 25 *a*), *b*), *c*) e *d*).

mento dalle due estremità. La fig. 24 si riferisce al circuito semplificato equivalente che corrisponde appunto a tale condizione, e l'equazione (9) dà la soluzione per l'oscillazione di tensione al punto medio (1). Analiticamente il problema può essere studiato prendendo in esame singolarmente ciascuna sovratensione come è stato fatto nella fig. 25 e quindi sovrapponendone gli effetti.

La distribuzione iniziale della tensione risultante dal calcolo e la massima tensione verso terra corrispondono perfettamente con le curve sperimentali *D* ed *E* della fig. 15. Poichè l'avvolgimento è monofase e quindi è isolato per la tensione totale verso terra, non si sviluppano fra avvolgimento e terra tensioni di oscillazione eccessive.

4) Avvolgimenti suddivisi in tre o più parti.

Nelle figg. 26, 27, 28, 29 e 30 è rappresentato, in modo analogo a quanto si è fatto per l'avvolgimento in due parti, il circuito

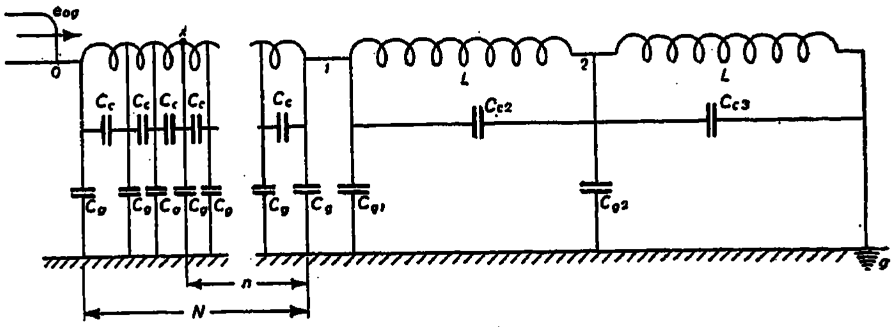



Fig. 26.

$e_{og} = 1$, impulso rettangolare

$$e_{xg} = \frac{\operatorname{ch} \alpha \frac{n}{N} + \sqrt{\frac{C_0^2}{C_1 C_2}}\, \operatorname{sh} \alpha \frac{n}{N}}{\operatorname{ch} \alpha + \sqrt{\frac{C_0^2}{C_1 C_2}}\, \operatorname{sh} \alpha} \qquad (10)$$

$$C_0 = \frac{(C_{c3} + C_{g2})\, C_{c2}}{C_{c3} + C_{g2} + C_{c2}} + C_{g1}$$

$$C_1 = N C_g\,, \qquad C_2 = \frac{C_c}{N}\,, \qquad \alpha = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}$$

semplificato equivalente per l'avvolgimento in tre parti, e per varie condizioni di penetrazione della tensione d'impulso e della distribuzione della tensione d'impulso. Le equazioni (10), (11),

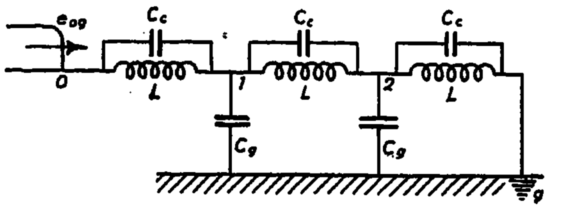



Fig. 27.

$e_{og} = 1$, impulso rettangolare

$$e_{1g} = \frac{2}{3} - \frac{C_g}{2\,(C_g + C_c)} \cos \frac{t}{\sqrt{L\,(C_g + C_c)}} - \frac{C_g}{6\,(C_g + 3\,C_c)} \cos \frac{t}{\sqrt{\dfrac{L\,(C_g + 3\,C_c)}{3}}} \qquad (11)$$

$$e_{2g} = \frac{1}{3} - \frac{C_g}{2\,(C_g + C_c)} \cos \frac{t}{\sqrt{L\,(C_g + C_c)}} + \frac{C_g}{6\,(C_g + 3\,C_c)} \cos \frac{t}{\sqrt{\dfrac{L\,(C_g + 3\,C_c)}{3}}} \qquad (12)$$

I potenziali elettrostatici $e_{1g}$ e $e_{2g}$, per $t = 0$, sono rispettivamente:

$$e_{1g} = \frac{2 + \left(\dfrac{C_g}{C_c}\right)}{3 + 4\left(\dfrac{C_g}{C_c}\right) + \left(\dfrac{C_g}{C_c}\right)^2} \qquad (13)$$

$$e_{2g} = \frac{1}{3 + 4\left(\dfrac{C_g}{C_c}\right) + \left(\dfrac{C_g}{C_c}\right)^2} \qquad (14)$$

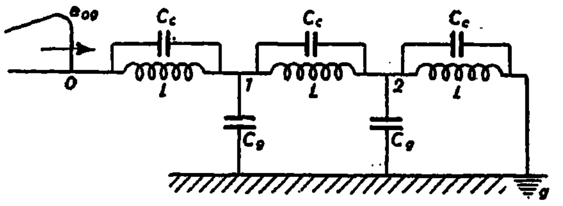



Fig. 28.

$e_{og} = \varepsilon^{-\alpha_1 t} = \varepsilon^{-\frac{t}{KT}}$, impulso a fronte retta e dorso secondo una curva esponenziale:

$$K = \frac{T}{\alpha_1}$$

$$e_{1g} = \left(\frac{2}{3} - \frac{C_g}{2\,(C_g + C_c)\,(1 + 4\,\pi^2 K^2)} - \frac{C_g}{6\,(C_g + 3\,C_c)\,(1 + 4\,\pi^2 \rho^2 K^2)}\right) \varepsilon^{-\frac{t}{KT}} - \frac{C_g}{2\,(C_g + C_c)} \, \frac{\cos\left(2\,\pi \dfrac{t}{T} + \operatorname{tg}^{-1} \dfrac{1}{2\,\pi K}\right)}{\sqrt{\dfrac{1}{4\,\pi^2 K^2} + 1}} - \frac{C_g}{6\,(C_g + 3\,C_c)} \, \frac{\cos\left(2\,\pi \rho \dfrac{t}{T} + \operatorname{tg}^{-1} \dfrac{1}{2\,\pi \rho K}\right)}{\sqrt{\dfrac{1}{4\,\pi^2 \rho^2 K^2} + 1}} \qquad (15)$$

$$e_{2g} = \left[\frac{1}{3} - \frac{C_g}{2\,(C_g + C_c)\,(1 + 4\,\pi^2 K^2)} - \frac{C_g}{6\,(C_g + 3\,C_c)\,(1 + 4\,\pi^2 \rho^2 K^2)}\right] \varepsilon^{-\frac{t}{KT}} - \frac{C_g}{2\,(C_g + C_c)} \, \frac{\cos\left(2\,\pi \dfrac{t}{T} + \operatorname{tg}^{-1} \dfrac{1}{2\,\pi K}\right)}{\sqrt{\dfrac{1}{4\,\pi^2 K^2} + 1}} + \frac{C_g}{6\,(C_g + 3\,C_c)} \, \frac{\cos\left(2\,\pi \rho \dfrac{t}{T} + \operatorname{tg}^{-1} \dfrac{1}{2\,\pi \rho K}\right)}{\sqrt{\dfrac{1}{4\,\pi^2 \rho^2 K^2} + 1}} \qquad (16)$$

in cui $T = 2\,\pi \sqrt{L\,(C_g + C_c)}$ , e $\rho = \sqrt{\dfrac{3\,(C_g + C_c)}{C_g + 3\,C_c}}$

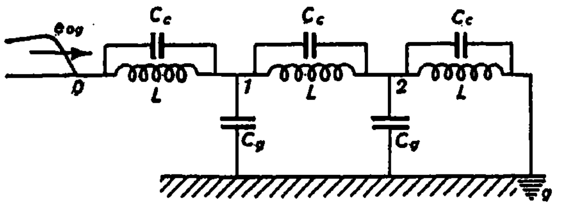



Fig. 29.

$$e_{og} = A\left(\varepsilon^{-\alpha_1 t} - \varepsilon^{-\alpha_2 t}\right) = A\left(\varepsilon^{-\frac{t}{K_1 T}} - \varepsilon^{-\frac{t}{K_2 T}}\right),$$

impulso a fronte e dorso secondo curve esponenziali:

$$K_1 = \frac{T}{\alpha_1} \quad \text{e} \quad K_2 = \frac{T}{\alpha_2}$$

$$e_{1g} = A\,(e'_{1g} - e''_{1g}) \qquad (17)$$

$$e_{2g} = A\,(e'_{2g} - e''_{2g}) \qquad (18)$$

dove i termini $e'_{1g}$, $e''_{1g}$, $e'_{2g}$ e $e''_{2g}$ sono determinati in base agli esponenziali $\varepsilon^{-\frac{t}{K_1 T}}$ e $\varepsilon^{-\frac{t}{K_2 T}}$ applicati e valutati nelle equazioni (15) e (16).

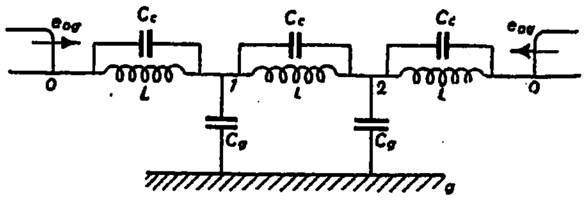



Fig. 30.

$e_{og} = 1$, impulso rettangolare

$$e_{1g} = e_{2g} = 1 - \frac{C_g}{C_g + C_c} \cos \frac{t}{\sqrt{L\,(C_g + C_c)}} \qquad (19)$$

e nel caso di un'onda a fronte ripido con dorso secondo una curva esponenziale:

$$e_{og} = \varepsilon^{-\alpha_1 t} = \varepsilon^{-\frac{t}{KT}}\,; \quad K = \frac{T}{\alpha_1}$$

$$e_{1g} = e_{2g} = \left(1 - \frac{C_g}{(C_g + C_c)\,(1 + 4\,\pi^2 K^2)}\right) \varepsilon^{-\frac{t}{KT}} - \frac{C_g}{C_g + C_c} \, \frac{\cos\left(2\,\pi \dfrac{t}{T} + \operatorname{tg}^{-1} \dfrac{1}{2\,\pi K}\right)}{\sqrt{\dfrac{1}{4\,\pi^2 K^2} + 1}} \qquad (20)$$

in cui $T = 2\,\pi \sqrt{L\,(C_g + C_c)}$

(12), (13), (14), (15), (16), (17), (18, (19) e (20) danno le soluzioni corrispondenti alle tensioni nell'avvolgimento in queste condizioni.

Può essere interessante per il lettore analizzare in dettaglio un caso particolare dell'oscillazione della tensione a uno dei punti colleganti i tre gruppi di bobine. Come esempio consideriamo la tensione $e_{1g}$ della fig. 27. Applicando il calcolo con gli operatori al circuito considerato si ha:

$e_{0g} = 1$, sovratensione di forma rettangolare

$$e_{1g} = 1 \frac{Z(p)}{Z(p) + \cfrac{1}{C_{gp} + \cfrac{1}{Z(p) + \cfrac{1}{C_{gp} + \cfrac{1}{Z(p)}}}}} = F(p)$$

dove $Z(p) = \frac{L p}{L C_c p^2 + 1}$ e $p = \frac{d}{dt}$ è l'operatore di Heaviside. L'espressione con gli operatori si semplifica nel modo seguente:

$$e_{1g} = \frac{2}{3} - \frac{C_g}{2(C_g + C_c)} \frac{(C_g + C_c) L p^2}{(C_g + C_c) L p^2 + 1} - \frac{C_g}{6(C_g + 3 C_c)} \frac{(C_g + 3 C_c) L p^2}{(C_g + 3 C_c) L p^2 + 3}$$

La soluzione definitiva secondo le regole del calcolo con gli operatori è quindi:

$$e_{1g} = e(t) = \frac{2}{3} - \frac{C_g}{2(C_g + C_c)} \cos \frac{t}{\sqrt{L(C_g + C_c)}} - \frac{C_g}{6(C_g + 3 C_c)} \cos \frac{t}{\sqrt{\frac{L(C_g + 3 C_c)}{3}}}$$

Questa è la stessa espressione data dall'equazione 11.

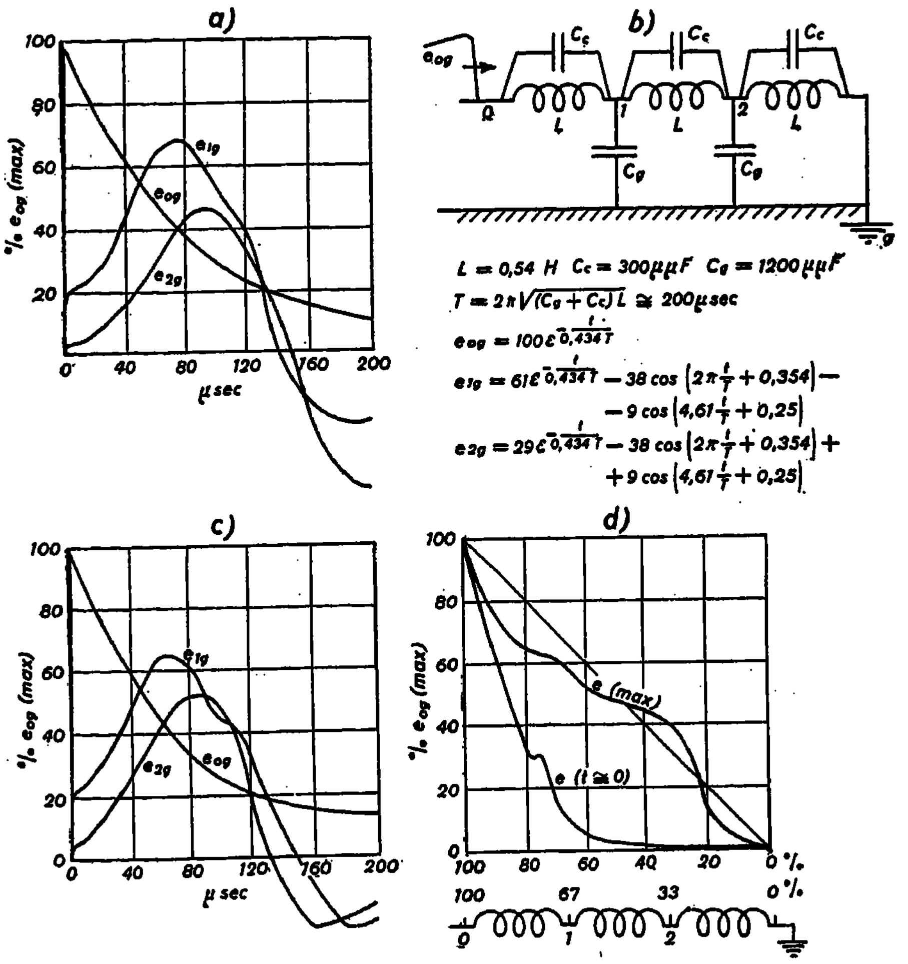
Nel caso di un'onda a fronte ripido e dorso di forma esponenziale, come nel caso della fig. 28, la soluzione per la tensione $e_{1g}$ può essere ottenuta tanto con gli operatori:

$$e_{1g} = F(p)\, \varepsilon^{-\alpha_1 t} = F(p) \frac{q}{p + \alpha_1} = \text{equazione } 15$$

che applicando il teorema di Duhamel:

$$e_{1g} = \frac{d}{dt} \int_0^t e(t - \lambda)\, \varepsilon^{-\alpha_1 \lambda} d\lambda = \text{equazione 15 (Bibl. 15).}$$

Nella fig. 31 le analisi sopradette sono applicate alla determinazione della distribuzione del potenziale in un avvolgimento da 3000 kVA, 140 kV suddiviso in tre gruppi di bobine. La fig. 31 *b*) rappresenta il circuito equivalente calcolato in base alle dimensioni dell'avvolgimento; la fig. 31 *a*) dà le oscillazioni della tensione calcolate ai due punti colleganti i tre gruppi di bobine, che possono essere paragonate agli oscillogrammi per le stesse tensioni riprodotti nella fig. 31 *c*). Il periodo di oscillazione fondamentale dell'avvolgimento è di 200 microsecondi. La fig. 31 *d*) dà le curve rappresentanti la distribuzione iniziale della tensione d'impulso e l'inviluppo delle massime tensioni verso terra. In generale il periodo di oscillazione naturale inerente agli avvolgimenti a tre gruppi è lungo rispetto alle sovratensioni atmosferiche di lunghezza massima; questo tipo di




Figg. 31 *a*), *b*), *c*) e *d*).

avvolgimento non è pertanto soggetto a oscillazioni di tensione eccessive.

Per completare lo studio si è considerato anche l'avvolgimento suddiviso in più gruppi. Le equazioni 21 e 22 rappresentano il comportamento di questo avvolgimento con un'onda rettangolare; il circuito equivalente è rappresentato nella fig. 32. Questo tipo di avvolgimento non ha un'importanza pratica notevole nei riguardi dell'avvolgimento a mantello.

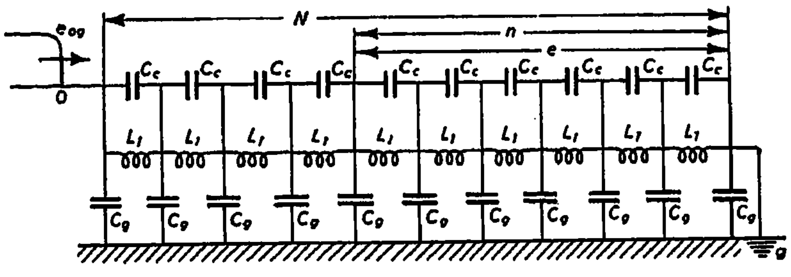



Fig. 32.

$e_{0g} = 1$, impulso rettangolare,

$$e = \frac{n}{N} + \sum_{K=1}^{K=\infty} \frac{\dfrac{2 \operatorname{sen} K\pi \frac{n}{N}}{K}}{\cos K\pi \left(1 + \dfrac{K^2 \pi^2}{\alpha^2}\right)} \cos \frac{t}{\sqrt{L C_g \left(\dfrac{1}{K^2 \pi^2} + \dfrac{1}{\alpha^2}\right)}} \qquad (21)$$

$$e = \frac{\operatorname{sh} \alpha \frac{n}{N}}{\operatorname{sh} \alpha}, \; (t = 0) \qquad (22)$$

in cui $L = N L_1$, $C_1 = C_g N$, $C_2 = \frac{C_2}{N}$, $\alpha = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}$

Le equazioni date non tengon conto dell'attenuazione. L'entità dell'attenuazione delle oscillazioni negli avvolgimenti dipende dall'effetto complessivo dell'impedenza naturale della linea, della resistenza effettiva dell'avvolgimento, dalle perdite nell'isolamento e, probabilmente, dall'attenuazione dovuta al nucleo in ferro.

In generale le oscillazioni negli avvolgimenti diminuiscono fino a $\frac{1}{\varepsilon} = \frac{1}{2{,}72}$ dell'ampiezza della prima oscillazione in circa 3 a 10 oscillazioni complete.

# Bibliografia


(1) *Electrical Engineering*, luglio 1931, pp. 478-502; e anche nei *Comptes Rendus de la Conference Internationale des Grands Reseaux*, giugno 1931.

(2) C. L. Fortescue, F. W. Peek, R. N. Conwell, P. Sporn, ecc.: *A.I.E.E. Trans.*, Vol. 50, pp. 1077-1154, Sett. 1931.
C. L. Fortescue « Lightning investigations ». Estratto dall'*Electric Journal*, 1930.

(3) H. V. Putman: « Surge-proof transformers », Winter Convention della *A.I.E.E.*, New York, gennaio 1932.

(4) Prossimamente verrà compilata una relazione descrittiva e analitica dei generatori di impulso.

(5) K. W. Wagner: « Ueber eine Formel von Heaviside zur Berechnung von Einschaltvorgange », *Arch. fur Elektrotecnik*, Vol. 4, 1916.

(6) L. F. Blume e A. Boyajan: « Abnormal voltages within transformers », *A.I.E.E. Trans.*, Vol. 38, 1919.

(7) J. Fallou: « Contribution expérimentale à l'étude des surtensions dans les transformateurs », *Bull. de la Société Française des Electriciens*, Vol. VI, 1926.

(8) K. K. Palueff: « Effect of transient voltages on power transformer design - I », *A.I.E.E. Trans.*, Vol. 48, 1929.

(9) J. K. Hodnette: « Effect of surges on transformer windings », *A.I.E.E. Trans.*, Vol. 49, 1930.
F. J. Vogel e J. K. Hodnette: « Grounding banks of transformers with neutral impedances », *A.I.E.E. Trans.*, Vol. 50, 1931.

(10) O. Heaviside: « Electromagnetic theory ».

(11) G. Giorgi: « Il metodo simbolico nello studio delle correnti variabili », Associazione Elettrotecnica Italiana. *Estratto degli atti*, Vol. 9, 1905.
« Sul calcolo delle soluzioni funzionali originate dai problemi di elettrodinamica ». Associazione Elettrotecnica Italiana. *Estratto dagli Atti*.

(12) Circolare del Bureau of Standards, N. 74, Parte III - Formulas and Data, pp. (235-318), Government Printing Office, Washington, D. C., 1924. Gli avvolgimenti a mantello sono di massima rettangolari e quindi la formula (166) è particolarmente utile per il calcolo dell'induttanza quando si vogliano investigare gli effetti delle sovratensioni in tali avvolgimenti.

(13) L. F. Woodruff: « Principles of electric power transmission », Capp. X-XV-XVI, John Wiley & Sons, 1925.

(14) R. Rüdenberg: « Elektrische Schaltvorgänge », pp. 446-487, Julius Springer, 1926.

(15) J. R. Carson: « Electric circuit theory and operational calculus ». McGraw-Hill, 1926.
V. Bush: « Operational circuit analysis », John Wiley & Sons 1929.

(16) J. H. Morecroft: « Principles of radio communication », Cap. II, John Wiley & Sons, 1927.

# FATTI E TESTIMONIANZE

## Sempre l'industria elettrica e i dilettanti

(*Lettera aperta ad un dottore, parmi, di scienze economiche*) (1)

*In politica: l'Italia su tutto; in estetica: la poesia classica su tutto; in pratica: la schiettezza e la forza su tutto.*

(CARDUCCI: *Ceneri e faville*).

Per rendere omaggio alla forma del suo ultimo scritto, certo molto migliore, voglio dire meno acre, dei precedenti, faccio eccezione alla norma di non polemizzare in persona prima con chi non è della partita, ed esamino alcune delle sue affermazioni... croniche, e taluno dei suoi atteggiamenti... abituali, in merito all'industria elettrica.

E se mi faccio precedere da una citazione carducciana inneggiante alla schiettezza (e spero non me la vorrà Ella pure proibire, come pretenderebbe un caposcarico romano) è soltanto perchè la schiettezza risponde al mio carattere, e ad usarne sono indotto da ciò che troppo irragionevole e infondata e troppo insistente ed incomprensibile è l'ostilità di che Ella perseguita da tempo l'industria elettrica. Ripeto tuttavia con Carducci che non m'illudo persuadere nè Lei nè altri come Lei. Intendo soltanto proseguire la difesa dell'industria che rappresento, anche se con Lei ci sono difficoltà specifiche a discutere e a comprenderci.

Prima difficoltà, non se l'abbia a male: Ella è, se non sbaglio, dottore in scienze economiche e commerciali. In tale sua qualità Ella deve conoscere *tutte* le industrie e *tutte* le attività economiche: banca; cambii; navigazione; dogane; siderurgia; mulini; agricoltura; commercio; pesca; elettricità, ecc. ecc.

Ma credo che conosca tutte queste cose, molto più dal punto di vista teorico che non dal punto di vista pratico, non constandomi che Ella abbia mai gestito un'azienda qualsiasi.

Io invece non conosco niente di tutto ciò che conosce Lei, perchè da trentasei anni, si può dire, non mi occupo che di industria elettrica. Ella si è esteso in superficie; io in profondità. Non so quale sistema sia migliore; credo che in pratica occorrano uomini delle due specie. Certo è comunque che il nostro orientamente mentale, il nostro modo di concepire, *ergo* di esprimerci, non rendono facili le discussioni fra noi, e dovrebbero consigliare di evitarle, tanto più in quanto finiscono ad essere di scarsissima utilità. Ma mentre io evito con cura di parlare e sopratutto intrattenere il pubblico di cose che non conosco, e sono tanto contento di imparare ciò che sanno gli altri, ho dovuto constatare il contrario da parte di molti, Lei compreso. Un giorno, per esempio, mi sono accorto, non senza grandissima meraviglia, che taluno sosteneva come la svalutazione e l'instabilità monetaria avessero costituito e rappresentato uno dei più efficaci e potenti stimoli e causali dell'immobilizzo di nuovi capitali nell'industria elettrica! Per noi: elettricisti, pratici, e responsabili, una simile tesi era poco meno che assurda; onde uscendo dal campo del mio lavoro ordinario, ho replicato a quello scritto cercando di dimostrare con argomenti e cifre quale razza di abbaglio avesse colpito l'autore. Ma (e qui viene una seconda difficoltà di intenderci) Ella nel Suo articolo recente, senza affatto farsi carico di citare le ragioni avverse, mi presta un riconoscimento d'esattezza di quella tesi, che non esiste se non nella sua immaginazione. Ebbene, questo sistema di manipolare i fatti mi pare poco raccomandabile, ed io in ogni modo non posso seguirlo.

Terza difficoltà d'intenderci, questa: Lei ama, come molti dei così detti economisti, non tutti grazie al Cielo, dare consigli. Ebbene, nei miei anni giovanili mi hanno insegnato spesso, e con frutto, che bisogna astenersi dal dare consigli anche quando sono richiesti, più che mai poi quando non soltanto non sono richiesti, ma probabilmente le persone consigliate ne sanno più di noi. Ci sono a questo proposito numerosissimi proverbi che esprimono lo stesso concetto. Così si dice in milanese: *ofelée fa el to mestée;* oppure in milanese italianizzato: *Ne sa più un matto a casa sua che un savio a casa degli altri.* E non mancano le formule imperative, per esempio: *Non ficcare il naso in casa d'altri,* ecc.

Ella penserà certamente a questo punto che io non brilli per eccesso di modestia. Ammetto che la falsa umiltà mi dà fastidio; mi sembra debbasi evitare più assai della immodestia. Anche Marco Aurelio doveva pensare a un dipresso così, quando scrisse che di tutti gli orgogli il più abbominevole è quello dell'umiltà. La schiettezza del procedere e del parlare ha dunque tutte le mie simpatie, naturalmente quando non è disgiunta da serietà di intenti e di conoscenze, altrimenti sarebbe sfacciataggine. E un uomo come me, non più giovane, e che ha sempre fatto una cosa sola (occuparsi di elettricità e di industria elettrica, salvo lo svago delle buone e l'obbligo e il tedio delle cattive letture) se fosse modesto anche nelle pochissime cose che conosce, confesserebbe di avere pochissimo cervello in testa. Non può sorprendere che io non abbia voglia di fare neanche implicitamente simile dichiarazione.

Chiusa la parentesi, Le dirò che non mi sarei mai atteso da un dottore in scienze economiche il consiglio di diminuire i

---

(1) Questo scritto, dettato per svago nei momenti di ozio, può servire suppergiù, e salve le dovute variazioni, di replica .... inutile a molti preconcetti o presuntuosi scrittori di cose nostre: qualche giornalista, per fortuna dei minori; un letterato che per solo attestato di competenza può dire d'essere nel nome fratello di Elettra; un fiorentino scappato dall'inferno senza che alcuno ne sentisse il bisogno; alcuni ingegneri o ignoti del tutto o nulli nel campo del nostro lavoro, ecc.

prezzi, nell'illusione di spingere il consumo dell'energia elettrica, s'intende spingerlo in misura che valga la pena di essere considerata. Il consumo dell'energia elettrica (non Le dispiaccia se oso adoperare parole del Suo gergo) è da classificare fra gli *anelastici*, relativamente s'intende. Se è vero (come i nostri avversari dicono per aggravare il delitto di vendita a prezzi d'affezione, cioè per risuscitare contro di noi l'abusato cliché dell'untore), che l'energia elettrica è il *pane* dell'industria, non sembra illusoria la speranza di venderne più di quanto comporti l'appetito, cioè il bisogno? Quando un industriale ha consumato l'energia che gli occorre, si può diminuire il prezzo fin che si vuole, non se ne venderà un kWh di più; così un utente luce quando ha finito di servirsene, soffia la candela. Non capacita questo ragionamento?

Per carità non mi si venga a fare delle sottigliezze le quali non caverebbero il solito ragno dal non men solito buco! Faccio questa domanda pro forma; nè attendo nè desidero risposta, la quale con ogni verosimiglianza, non potrebbe pretendere di modificare le direttive che agli uomini «*responsabili*» sembrano le più utili allo svolgimento della loro attività a questi due fini *inscindibili*: aumentare la vendita e dare agli azionisti un utile possibilmente commisurato, e purtroppo non si riesce sempre, alle percentuali che i tempi comandano, senza di che ogni loro sforzo più tosto che tardi si dimostrerebbe vano.

Se trovasse un po' di jattanza in queste parole, Le assicuro che è invece e soltanto consapevolezza, e comunque, voglia sopportarla, illustre dottore, senza adontarsene, così e come noi non ci siamo adontati dell'ipotesi che molti con bella innocenza e più bella baldanza (requisiti di gioventù) mettono a base delle loro critiche più o meno astiose e preconcette: quella di saperne, in fatto di industria elettrica, almeno tanto quanto quelli che ci han passato, si può dire, la vita.

Ecco qua un esempio. Per spingere il consumo (o per essere più precisi, per persuadersi che il consumo non si spinge) c'è stato chi offerse ai consumatori il 50 % di ribasso sull'eccedenza del consumo verificatosi precedentemente. Ma Ella ha subito trovato naturale che il metodo fallisse allo scopo. Sfido, ha avuto l'aria di dire, bisognava fare lo sconto non sul maggior consumo, ma sulla totalità! Ah professore spassoso! Per fortuna Lei non amministra nè forse amministrerà mai nessuna impresa elettrica. Ma se questa eventualità si verificasse, Le auguro in pro dei suoi disgraziati azionisti di diventare celebre come padre Zappata! Il 50 % a tutto il consumo! Faccia una cosa dottore: metta la testa dentro la bottega del Suo fornaio o salumiere; e provi a dare questo consiglio. O, se Le sembra volgare l'invito, faccia una capatina ai Comuni di Milano, Brescia, Parma, Modena, Roma ecc. e ripeta la richiesta. Vedrà che successo!

Scherzi a parte, delle tre l'una: Lei ha o la forza di non leggere o il dono di non ricordare o la virtù di non credere a ciò che legge. Non ha il vago ricordo di aver sentito dire o non Le è capitato mai di rilevare che l'utile distribuito dalle imprese elettriche al capitale non è mediamente superiore al 20 % degli incassi e spesso anzi è soltanto del 10 % e anche meno? E vorrebbe il 50 % di sconto! Ma scusi, illustre dottore: l'energia idroelettrica, è vero, si fa con l'acqua che non costa nulla; ma i denari presi a prestito, che costituiscono la vera materia prima dell'industria idroelettrica, costano di puro interesse più dell'otto per cento le obbligazioni americane e almeno il sette e mezzo quelle italiane, mentre i debiti fluttuanti costano anche di più.

Ma io mi lascio trascinare. La verità è che Lei ha la rispettabilissima professione di scrivere; ed io la rispetto; ma, scusi, perchè non scrive sul consumo dei polli, delle uova, delle scarpe, del vino, del tabacco, del pane, ecc. ecc.

A proposito del pane, Lei sa certo che il suo prezzo è aumentato due volte negli ultimi tempi; ma forse non ha pensato che l'aumento, da solo, costa alla famiglia media poco meno della metà di quanto incassa il fornitore di luce. Non Le pare si faccia della rettorica o della demagogia insistendo contro l'industria elettrica? Lei mi dirà che non si è occupato l'ultima volta dell'illuminazione, bensì della forza motrice per l'industria. Ed io riconosco che Ella ha variato nelle Sue elocubrazioni. A volta a volta, l'agricoltura, la luce elettrica, l'industria. Sgraziatamente Ella è sempre dalla parte contraria e secondo noi senza ragioni e contro giustizia. So perfettamente che Ella tutela l'interesse «*nazionale*». D'accordo; ma gli azionisti e i creditori dell'industria elettrica che hanno rischiato 20 o 25 miliardi per servire il paese sono fuori della Nazione? E poi non trova Lei che in regime corporativo ci sono degli organi appositi per tutelare gli interessi *generali* dell'agricoltura e altri quelli dell'industria? Per es. ha visto Lei che nel recente discorso di Firenze, anche S. E. Serpieri, più di moltissimi qualificato a interloquire in materia, dichiara che sarebbe un errore far dipendere l'impiego dell'energia elettrica in agricoltura dal *prezzo* del kilowattora?

Ed in quanto a industria, ha letto per es. la esauriente dettagliata precisa lettera del Signor Pasquale Pozzi, autentico cotoniere, sull'incidenza dell'energia elettrica per es. nell'industria del cotone? E più in generale ha studiato le statistiche americane (vedi *L'Energia Elettrica* 1932, pag. 275) e alcuni altri rilievi italiani, molto meno abbondanti ma concordi nel dimostrare che in genere in tutta l'industria manifatturiera l'incidenza dell'energia non è mediamente superiore a 1,50 % del costo dei prodotti?

Ella dice che se gli industriali preferiscono il Diesel, segno è che danno peso anche alle economie minime. Siamo d'accordo, illustre professore, siamo d'accordo! Ma non Le balena in mente il sospetto che se le imprese elettriche devono perdere alcuni clienti, che preferiscono altre sorgenti di energia, questo fatto dimostra, CONTRO LA SUA TESI, due verità importantissime: prima che si strilla fuori luogo e fuori tempo e fuori misura contro il così detto monopolio elettrico; secondo che quelle imprese in quei casi non possono sostenere la concorrenza del motore Diesel? E crede che basteranno i consigli e le sgridate contro lo scarso patriottismo delle aziende elettriche a costringerle a vendere a prezzi che ritengono insufficienti? O è anche Lei del parere di quell'ingegnere pseudo-milanese e di quell'altro nostro avversario romano, che del successo del Diesel contro l'energia idro-elettrica vogliono entrambi tenere responsabile proprio l'industria elettrica che ne subisce il danno?

È vero che, secondo quanto narra Cicerone nell'orazione pro Roscio, Caio Fimbria uomo del tutto perverso e spregevole, essendo riuscito durante i funerali di Mario a far pugnalare Quinto Scevola, il più santo e sapiente dei romani di quel tempo, indispettito di vederlo tuttavia sopravvivere e trascinatolo per ciò davanti ai giudici, a chi, meravigliato per tanta sfrontatezza, gli chiedeva di che mai volesse incolpare un uomo di tanta probità e virtù, rispose in demenza rimproverargli di non essersi lasciato piantare nelle carni il pugnale fino al manico!

Ma a questa stregua bisognerà attendersi di vedere messo sotto processo anche S. E. Ciano, perchè le FF. di SS. non hanno saputo impedire la concorrenza dei camions, anche se le Ferrovie abbiano la fortuna, per essere statali, di potersi difendere proibendone l'uso, o almeno limitandolo d'autorità. E noi dovremmo, a sentire certi sapientoni, impedire sì l'uso dei Diesel ma vendendo in perdita! *Quam parva sapientia regitur mundus*!

No, egregio Professore; l'unica conseguenza ragionevole e probabile del deprecabile avvento del Diesel sarà in un primo tempo l'arresto nella costruzione di nuovi impianti idroelettrici, non essendovi alcuna possibilità di costringere i risparmiatori a immobilizzare altri denari in un determinato negozio, quando temano di perdervi quelli precedentemente investiti; in pro-

gresso di tempo, o la selezione naturale della clientela, cioè la rinuncia a quella che può procurarsi il servizio a migliori condizioni (e che farà benissimo a provvedere in proprio) per conservare la rimanente che non ha questa possibilità, rimedierà alle difficoltà economiche delle aziende elettriche; oppure ciascuna impresa considererà se ed entro che limiti sia necessario dichiarare anche formalmente perduto in tutto od in parte il proprio capitale, o se invece potrà, restringendo il suo programma e rinunciando ad ulteriori sviluppi, contentarsi di retribuirlo nella misura più o meno meschina che il destino le permetterà.

*Ma nel merito io sono ottimista. Credo che se anche il motore Diesel toglierà qualche utente alle imprese elettriche, queste avranno sempre un largo campo d'azione in cui svolgere opera utile al paese con vantaggio proprio.*

Invece Lei da questo orecchio non vuol sentire, e queste considerazioncelle ha in disdegno. Lei bada al sodo. Per Lei è *necessario* ridurre i prezzi dell'energia elettrica. Che la richiesta sia giustificabile, anzi accettabile dalle vittime predesignate, non Le importa nulla. Lo dice Lei e basta. Ma badi, professore, che gli utili dei venditori son già scesi sotto alla misura ritenuta normale nel mercato dei titoli! — E che cosa vuol dire ciò? risponde Lei terribile; il paese ha bisogno di energia a miglior mercato, dunque i prezzi devono diminuirsi! — Ma il capitale non renderà più nulla! — Il capitale? replica Lei più spaventoso ancora. Il capitale è stato versato precisamente perchè possa essere perduto, a profitto della clientela! Che razza di civismo è questo? (tuona Lei e Le fa eco il coro dei superuomini). Pretendete forse di anteporre i vostri miserabili interessi particolaristici al dovere di fare il bene della Nazione? Annullatelo il vostro capitale ed il problema sarà risolto; sarete infatti esonerati da qualunque preoccupazione sulla sua redditività!

Ai lettori parrà che io esageri o drammatizzi, per dirla con una parola venuta di moda. No no, egregi e cari lettori. Non ho fatto altro che mettere un po' di amaro sulla teoria che ci è stata scodellata da chi trova che la riduzione del capitale mette a posto tutto, che è poi il proprio della demagogia: *risolvere tutte le difficoltà coi danari degli altri.*

Ottimo ed esimio economista: Se vuol parlare da senno, sia buono, rifletta innanzitutto che cotesta taumaturgica riduzione del capitale che Ella ha l'aria di consigliarci, quando e dove veramente è parsa utile a rinvigorire un'azienda *e necessaria a procurarle i nuovi capitali occorrenti*, l'hanno applicata tanti, me non escluso, anche con discreto, forse anche brillante successo, senza bisogno di chiedere consiglio a nessuno.

La riduzione del capitale è però un rimedio eroico, il quale, come tutti i rimedi eroici non può essere consigliato per tutta una popolazione (fuori metafora: per tutta un'industria); può bensì ritenersi più o meno indicato per determinati individui, giudicati afflitti di quella tale e non di altra malattia. Dovrebbe bastare questa osservazione a mostrarLe quanto poco si possa concordare con Lei quando ardisce suggerire la svalutazione generica di tutto il capitale dell'industria elettrica italiana; e quanto assurdo, per non dire altro, diventi quel consiglio se avesse per scopo non di seppellire o constatare perdite irrimediabili, bensì esclusivamente di fare il vantaggio degli utenti, ciò che maschera appena la assurda pretesa di spogliare gli uni a vantaggio degli altri, e di arrivare a ciò non per inevitabile effetto di mutamenti obiettivi nelle condizioni generali e nel mercato dell'energia, ma per imposizione di estranei irresponsabili, cui piace dedicarsi al nostro maggiore vantaggio e guidarci non chiesti nel nostro difficile cammino.

Per chiudere questa lunga epistola mi si conceda di trovare infine piuttosto singolare che nella foga preconcetta del loro ardore, i nostri critici dimentichino sempre (a non dire dell'azione dei Comuni i quali nella maggior parte dei luoghi dove ha importanza intervengono in uno o in altro modo nella determinazione dei prezzi) dimentichino si ripete le aziende municipali e la loro vita e l'esperienza e gli ammaestramenti che se ne possono cavare. Ci rifletta Lei professore, e se vuole essere messo sulla strada, legga le considerazioni da me svolte in uno scritto recente dal titolo « *L'industria elettrica e la concorrenza* » (*gratis* a richiesta). Vedrà che ad onta della monotonia della mia dialettica difensiva (perfetto *pendant* del resto della monotonia delle accuse di cui siamo oggetto) c'è molto da imparare, per gli uomini di buona fede s'intende, in quanto fecero e non fecero le aziende municipali. E si informi anche di quanto fece e non fece l'*Ente Adige Garda*, altra iniziativa di diritto pubblico nata in clima riformistico e tollerata, forse a titolo sperimentale, anche in clima fascista.

Questo solo basti a mettere nella loro vera luce certi attacchi: mentre chi li muove si ostina a pretendere il ribasso dei prezzi anche oltre l'annullamento del profitto e fino alla perdita del capitale, le aziende municipali applicano in generale prezzi più alti delle aziende private; e come se questa « statica » non fosse sufficientemente monotona, ecco una « dinamica » altrattanto monotona: il Comune di Brescia ha aumentato di 30 cent. al kWh la tariffa luce e quello di Roma di 15 cent. la tassa, dichiarando quest'ultimo (che volesse canzonare i nostri critici?) che un simile aumento sarebbe stato *insignificante* per gli utenti!

E altrettanto aveva fatto il Comune di Torino, seguito recentemente da quello di Trento per il gas, in attesa di aumentare anche i prezzi della luce. Infine è di questi giorni la notizia che il Ministro Bottai, giustamente preoccupato che nelle formule di revisione del prezzo del gas figuri un interesse del *cinque* per cento solamente, di concerto col Capo del Governo ha presentato un disegno di legge inteso *ad aumentare quel tasso*, giustificando la proposta fra altro con queste assennate osservazioni:

« .... Non si può ammettere che nella formazione del prezzo « del gas non si tenga conto del costo effettivo del denaro « occorrente per la costruzione di nuovi impianti e per il per- « fezionamento di quelli esistenti ........................

..........................................

« Una delle cause che ostacolano l'estensione del servizio « del gas è rappresentata appunto dalla esistenza di norme che « rendono difficile l'apporto di nuovi capitali, necessarii allo « sviluppo di tale ramo di attività.... ».

Magnifico tutto questo, è vero? Non è di questo parere? Pazienza! La riverisco ugualmente.

*i. g. m.*

*Per finire.* A Milano la tariffa dei barbieri di terza categoria (la meno alta) è di L. 1,60 per la barba e di L. 3,50 per il taglio dei capelli. Se il capo famiglia si facesse radere una volta la settimana e tagliasse i capelli una volta al mese (troppo lusso?) spenderebbe 124 lire all'anno. Dal momento che (come con deplorevole monotonia si è stampato molte volte) a Milano ci sono almeno 80 mila famiglie che spendono per la luce 90 lire all'anno di cui 30 circa per tasse, non parrebbe urgente a Lei e a tutti i Suoi simili aprire una energica campagna contro il caro-barba?

Questa domanda valga di risposta ad un'altra che ci vien fatta talvolta con una strizzatina d'occhi furbesca: siete proprio persuasi nella vostra coscienza, voi elettricisti, di aver ragione con la vostra « *teoria* » (!) dell'incidenza?

E adesso ho finito davvero.

*i. g. m.*

# Cronistoria elettro-parlamentare

1° – Il giorno 1° marzo 1932 fu messa in distribuzione alla Camera la relazione sul Bilancio dei LL. PP. che figura presentata alla Presidenza della Camera il 25 febbraio. In quella relazione erano contenute, a proposito dell'industria elettrica, fra le altre le seguenti osservazioni: « Purtroppo il prezzo del-« l'energia elettrica in Italia è ancora tale da non consentire « sempre il suo utile impiego. Non nascondiamo la nostra mera-« viglia che sia l'energia elettrica il solo prodotto italiano che « non subisce gli effetti di una generale legge economica (rap-« porto fra l'offerta e la richiesta), in un momento in cui neces-« sità di ordine superiore impongono di ridurre tutti gli elementi « del costo di produzione e quindi anche gli utili industriali al « capitale impiegato ».

2° – Il giorno 3 marzo (giovedì) l'On. Fusco ha creduto opportuno obiettare alle osservazioni del relatore sull'industria elettrica. Interessantissima, perchè illumina le mentalità e i preconcetti anche delle classi colte, l'interruzione dell'On. Aldi Mai, segretario della Camera si noti bene, il quale, mentre l'On. Fusco rilevava essere le lagnanze degli utenti indipendenti dal prezzo e ne deduceva non essere dunque il prezzo la cagione sola delle lamentele, sentì il bisogno ed ebbe il buon gusto di gridare: *C'è chi ruba più e c'è chi ruba meno*, grido al quale fecero naturalmente eco le risa della Camera. Così, mentre l'industria elettrica attraversa i guai che tutti sanno, c'è dei deputati che ci trattano da ladri e degli altri che ridono.

3° – Il giorno 4 marzo (venerdì) in assenza del relatore speciale On. Muzzarini, replicò all'On. Fusco l'On. Puppini Presidente della Giunta del Bilancio. Anche da questa seduta era assente l'On. Motta.

4° – Lo stesso giorno 4 marzo la Camera prese le vacanze pasquali.

5° – Il giorno 11 marzo a un redattore recente di un giornale autorevole non sembrò vero di prendere pretesto dalle parole dell'On. Puppini per .....accusare di antifascismo l'On. Motta, in quanto aveva osato scrivere in un suo studio presentato al Congresso della Società Italiana per il progresso delle Scienze (vedi *L'Energia Elettrica* numero di settembre 1931, pag. 743) che:

« Le cifre e le ragioni esposte mi sembrano dirimenti per di-« mostrare la inutilità, diciamo l'oziosità, dell'intervento degli « Enti pubblici, e specificatamente dello Stato, a tutela dei con-« sumatori e contro gli eventuali eccessi delle Imprese elettri-« che ».

6° – Il giorno 16 marzo lo stesso autorevole giornale pubblicava la lettera aperta dell'On. Motta all'On. Muzzarini che noi riportammo nel nostro numero di Marzo 1932, pag. 205.

7° – Il giorno 22 marzo i giornali pubblicavano una lettera dell' On. Muzzarini all' On. Motta nella quale fra altro si diceva:

« Il 7 aprile p. v., quando la Camera riprenderà i suoi lavori, « tu potrai agevolmente chiedere la parola sul processo verbale « o scegliere altri mezzi, che il regolamento della Camera for-« nisce, perchè la discussione del vitalissimo problema sia ri-« presa, con la possibilità dei più ampi sviluppi. Ti risponde-« remo in quella sede, *non ritenendo opportuno che sia convertito « in polemica* un dibattito sorto alla Camera e che alla Camera « deve essere, almeno nei nostri riguardi, conchiuso ».

8° – Il giorno 7 aprile 1932 l'On. Puppini sul verbale ha fatto alla Camera dichiarazioni che risultano così riportate nel resoconto sommario della seduta:

« *Puppini*, Presidente della Giunta del Bilancio, ricorda che « nella Seduta del 4 marzo, interloquendo nella discussione del « Bilancio dei Lavori Pubblici, egli ebbe a trattare del colloca-« mento dell'energia elettrica sovrabbondante, con la massima « serenità e dal solo punto di vista dell'interesse nazionale: « problema necessariamente connesso con quello delle tariffe.

« A tali osservazioni il Camerata *Motta* ha creduto di rispon-« dere in altra sede, forse senza nemmeno aver letto il discorso « pronunciato dell'Oratore.

« Ma a parte il contenuto della risposta, sarebbe stato certo « più opportuno che l'On. *Motta* fosse intervenuto a questa Se-« duta per fare in sede di approvazione del Processo Verbale i « suoi rilievi sulle dichiarazioni che l'Oratore ebbe a fare a suo « tempo. Comunque si augura che la questione di tanto interesse « nazionale possa in una prossima occasione essere sollevata « alla Camera » (1).

9° – La sera dello stesso giorno 7 aprile l'On. Motta spediva a S. E. Giuriati il seguente telegramma che non sappiamo se sia stato comunicato alla Camera, e del quale nessun cenno abbiamo visto sui giornali:

« Per sopravvenuto attacco influenzale che costringemi letto « dovetti farmi sostituire riunioni internazionali Parigi stop « quanto alle osservazioni fatte oggi in sede di verbale da Ca-« merata Puppini mentre parmi superfluo confermare mia de-« ferenza per Eccellenza Vostra et per la Camera duolmi non « poter condividere illazioni che egli trassene *ritenendo io non « avere mancato anzi avere adempiuto mio preciso dovere interve-« nendo serenamente et in base a fatti nella campagna di deni-« grazione anche personale cui servirono da pretesto contro l'indu-« stria elettrica le poche frasi della relazione bilancio Lavori Pub-« blici et replica Puppini a Fusco, dappoichè non avevo altra « scelta per sperare di essere almeno tempestivo a difesa degli « interessi onorevolissimi di tutta l'Industria elettrica italiana da « me rappresentata* stop non parvemi possibile mai nè consi-« gliabile intrattenere la Camera sulle amenità et meschinità « certi attacchi giornalistici ciò che non contrasta anzi presup-« pone mio sincero rispetto per il dibattito parlamentare al « quale se possibile et utile riservomi intervenire. – Con pro-« fondo ossequio. Deputato Motta, Presidente Unfiel ».

10° – Nella tornata del giorno 13 aprile, l'On. Canelli, in un brillante arguto discorso in tema squisitamente politico, ha trovato modo di inserire la sua brava botta alle tariffe dell'energia elettrica, col rischio di sciupare l'estetica del suo dire! Peccato! Giudichino i lettori. Rammemora a un certo punto l'oratore le funzioni della Camera, e tra i suoi compiti cita con le stesse parole il pensiero del Presidente: *offrire ai suoi membri una tribuna altissima.* Ma poi aggiunge testualmente: Una tribuna altissima Onorevole Motta. (Voci: non c'è; è in congedo). Evidentemente l'On. Motta soffre di vertigini (ilarità). Egli deve abituarsi alle altezze, *come va abituando noi alle altezze delle sue tariffe elettriche* !

Noi, che non abbiamo lo spirito dell'On. Canelli, ci rammarichiamo di questa sua brutta fine. Non si poteva più rapidamente nè precipitare così in basso, nè mancare di coerenza per il proprio pensiero e di rispetto per *l'altissima tribuna.*

(1) Crediamo sapere che l'On. Motta se anche non fosse stato ammalato si riteneva già sufficientemente edificato dalle interruzioni ingiuriose per l'industria elettrica su cui ha riso la Camera, e non desiderava il rischio di sentirne altre.

# DIRITTO E GIURISPRUDENZA

**Derivazione di acqua pubblica - Decadenza e prescrizione.**

MASSIMA

*Per il riconoscimento di un diritto a derivazione di acqua pubblica sorgente dall'uso trentennale anteriore alla legge* 10/8/1884 *n.* 2664, *non è necessario che l'uso effettivo sia protratto sino alla presentazione della domanda di riconoscimento (art.* 1 *lettera* b, *e art.* 2 *R. D.* 9/10/1919, *n.* 2161).

*La decadenza del diritto dell'utente per non uso triennale della derivazione, anche nel caso in cui l'utente non abbia ancora ottenuto il riconoscimento, tempestivamente richiesto, non può essere pronunciata se non previa la diffida ed il parere di cui all'art.* 41 *ultimo capov. del R. D.* 9/10/1919, *n.* 2161.

*Il diritto alla derivazione d'acqua non è estinguibile per prescrizione trentennale, in quanto la legge ha ad essa sostituito la speciale decadenza per non uso triennale.*

*In ogni caso la domanda di riconoscimento della utenza costituirebbe atto interruttivo della prescrizione estintiva.*

Tribunale Superiore delle Acque Pubbliche, 18 giugno - 5 luglio 1930, Pres. Salucci, Est. Messina, in causa MONACI (Avv. Pacelli) c. NOTARI (Avv.ti Cavallo e Sarrocchi) e c. MINISTERO LL. PP. (Avvocatura Erariale).

FATTO E DIRITTO

Attesochè Angelo Monaci con istanza del 31 marzo 1920 chiese al Ministero dei Lavori Pubblici il riconoscimento del diritto alla derivazione di acqua del Fosso dei Cani per l'esercizio di un mulino in virtù del possesso avutone da oltre trenta anni prima della legge del 10 agosto 1884, n. 2644. Notario Notari presentò nel 21 agosto 1923 istanza per riconoscimento del diritto di derivare acqua dallo stesso fosso. Il Monici ed il Notari fecero vicendevolmente opposizione alle reciproche istanze. Il Ministero con decreto del 26 agosto 1925 rigettò quella del Monaci ed accolse l'altra del Notari. All'uopo considerò che la derivazione, della quale il Monaci aveva chiesto il riconoscimento, era sospesa da oltre un trentennio, e l'impianto era in totale rovina, sicchè non si poteva determinare alcun elemento intorno alle caratteristiche di esso.

Angelo Monaci, a cui il decreto fu notificato nel 6 novembre 1925, e suo fratello Curio impugnarono il decreto davanti il Tribunale delle acque pubbliche di Firenze con ricorso del 28 dicembre 1925 sostenendo che: *a*) non fosse vero essere mancato da più di 30 anni l'esercizio della derivazione; *b*) si dovesse in ogni caso avere riguardo non già all'ultimo trentennio, ma a quello anteriore all'agosto 1884; *c*) il mancato uso posteriore all'agosto 1884 non potesse giustificare il diniego del riconoscimento, nè dare motivo a supporre una decadenza, la quale non era stata pronunziata, nè avrebbe potuto esserlo, non essendo intervenuta la preventiva diffida imposta dall'art. 41 del R. Decreto del 19 ottobre 1919, n. 2161.

Il Tribunale regionale accolse il ricorso dei fratelli Monaci e dichiarò il loro diritto alla derivazione.

Questo Tribunale Superiore sugli appelli del Ministero e del Notari rigettò la domanda dei Monaci.

Nei due gradi di giudizio si erano proposte contro questa domanda tre distinte eccezioni.

1º) Decadenza dei fratelli Monaci per non uso dell'utenza durante un triennio, decadenza avvenuta anche senza la preventiva diffida, trattandosi di diritto di uso non ancora riconosciuto.

2º) Impossibilità di riconoscere l'utenza dei Monaci, non essendo in esercizio nel momento, in cui la domanda di riconoscimento fu presentata.

3º) Estinzione dell'utenza per prescrizione trentennale.

Questo Tribunale avvertì essere pacifico, che, almeno per il trentennio anteriore all'anno 1884, anzi da tempo immemorabile i Monaci avevano derivato l'acqua dal Fosso dei Cani per mettere in moto un mulino, ed avevano proseguito nell'antico uso dopo il 1884 soltanto per pochi anni, ed in tempo non precisato, ma certamente anteriore di qualche anno al 1893, avevano abbandonato del tutto tale uso. Rilevò pure che nel 1º settembre 1894 Damaso Monaci aveva denunziato la chiusura del mulino, ed in appresso l'agente delle imposte aveva accertato che erano state tolte le macine. Questo Tribunale Superiore aggiunse che lo stato di completo abbandono era durato per molti anni, anzi quasi per un trentennio finchè nel 20 marzo 1920 l'Angelo Monaci non aveva chiesto il riconoscimento. Ed esaminò soltanto le due prime eccezioni sollevate contro la domanda dei Monaci decidendole in senso sfavorevole a loro.

I Monaci ricorsero in Cassazione. Ed il Supremo Collegio ha cassato la sentenza del Tribunale Superiore dando a quelle due eccezioni la risoluzione sostenuta dai fratelli Monaci. Il Supremo Collegio ha osservato innanzi tutto che i decreti del 1916 e del 1919 sulle acque pubbliche nel rispettare i diritti già acquistati al 10 agosto 1884 per possesso trentennale, li hanno mantenuti integri con i caratteri sostanziali ad essi attribuiti dalla legge dell'agosto 1884, e non li hanno sottoposti alla condizione sospensiva del riconoscimento. Infatti la mancata presentazione dell'istanza di riconoscimento nel termine stabilito produce la decadenza di tali diritti, e la decadenza estingue un diritto già perfezionatosi, ed opera come condizione risolutiva.

Indi ha considerato che i decreti suddetti non richieggono come condizione necessaria per il riconoscimento del diritto il protrarsi dell'uso effettivo sino al momento della domanda di riconoscimento, ma parlano di utilizzazione con riferimento soltanto al trentennio anteriore al 1884, e che per la conservazione in vita di un diritto già acquistato, secondo le norme di una legge anteriore non si può richiedere il concorso di una nuova condizione, che non sia imposta dalla legge posteriore. Infine ha avvertito che l'istituto della decadenza per non uso triennale si applica sia alle utenze riconosciute che a quelle da riconoscere. Senonchè il Ministero può pronunziare la decadenza soltanto dopo analoga diffida all'interessato, ancorchè costui non abbia ancora ottenuto il riconoscimento, se lo abbia chiesto in tempo utile, giacchè la legge non fa distinzione. Ed ha rilevato che nella specie la diffida non era intervenuta.

La causa adesso ritorna all'esame di questo Tribunale superiore ad istanza dei fratelli Monaci. Il Ministero dei Lavori Pubblici ed il Notari si riportano ai motivi di appello notificati nel 16 e nel 17 marzo 1928. Il Ministero a cui si associa il Notari, rinnova l'eccezione della prescrizione trentennale estintiva e deduce la mancanza degli elementi necessari per la determinazione della quantità di acqua effettivamente utilizzata. Rispetto all'eccezione di prescrizione i fratelli Monaci deducono che: *a*) gl'istituti della usucapione e della prescrizione non siano applicabili in tema di acque pubbliche; *b*) la legge vigente nell'indicare i modi di estinzione del diritto di derivazione ed utilizzazione di acqua pubblica non vi comprenda la prescrizione trentennale estintiva; *c*) essi non abbiano mai cessato di derivare l'acqua dal Fosso dei Cani; *d*) da parte dello Stato non sia intervenuto mai un atto contrario alla derivazione da loro vantata; *e*) non siano decorsi i 30 anni richiesti pel compimento della prescrizione. Il Ministero risponde che: 1º) il diritto del privato di usare dell'acqua pubblica sia soggetto alla prescrizione trentennale; 2º) dal 17 ottobre 1893 il mulino dei Monaci abbia cessato di operare, e sia tuttora inerte; 3º) la domanda di riconoscimento del 31 marzo 1920 non sia atto interruttivo della prescrizione; 4º) nulla importi che la derivazione non sia cessata, quando manca dall'epoca surriferita la utilizzazione, alla quale principalmente le disposizioni in vigore hanno riguardo; 5º) l'impossibilità di determinare le caratteristiche della derivazione sia d'impedimento al riconoscimento preteso dai Monaci. In relazione alla mancanza dei surriferiti elementi necessarii il Ministero si richiama a quanto è riferito nei verbali di visita locale del 20 febbraio e del 28 ottobre 1924, di cui il primo riguarda la domanda di riconoscimento presentata dal Notari, nonchè nella relazione del Genio Civile del 20 febbraio 1925.

Attesochè precedentemente sono state riferite le ragioni, per le quali la Corte di Cassazione nell'annullare la sentenza pronunziata nella presente controversia da questo Tribunale Superiore ha deciso che un antico utente, il quale dopo l'anno 1919

non abbia ottenuto ancora il riconoscimento dell'utenza, ma abbia chiesto in tempo utile questo riconoscimento, non possa essere dichiarato decaduto per non uso triennale senza che preventivamente gli sia stata notificata la diffida prescritta dall'art. 41 del decreto 9 ottobre 1919, ed ha deciso ancora, che, sebbene nel momento in cui si domanda il riconoscimento di una antica utenza questa non sia in esercizio, tuttavia tale circostanza non forma ostacolo al riconoscimento. L'una e l'altra decisione riflettono le due prime eccezioni opposte contro la domanda dei fratelli Monaci nell'anteriore corso del giudizio. Essendo stata annullata la precedente sentenza di questo Tribunale Superiore per violazione e falsa applicazione di legge, questo Tribunale Superiore deve nell'attuale grado di rinvio uniformarsi all'una ed all'altra decisione in osservanza del precetto dal capoverso dell'art. 110 del decreto 9 ottobre 1919, n. 2161, facendo proprie, quando al punto di diritto, le suesposte ragioni, senza ripeterle per non incorrere in superflua parafrasi del pensiero della Corte di Cassazione, e trattenendosi piuttosto a ricercare, se nella specie le circostanze di fatto, esaminate alla stregua delle suindicate decisioni, facciano accogliere o rigettare le predette eccezioni. Non può dubitarsi, che si debba respingere l'eccezione fondata sul non essersi trovata l'utenza dei fratelli Monaci in esercizio al tempo, in cui la domanda di riconoscimento fu presentata, perchè fin dal principio del giudizio e durante il corso del medesimo è stato, ed è pacifico che almeno per il trentennio anteriore all'agosto 1884 i Monaci avevano derivato l'acqua dal Fosso dei Cani per mettere in moto il loro mulino, ed avevano proseguito nell'antico uso anche dopo il 1884, e per il riconoscimento delle derivazioni utilizzate per tutto il trentennio anteriore al 1884 non è necessario l'esercizio della derivazione al tempo della domanda di riconoscimento. Egualmente si deve rigettare l'eccezione tratta dalla decadenza per mancato uso triennale, perchè ai fratelli Monaci la diffida, che per esplicita disposizione di legge è preliminare necessario per la dichiarazione di cosiffatta decadenza, non è stata mai eseguita.

Attesochè anche l'eccezione di perdita della utenza per prescrizione trentennale estintiva apparisce infondata. Ben è vero che l'acqua pubblica è un bene fuori commercio e non suscettibile di usucapione, nè di prescrizione estintiva, ma il diritto che lo Stato concede al privato di usare in modo particolare dell'acqua pubblica entra a far parte del patrimonio del privato, e potrebbe essere consumato dalla prescrizione estintiva. Senonchè questo non si avvera, perchè il legislatore, nel disciplinare il godimento dell'acqua pubblica, ha previsto il caso del non uso dell'utenza, e lo ha regolato in modo speciale. Ha stabilito che il non uso è ragione di decadenza, non di prescrizione. Ha accorciato di molto la durata minima del nuovo uso, ed abbandonato il lungo termine di 30 anni, lo ha ridotto ad un triennio; ha disposto che non occorre adire l'autorità giudiziaria per far dichiarare la decadenza, ma il Ministero dei Lavori Pubblici può pronunziarla di sua autorità. Ha ingiunto che questa pronunzia dev'essere preceduta da una diffida all'interessato, e dal parere conforme del Consiglio Superiore dell'acqua, e dev'essere emanata mercè decreto motivato. La speciale disciplina della decadenza per non uso triennale esclude che, oltre tale decadenza, possa avverarsi la cessazione del diritto alla derivazione per prescrizione estintiva. La difesa dei Monaci, aggiunge poi che, volendo pure applicare alla specie per analogia le regole della servitù di presa d'acqua, converrebbe riconoscere, che il corso della prescrizione non sarebbe incominciato mai prima del decreto ministeriale impugnato nel presente giudizio, non avendo lo Stato avanti quel decreto fatto alcun atto contrario alla servitù. A questo argomento si potrebbe rispondere, che l'opera contraria all'esercizio della servitù può essere posta in atto tanto dal proprietario del fondo servente, quanto da quello del fondo dominante, e nella specie potrebbe essere costituita dalla chiusura del mulino e dalla rimozione delle macine. Senonchè questi fatti avvennero verso l'anno 1893 (anzi dopo il 17 ottobre 1893, data indicata a pag. 13 della memoria a stampa del Ministero) e certamente entro i 30 anni anteriori al 20 marzo 1920, data della domanda di riconoscimento dell'utenza presentata da Angelo Monaci al Ministero dei Lavori Pubblici. Alla quale domanda senza meno, per l'attuale ordinamento giuridico dell'uso delle acque pubbliche, seguendo quest'altro profilo posto innanzi dalla difesa dei Monaci, si dovrebbe riconoscere efficacia di atto interruttivo della prescrizione, tanto più che è stata sollecitamente seguita dall'impugnazione del decreto del Ministero poco dopo la notificazione di esso all'Angelo Monaci. Sicchè dal momento in cui i suindicati fatti furono compiuti al giorno in cui l'attuale giudizio è stato promosso non sarebbero trascorsi 30 anni di inerzia.

Attesochè la difesa erariale, seguita dalla difesa del Notari, scorge un altro ostacolo alla pretesa dei fratelli Monaci nella mancanza degli elementi necessari per la determinazione della quantità d'acqua effettivamente utilizzata. Ma giustamente la sentenza appellata ha avvertito, come sulla relazione del Genio Civile del 30 febbraio 1925 successiva al verbale di visita locale del 28 novembre 1924, pur dandosi atto dell'abbandono, in cui si trovavano le opere destinate all'utilizzazione della derivazione, si rinviene il calcolo della quantità di acqua utilizzata nel passato dai fratelli Monaci, e della forza nominale ottenuta, e si afferma che questa forza si poteva ritenere eguale ad 11,20 HP, cioè quasi a quella dichiarata nella domanda di riconoscimento. E da questa circostanza la sentenza suddetta ha ricavato la conclusione, che, non ostante il suddetto stato di abbandono, riesciva e riesce possibile determinare gli elementi delle caratteristiche principali della derivazione in lite. La difesa erariale insiste che, trattandosi di accertare la quantità di acqua effettivamente utilizzata, e di forza motrice prodotta nel trentennio anteriore alla pubblicazione della legge dell'agosto 1884, non si possa fare a meno di tener conto del mulino completamente rovinato.

Il calcolo senza dubbio avrebbe dato risultati esatti, se si fosse conosciuta con precisione la consistenza dell'impianto di utilizzazione, nondimeno è stato fatto dall'estensore della suindicata relazione per via indiretta e con sufficiente approssimazione sulla scorta degli elementi, ch'egli è riuscito ad accertare, i quali sono esposti nella relazione insieme con la formula che dà per risultato 11,30 HP. Ciò basta a soddisfare le prescrizioni di legge.

Attesochè le considerazioni finora svolte dimostrano infondati i motivi di appello dedotti dal Ministero e dal Notari con i rispettivi ricorsi e con le successive comparse conclusionali. Di conseguenza gli appelli stessi debbono essere rigettati.

Attesochè gli appellanti rimangono soccombenti, e vanno condannati nelle spese del giudizio di appello e di quello di cassazione, rinviate dal Supremo Collegio, e delle altre di rinvio

P. Q. M. (*omissis*).

**Utenza di acqua pubblica - Decreto di riconoscimento.**

*Il riconoscimento del diritto di derivazione da parte della autorità amministrativa ai sensi dell'art. 2 R. D. 9/10/1919, n. 2161 è indispensabile condizione per la sussistenza del diritto.*

*Nè l'atto di riconoscimento può essere sostituito da alcun altro titolo (nella specie una transazione ricognitiva intervenuta anche nei confronti della pubblica amministrazione) essendo necessario ad integrare anche i diritti sorgenti da un titolo formale.*

*È quindi improcedibile per difetto di legittimità la azione promossa dall'utente per ottenere il risarcimento di danni arrecatigli in violazione del suo diritto, quando del diritto stesso egli non abbia richiesto tempestivamente il riconoscimento.*

Tribunale Superiore delle Acque Pubbliche, 2-31 luglio 1930, Pres. Salucci, Est. D'Aquino, in causa Consorzio Idroelettrico dell'Aniene (Avv.ti Petrocchi e Carnelutti) c. Arati (Avv. Pittaluga) e Comune di Tivoli (Avv. Salvati).

FATTO

In prossimità di Tivoli il fiume Aniene si divide in due rami; quello di sinistra alimenta cinque canali destinati a vari usi, dei quali il Comune in un certo tempo rivendicò la esclusiva disponibilità. Al giudizio fu posto termine con un istrumento di transazione in data 17 luglio 1909, nel quale si costituirono l'Intendente di Finanza di Roma, quale rappresentante il demanio dello Stato, il Ministero dei Lavori Pubblici, il Comune di Tivoli, il Consorzio degli utenti e personalmente alcuni utenti.

All'art. 1° il Comune riconobbe che il ramo sinistro dell'Aniene fosse e rimanesse di pertinenza demaniale; all'art. 3° il demanio dello Stato riconobbe, a sua volta, che l'uso ed il pieno godimento delle acque derivanti da tale ramo sinistro, in una certa quantità, appartenesse al Comune ed agli utenti, nei rapporti dei quali il Comune assunse tutti gli obblighi, esonerandone espressamente lo Stato.

Era questa la situazione quando, intervenuto il decreto legge logotenenziale 26 dicembre 1916, n. 1807, molte ditte proposero domanda per ottenere la concessione delle acque dell'Aniene. Tra i concorrenti vi furono il Comune di Tivoli e la Società Anglo-Romana per l'illuminazione di Roma per un costituendo consorzio.

Con decreto reale 9 settembre 1920, n. 8988, fu fatta la concessione di derivare le acque del fiume Aniene, in destra ed in sinistra, ai due enti ora indicati pel costituendo consorzio. Nella motivazione venne indicato, che oltre le ragioni d'ordine tecnico ed economico, concorresse alla preferenza l'esistenza della transazione, di cui si ricordarono le principali clausole. Con convenzione 20 luglio 1923 il Comune di Tivoli cedette a

quello di Roma l'esercizio di tutti i diritti, che gli derivarono dalla concessione del 1920 e dalla transazione del 19 luglio 1909. Con altra convenzione, poi, del 23 gennaio 1924 si costituì il Consorzio Idroelettrico dell'Aniene, annunziato nell'istanza per la concessione. Componenti di esso furono il Comune di Roma, quale cessionario di quello di Tivoli, la Società Anglo-Romana per l'illuminazione, e l'Azienda elettrica municipale di Roma. Questo Consorzio venne approvato con R. Decreto 15 aprile 1926, n. 3894, col quale fu anche autorizzata una variazione nella esecuzione delle opere.

Per attuare la concessione con l'inevitabile assorbimento delle piccole utenze a norma dell'art. 34 del R. Decreto legge 9 ottobre 1919, il Consorzio invitò tutti gli utenti delle acque del canale Casacotta e Spada ad esibire, nel termine di trenta giorni, i rispettivi titoli. Aristide Arati, proprietario d'una cartiera acquistata dagli Eredi Vegani, rispose che i suoi danti causa non gli avevano dato notizia di alcun titolo e che egli non aveva fatto richiesta, ritenendo che fosse sufficiente il possesso ultracentenario dell'acqua affluente allo stabilimento. Il Consorzio compilò un elenco, che non venne accettato da molti, tra cui vi fu l'Arati, al quale erano stati offerti cento cavalli. In vista della mancanza d'accordo e trattandosi di opera dichiarata urgente ed indifferibile, il ministero dei Lavori Pubblici ordinò un accesso del Genio Civile per la formazione del piano di consistenza. A seguito di che il Prefetto di Roma emise un decreto in data 26 marzo 1927, con cui autorizzò il Consorzio ad eseguire le opere per sostituire negli opifici degli utenti energia elettrica a quella idraulica nella misura occorrente ad azionare le macchine in funzionamento al momento degli accertamenti del Genio Civile. Nel piano di consistenza non fu compresa la cartiera dell'Arati, perchè nel momento in cui si procedette alla constatazione, essa fu trovata ferma. Malgrado ciò gli agenti del Consorzio, aderendo alle istanze dell'Arati, consentirono a che venisse elettrificato il macchinario funzionante nell'opificio.

L'Arati non si accontentò ed il Consorzio provocò un nuovo accesso di un funzionario del Genio Civile, il quale constatò quale fosse il macchinario elettrificato e quale l'altro del quale l'Arati chiedeva l'elettrificazione.

Poco dopo questa constatazione, l'Arati propose ricorso al Tribunale regionale delle Acque Pubbliche di Roma, convenendo, con atto 8 giugno 1928, dinanzi quest'organo il Consorzio. Egli premettendo che il convenuto, nella sistemazione delle utenze, avesse proceduto in modo arbitrario ed irregolare, che nella elettrificazione della cartiera di lui, a prescindere dalla incompletezza, non avesse provveduto al costante deflusso delle acque necessarie agl'impasti e lavaggi, producendo intermittenza di lavoro e quindi gravi danni, chiese il rifacimento di tali danni e la determinazione dell'acqua che gli competeva sia in rapporto all'utenza, che al completo sviluppo presente e futuro della cartiera. Contestata la lite il Consorzio propose tre eccezioni: *a*) nullità della citazione per incertezza assoluta dell'oggetto; *b*) carenza di azione per mancanza del fondamento legale della stessa, il riconoscimento, cioè, dell'utenza ai sensi dell'art. 2 del Decreto legge del 1919; *c*) improponibilità della domanda per mancanza di un provvedimento amministrativo di determinazione della quantità dell'acqua, cui s'avesse diritto.

A seguito di quest'eccezione e, specialmente di quella sotto la lettera *b*) l'Arati chiamò in garanzia il Comune di Tivoli, in base agli obblighi assunti verso gli utenti nell'istrumento del 1909.

Il Comune si associò alla difesa dell'Arati. Il Tribunale adito, con sentenza 26 giugno 29 luglio 1929, rigettò la prima e seconda eccezione ed accolse la terza, dichiarando improponibili allo stato le domande spiegate dall'Arati contro il Consorzio e contro il Comune. Condannò poi detto Arati ed il Comune a pagare al Consorzio le spese di giudizio.

Contro la parte della sentenza concernente il rigetto di carenza d'azione ha interposto appello il Consorzio idroelettrico con ricorso notificato all'Arati ed al Comune di Tivoli il 10 ottobre 1929. Contro la parte riflettente l'accoglimento della terza eccezione ha, invece, interposto appello l'Arati con ricorso notificato al Consorzio il 15 detto mese ed anno. Con comparsa conclusionale del 6 aprile corrente anno ha interposto appello incidentale il Comune circa la condanna alle spese pronunziata contro di esso dal Tribunale regionale.

La causa è passata alla decisione del Tribunale Superiore sulle conclusioni innanzi trascritte.

### Diritto

Che il gravame del Consorzio Idroelettrico debba essere esaminato con precedenza sia per la sua anteriorità sia pel suo cacarattere radicale ed assorbente.

A rivelare come il Tribunale regionale abbia avuto per guida, nella sua decisione, criteri più d'equità che di diritto, basta por mente al fatto ch'esso, pur rigettando l'eccezione principale del Consorzio, è stato costretto quasi ad ammetterne la fondatezza, quando ha dichiarato che l'azione dell'Arati fosse in ogni caso improponibile fino a che il Genio Civile non avesse determinato la quantità d'acqua da lui utilizzata *ab antiquo* per l'azionamento della cartiera, sino a che, in altri termini, non venisse amministrativamente accertata la ragione dell'Arati stesso sull'acqua pubblica nei suoi termini concreti. Nè ciò basta. A dare, *ictu oculi*, l'impressione del serio fondamento della tesi del Consorzio concorre lo sforzo, cui l'Arati ha tentato di sottrarvisi in questa sede, dando un diverso atteggiamento alle conclusioni.

In questa sede, infatti, egli non ha riproposto in modo esplicito la domanda, contenuta nella citazione, che fosse precisata la quantità d'acqua a lui spettante.

Il tentativo però non può giovare, vuoi perchè, chiedendo egli i danni, cagionati dalla incompleta elettrificazione, implicitamente s'è richiamato ad un termine di paragone, che non può essere se non la misura d'acqua, cui ha diritto, e vuoi perchè l'azione dinnanzi al Tribunale speciale ha avuta ed ha come necessaria premessa il diritto all'utilizzazione d'acqua pubblica, essendo evidente che non a codesto organo sì bene a quello ordinario, si sarebbe dovuta proporre una pretesa, a fondamento della quale si fosse inteso porre un impegno del concessionario avente efficienza per sè stesso, al di fuori dell'indagine su quel diritto. Non può essere dunque sfuggito l'esame intorno a se l'Arati, sia legittimamente utente dell'acqua dell'Aniene.

Prima però, d'esaminare la quistione in relazione al punto di vista, sotto cui l'ha presa in considerazione il primo giudice e l'ha prospettata il Comune di Tivoli, associatosi nella difesa dell'Arati, è d'uopo sgombrare il terreno dal modo onde l'Arati ha tentato anche in questa sede, d'impugnare l'eccezione.

Egli ha assunto: *a*) che lo Stato mercè la transazione del 1919, intese riconoscere, limitatamente ai canali della riva sinistra, un demanio comunale d'uso pubblico; *b*) che nel Decreto reale del 1920, ossia nel Decreto di concessione al Consorzio, non venne compresa l'acqua dei cinque canali derivatori.

Ora, a prescindere che un demanio comunale delle acque pubbliche non si possa concepire allo stato vigente del diritto, che considera dette acque soltanto come oggetto di prerogativa sovrana dello Stato, è certo che la prima deduzione dell'Arati è confutata dallo stesso istrumento di transazione, dove il Comune solennemente riconobbe la pertinenza al demanio dello Stato pur delle acque della riva sinistra. La seconda deduzione è poi, confutata non soltanto dalla dizione del decreto, che espressamente comprende nella concessione anche tali acque, ma pure dalla considerazione che l'Arati, invocando, a sostegno delle sue ragioni, l'art. 34 del Decreto 1919, invoca una disposizione, la quale, regolando il caso d'incompatibilità tra la concessione d'una importante utilizzazione e la precostituzione di altre di minore importanza, necessariamente presuppone la identità del corso d'acqua.

Il Consorzio ha enunciata la sua tesi in termini precisi: all'azione istituita dall'Arati fa difetto il presupposto essenziale, la legittimità, cioè, dell'utenza dell'acqua pubblica, non avendo egli chiesto e tanto meno ottenuto il riconoscimento ai sensi dell'art. 2 del Decreto del 1919.

Ora che l'atto amministrativo del riconoscimento sia l'elemento indispensabile, perchè l'utenza, avente i requisiti previsti dalla legge, passi dallo stato di legittima aspettativa a quello di diritto azionabile, non può essere, di fronte al testo dell'art. 2, oggetto di seria contestazione, nè in verità, lo è. Il Comune di Tivoli, invero, ha basato la sua resistenza meramente sulla coordinazione dell'inciso di detto articolo 2 (gli utenti che non abbiano già ottenuto il riconoscimento del diritto all'uso dell'acqua) con l'asserzione che il riconoscimento, nella specie, debba ritenersi già avvenuto nell'istrumento di transazione e nel decreto di concessione, che quell'istrumento richiama.

È facile diradare l'equivoco, il quale è alimentato dalla confusione fra concetti ben distinti. L'istrumento di transazione può essere dall'Arati invocato come titolo del diritto all'uso dell'acqua, in quanto, nell'art. 20, venne legittimato lo stato di fatto delle rispettive utilizzazioni degli utenti, ma non può tener luogo del decreto di riconoscimento previsto dall'art. 2, ch'è un atto unilaterale di supremazia della pubblica amministrazione, estrinseco al titolo. Occorre avere chiari i concetti; già ad integrare il titolo, cui la legge si riporta, è necessaria una diretta e precisa manifestazione di volontà del potere sovrano d'autorizzare la derivazione o l'utilizzazione dell'acqua pubblica. Ora, quando si tenga conto che il decreto del 1919, apportando un'innovazione a quello del 1916, il quale limitava l'obbligo del riconoscimento alle sole utenze fondate sul possesso, l'ha esteso anche alle altre aventi a base il titolo, non è lecito pervenire a conseguenza diversa da quella che la manifestazione di volontà espressa dalla pubblica amministrazione nel titolo,

non possa confondersi con l'atto amministrativo necessario a legittimare qualsiasi utenza in rapporto al nuovo diritto. D'altra parte, il riconoscimento, secondo è stabilito dalla legge, è un atto amministrativo, con cui viene accertato il diritto all'uso dell'acqua pubblica individualmente ed in termini concreti, di modo ch'esso sia la base definita e precisa pel controllo dell'organo giudiziale. Ora, nell'istrumento di transazione non solo non può vedersi quell'atto amministrativo, necessario anche in relazione all'inciso dell'art. 2, ma non si scorgono nemmeno i requisiti, per quanto formali, altrettanto essenziali, del riconoscimento. In esso, invero, si parla soltanto in modo generico delle utenze, senza alcuna precisione, tanto vero che il Tribunale regionale ha sentito il bisogno che precedesse all'azione giudiziaria, l'accertamento del Genio Civile. Nè la tesi degli appellati può aver conforto dal decreto di concessione, perchè in questo non v'è alcuna traccia di riconoscimento ed in quanto vi si richiama la transazione, come ragione per accordare la preferenza all'istanza del Comune di Tivoli, nulla s'aggiunge alla transazione stessa. Nè infine, giova far ricorso al comportamento del Consorzio, perchè, senza dire che questo ente ha costantemente fatto riserve intorno alla legittimità delle utenze, è fuori dubbio che sulla deficienza d'una condizione legale all'esercizio dell'azione non possa spiegare efficacia quel comportamento.

Che l'appello del Consorzio va quindi accolto, ed è evidente come, in dipendenza di tale accoglimento rimanga assorbito il gravame dell'Arati. Sarebbe un fuor d'opera invero, discutere se bene o male il Tribunale regionale abbia accolto l'eccezione d'improponibilità allo stato della domanda, quando questa dal Tribunale Superiore è dichiarata addirittura improponibile.

Che la richiesta di garanzia invocata dall'Arati, in questa sede, contro il Comune di Tivoli, va rigettata.

Quale che sia l'obbligo assunto dal Comune verso gli utenti nell'istrumento di transazione, esso non può, certo estendersi ad indennizzare gli stessi della perdita dell'azione dovuta ad una loro personale omissione.

Che l'appello incidentale del Comune, circa la condanna alle spese estesa ad esso dal Tribunale regionale, non ha più ragione d'essere dopo che il Tribunale Superiore ha dichiarata fondata l'eccezione di carenza d'azione, alla quale il Comune stesso, secondo la sua stessa confessione, resistette energicamente in prima sede, come ha resistito in questa.

Che le spese di questo grado vanno, in rapporto col Consorzio, messe a carico dell'Arati e del Comune, associati nella difesa. Concorrono, invece, giusti motivi per compensare le spese tra di loro.

P. Q. M. (*omissis*).

### **Fornitura di energia elettrica - Fallimento.**

I.

MASSIMA

*Il fallimento dell'utente di una fornitura di energia elettrica non risolve di diritto nè rende ineseguibile il contratto relativo a detta fornitura.*

*Non è applicabile a tale contratto il disposto dell'art.* 703 *Cod. Comm. autorizzante il curatore a chiedere lo scioglimento dei contratti di locazione.*

*Il fornitore della energia ha quindi diritto ad essere ammesso al passivo del fallimento per il totale importo del suo credito rappresentato dai minimi di consumo contrattualmente posti a carico dell'utente sino alla scadenza del contratto, rendendosi scaduti per effetto del fallimento* (*art.* 701 *Cod. Comm.*) *anche i crediti per i canoni futuri.*

Tribunale Teramo, 18-24 novembre 1931, Pres. Colletti, Est. Nardini, in causa Unione Esercizii Elettrici (Avv. Moruzzi) c. Fallimento Ricci (Avv. Danesi).

Fatto

Dichiarato con sentenza di questo Tribunale del 1° maggio 1931 il fallimento di Ricci Achille di Ancarano e fissata con successiva sentenza provvisoriamente al 10 maggio 1930 la data di cessazione dei pagamenti, fra le altre dichiarazioni di credito furono presentati in Cancelleria le due seguenti: 1) quella dall'Unione Esercizi Elettrici, sede di Teramo per lire 30.944, di cui si chiese l'ammissione al passivo del fallimento per L. 1360,60 in via privilegiata e per L. 29.483,40 in via chirografaria (*omissis*).

Però nella verificazione dei crediti eseguita il 20 giugno 1931, a seguito di contestazione da parte del curatore Avv. Paletini Ottavio e del creditore Menghi, il credito della Unione Esercizi Elettrici in lire 29.483,40 fu del tutto escluso dal passivo fallimentare (*omissis*).

Ma con atto 3-4 luglio 1931 l'Unione Esercizi Elettrici convenne dinanzi a questo Tribunale il predetto curatore per sentirla ammettere, con sentenza provvisoriamente eseguibile, al passivo del fallimento anche per la somma di L. 29.483,40, ponendosi le spese del giudizio in una all'onorario di avvocato fra le privilegiate a carico della massa (*omissis*).

Diritto

In ordine alle insorte contestazioni, osserva il Collegio che non mette conto di soffermarsi sulle eccezioni del curatore, tendenti ad infirmare la validità del contratto di fornitura di energia elettrica, ripassato tra l'Unione Esercizi Elettrici ed il Ricci.

Invero, dopo che in sede di verificazione di credito implicitamente di tale contratto fu riconosciuto il pieno valore col consentire al curatore l'ammissione al passivo del fallimento in via privilegiata, del credito di lire 1360,40 dipendente dal contratto medesimo, le eccezioni suddette appaiono intempestive e dilatorie.

Passando quindi all'esame della contestazione del credito di lire 29.482,40 dichiarato dalla suddetta Società osserva che non può ritenersi, per negarne l'esistenza, la teorica affermata dal curatore che la dichiarazione di fallimento abbia di per sè reso ineseguibile il contratto in parola, giacchè nessuna disposizione di legge statuisce che i contratti formati dal commerciante, quando intervenga il suo fallimento, si risolvano di diritto. Solo in via di eccezione è ammesso dalla dottrina e giurisprudenza lo scioglimento per i contratti di natura strettamente personale, ma come tali non possono certamente considerarsi, nei rapporti tra utenti e concedente, i contratti di fornitura di energia elettrica a scopo industriale.

Non è poi da riconoscersi al curatore il diritto di chiedere la risoluzione del suddetto contratto stipulato dal fallito in base all'art. 703 cod. di commercio, consentendo questo alla massa dei creditori la sola facoltà di chiedere, per particolari ragioni d'interesse e sotto determinate condizioni, lo scioglimento dei contratti di locazione d'immobili, mentre nel caso in esame il contratto racchiude una vendita di energia elettrica che è considerata cosa mobile.

Ond'è che nello stato di fallimento, come è dato al curatore di esigere, nell'interesse della massa di creditori, l'adempimento dei contratti conchiusi dal commerciante successivamente dichiarato fallito, così non può disconoscersi il diritto ad ogni singolo contraente di ottenere l'esecuzione dei contratti medesimi. Nella specie si ha che l'Unione Esercizi Elettrici, giusta il contratto esibito avente pieno vigore, si obbligò di fornire al Ricci per sei anni a cominciare dal 1° gennaio 1930 energia elettrica per forza motrice e la richiesta di riconoscimento e collocamento nel passivo fallimentare del relativo canone; ammontante alla complessiva somma di L. 29.483,40 e corrispondente all'importo del minimo consumo garantito dal contratto stesso, va accolta. Ne sarebbe da obbiettarsi che il credito, essendo a termine, non è ancora esigibile perchè a norma dell'art. 701 cod. di comm. esso deve ritenersi scaduto, per effetto della dichiarazione di fallimento. Nemmeno potrebbe costituire un ostacolo all'ammissione dell'intero credito il fatto che l'Unione Esercizi Elettrici ha accettato di percepire da colui che attualmente gestisce il molino, pel quale l'energia è fornita, il relativo canone dovuto, perchè ciò non può significare novazione di contratto che sarebbe dovuta risultare da espressa e non equivoca dichiarazione. Solo che, in sede di ripartizione, a seguito della liquidazione dell'attivo fallimentare, o di assegnazione di percentuale nel caso di concordato, dovrà essere portato in conto l'ammontare del canone riscosso (*omissis*).

II.

MASSIMA

*La inadempienza ad un contratto continuativo di fornitura conseguente al fallimento del compratore, non dà diritto al venditore di ottenere il risarcimento dei danni.*

*Conseguentemente il fornitore di energia elettrica non può venire ammesso al passivo del fallimento dell'utente anche per l'ammontare dei canoni minimi di consumo previsti sino ad esaurimento del contratto.*

*La obbligazione relativa al pagamento del canone minimo è subordinata alla condizione ed al presupposto che continui la somministrazione della energia.*

Appello Torino, 17-29 luglio 1931, Pres. Burzio, Est. Fontana, in causa Soc. An. Ovesticino (Avv. Albini) c. Fallimento Piccinini (Avv. Varese).

FATTO

Nel fallimento Soc. An. Piccinini (Raffineria risi) pronunciata dal Tribunale di Novara con sentenza 29 ottobre 1925, la Società Anonima Officine di Energia Elettrica di Novara chiedeva di essere ammessa al passivo del fallimento per le seguenti somme:

| | | |
|---|---|---|
| 1) Residuo fattura 23 aprile 1925, per consumo 1° e 2° trimestre 1925 per 70 HP ........ | L. | 9.317,20 |
| 2) Fattura 23/8/1925 per maggiore utilizzazione annuale dal 20/3/1924 al 30/4/1925 oltre il limite fisso a 70 HP per 4000 ore di utilizzazione | » | 11.695,70 |
| 3) Fattura 24 agosto 1925 - consumo 3° e 4° trimestre 1925 ............................ | » | 19.326,20 |
| 4) Fattura 17 aprile 1921 per pagamento canone a norma degli accordi fino al 1° luglio 1931 | » | 212.258,20 |
| | L. | 252.597,30 |

Il Tribunale di Novara con sentenza 25-31 aprile 1930 ammetteva la Società Officine Elettriche per il credito di L. 9317,20 (trimestre 1° ottobre-3 dicembre 1925) nonchè di L. 9.317,20 per il trimestre 1° luglio-1° ottobre 1925 (in tutto lire 18.634,40).

Appellava contro detta sentenza la Soc. An. Officine Elettriche, ed alla udienza di spedizione della causa le parti conchiudevano *ut supra*.

DIRITTO

*A*) Osserva la Corte che salvo per quanto riflette il credito di cui al n.° 4 della domanda di ingiunzione di cui sopra, vanno ammessi tutti i crediti di cui ai nn.1, 2 e 3 della domanda stessa, notando però che il Tribunale ebbe già ad ammettere i crediti sub nn. 1 e 3 ed il credito relativo al 4° trimestre 1925 a titolo di danni, su di che il fallimento S. A. Piccinini non muove obbiezioni, mentre le parti son d'accordo che anche il credito dell'ultimo trimestre 1925 sia liquido e maturato.

Ritiene però la Corte che vada ammesso pure il credito sub n. 2 per maggiore utilizzazione di energia giusto contratto. Anche questo credito è stato proposto dallo stesso Ente in base a fattura in tutto identica alle altre prodotte in appoggio degli altri crediti. Inoltre furono prodotti in giudizio tutti i moduli in cui si contengono le letture del contatore, dai quali risulta il consumo di cui dalla Società si chiede il pagamento.

Il Tribunale osservò che il credito *de quo* si fonda su fatture che non risultano accettate e su di un complesso di cifre scritte a matita attraverso le quali il Collegio dovrebbe indagare sulla fondatezza del preteso credito: documenti del tutto incomprensibili nel suo contenuto.

La Società appellante deduce perizia al fine di stabilire la verità del credito.

Osserva la Corte che non è necessario far luogo a questa perizia. In vero la fattura 23 aprile deve ritenersi accettata così come le precedenti e le successive: inoltre i moduli di lettura, che non per ciò che sono redatti con formule e dati tecnici debbono dirsi incomprensibili nelle loro risultanze, (nè nel loro intrinseco si impugnano specificatamente) notando che ogni modulo è controfirmato per riconoscimento ed accettazione dalla stessa ditta utente, e in moduli prodotti sono in tutto uguali ai precedenti pagati senza eccezione e egualmente compilati. Che poi le cifre siano scritte a matita a nulla rileva in quanto non furono scritte con matita comune, a segni labili; ma come d'uso con matita copiativa che lascia segni indelebili al pari dell'inchiostro. L'ammissione riguarda ai crediti di cui alla domanda, salvo quello sub. n. 4. L'essere stati alcuni di essi già ammessi dal Tribunale ben s'intende che non potrà nè deve portare a duplicazione.

Ammissibile pure è il credito proposto a titolo di rimborso di L. 495,50, tassa di registrazione del contratto in base all'art.15 del contratto.

È noto che cotali contratti non soggiacciano a registrazione se non in caso se ne faccia uso in giudizio, il che è stato preveduto in contratto all'art. 11 ove è detto appunto che le tasse che colpissero il contratto stesso sono e saranno a carico dell'Utente. La validità del patto non s'impugna e deve quindi applicarsi.

*B*) La questione principale della causa origina dalla richiesta della somma di L. 212.258,20 in base agli art. 6 e 7 del contratto impegnativo per anni 9 dal 1° luglio 1922.

Scrive in proposito l'appellante:

« La Società appellante ha pure proposto al passivo del fallimento anche il suo credito derivante dall'impegno contrattuale per il quale l'Utente del grosso stabilimento di raffineria di riso Piccinini, chiedendo nel giugno 1922 la fornitura dell'energia elettrica a lui necessaria, si obbligava a corrispondere alla Società, che per sua parte si assumeva l'impegno della fornitura per nove anni consecutivi il canone minimo fisso di 50 HP, diventati poi per accordo di HP 70 per l'aumento consumo normale, al prezzo di L. 550 per HP, quand'anche non si utilizzasse in tutto od in parte ».

« Trattasi (soggiunge l'appellante) di un minimo fisso per tutta la durata del contratto affinchè la Società potesse mettersi in grado di consegnare l'energia voluta e contrattata; stabilito da tutte le società produttrici di energia elettrica per rendere possibili le gravi spese degli impianti di produzione ». (Per poco sembra che l'impianto debba essere fatto per lo stabilimento Piccinini). Segue a dire l'appellante: « Se il Piccinini nel 1925 ha mancato alla sua obbligazione rendendosi dissestato e inadempiente, la conseguente dichiarazione del suo fallimento non costituisce nè caso fortuito nè forza maggiore perchè è dipesa dal di lui fatto quanto meno commercialmente colposo.

Di conseguenza egli e per lui la massa fallimentare risponde del danno prodotto che nel contratto è stato previsto e concretato in una somma determinata ».

Osserva la Corte che non appare fondata la tesi dell'appellante pur dovendosi riconoscere che uno dei motivi addotti dal Tribunale per respingere la domanda, quello relativo alla indeterminatezza del preteso minimo, non è esatto in linea di fatto non ostante che la base minima di HP 50 sia stata consensualmente (così almeno afferma l'appellante) portata successivamente ad HP 70, su cui l'appellante ha calcolato la somma richiesta e pur prescindendo dai motivi di ordine generico accennati dal Tribunale circa la illegalità della clausola, in quanto qui trattasi di vedere se la società possa accampare la pretesa *de quo* in caso di fallimento sui beni ormai separati e nei confronti della massa, al quale proposito vuolsi subito notare che la clausola in esame non costituisce neppure una clausola contrattuale penale come meglio si dirà.

Non è il caso quindi di indugiarsi sull'esame della ipotesi del curatore che anche qualora esistesse in impugnata ipotesi il patto penitenziale, questo non avrebbe alcun valore come mancante di causa, come sproporzionata nel rapporto tra causa ed effetto, come essenzialmente leonino ed urtante contro l'equità, al quale riguardo solo non è inopportuno notare che il montare del minimo fissato e che si vorrebbe doversi pagare a vuoto e senza controprestazione supera ben anco le liquidazioni effettive dei prezzi in base al consumo effettivo e che la fornitura di energia elettrica si effettua in regime di monopolio naturale su accordi generalmente prestabiliti fra le società in base a contratto tipo e con previsto adeguamento comune dei prezzi pur in corso, di contratto.

Lo stato fallimentare impedisce che si possa comunque tener conto ai fini patrimoniali di effetti giuridici continuativi quando non siano debiti della massa o che possano considerarsi sopravviventi diritti in atto, dacchè il fallimento è istituto di natura pubblicistica, in cui secondo la più ricevuta dottrina predomina il carattere di esecuzione forzata collettiva, onde si chiude la attività dell'azienda *hic et nunc;* e così si spiegano le disposizioni degli art. 701 e 702 codice di commercio.

Principi generali ormai pacifici invero in oggetta materia sono: la prevalenza sul diritto comune del diritto fallimentare di natura pubblicistica che si ispira al rispetto della *par condictio creditorum:* la inapplicabilità dei principi che regolano la colpa contrattuale all'inadempimento per generica insolvenza del fallito; la impossibilità di adempiere all'obbligazione, in cui è posto dalla dichiarazione di fallimento il debitore che viene spossessato dei suoi beni di cui non ha più la disponibilità. Anche rispetto al fallito è ipotizzabile il fallimento immune da colpa, ipotesi che la legge prevede, come ad es. nell'art. 819 Cod. di Comm. 9 legge sul contratto d'impiego privato. Fu autorevolmente osservato trattando delle conseguenze dell'inadempimento per effetto del fallimento nei contratti bilaterali anche continuativi che diversamente vanno considerate dette conseguenze in rapporto al fallimento ed in rapporto alla massa.

La inadempienza successiva al fallimento (e non c'è ragione di distinguere tra contratti continuativi e non continuativi) non dà diritto al contraente col fallito di ottenere dalla massa il risarcimento dei danni (app. Milano 19 luglio 1917 Ferraro c. Fallimento La Fornitrice industriali. - Cass. Torino 8/5/1911, pag. 713). La stessa Corte d'Appello di Milano con sentenza 14 marzo 1930 ebbe a ritenere che « il sopravvenuto fallimento, in quanto porta cessazione della esecuzione del contratto continuativo (nella specie somministrazione di energia elettrica), non dà diritto alla contro-parte adempiente al risarcimento dei danni.

Lo stesso appellante ammette che il creditore può insinuarsi nel passivo del fallimento solo pei danni sorti precedentemente all'apertura della procedura concorsuale e limita a tale ipotesi di fatto il diritto del creditore, e il curatore non contesta per tale caso il diritto di insinuazione.

Ma, ammettendo che nella specie il danno preteso e che si pretende sia già sorto e maturato prima del fallimento, esso dovrebbe essere provato, al qual riguardo si presenta inidoneo il capo di prova dedotto dalla Società, perchè le ragioni determinative di un contratto lasciano impregiudicata la sorte giuridica di questo nella procedura concorsuale, così come nel caso di fallimento di un società utente (l'appellante però produce direttamente energia elettrica) rispetto alle più grandi Società Fornitrici. Comunque l'appellante anche se dimostrasse la circostanza dedotta nel detto capitolo, non avrebbe mai dato la prova di avere subito un danno in qualsivoglia delle sue due forme di danno emergente e lucro cessante. Chè per raggiungere tale prova, l'appellante dovrebbe provare che tutta l'energia elettrica che essa si era impegnata di fornire per tutta la parte ineseguita del noto contratto allo stabilimento Piccinini era già stata prodotta al momento del sopravvenuto fallimento dell'Utente Piccinini e che tutta tale energia andò dispersa o quanto meno dovrebbe provare che non fu possibile ad essa Ovesticino, nel periodo di tempo dall'ottobre 1925 al luglio 1931 (parte ineseguita del contratto) di smerciare ad altri utenti quella energia che esso avrebbe dovuto fornire, in detto periodo di tempo, allo stabilimento Piccinini; dovrebbe provare che, non ostante il fallimento Piccinini, seguitò a produrre energia a vuoto, notando che l'energia elettrica è oggetto di produzione continuativa.

Ad ogni modo il danno nell forma di lucro cessante nella ipotesi in questione si verifica, come mancato introito, successivamente al fallimento, e basterebbe questa considerazione per non far luogo alla ammissione del credito *de quo*. Il credito dell'ultimo trimestre 1925 ammesso dal Tribunale già scaduto, non rappresenta, come si disse, quota alcuna di danni.

Veramente la Società Ovesticino si fa a sostenere che il diritto suo sorge ad ogni modo dal tenore della clausola che conferisce ad essa un diritto contrattuale certo e maturato (così dice) quindi acquisito, il che è in contraddizione con la prova dedetta per provare l'*an* ed *il quantum* in ordine al danno. Anzitutto non sembra possibile nei confronti della massa prescindere dalla dimostrazione della effettività del danno nei sensi sopra esposti.

Come già si è osservato qui non ricorre l'ipotesi di una clausola contrattuale penale o penitenziale che possa costituire titolo autonomo a far valere la pretesa di danni quasi transatti in antecedenza; il che sarebbe incompatibile se si pensi che per un esercizio di un mese, la società potrebbe pretendere anche un milione a titolo di penale, a prescindere dalla speciale causa della inadempienza, nella specie.

Nella specie poi non vi fu esercizio provvisorio e continuazione dell'attività dell'azienda, chè la appellante di fronte alla inadempienza della società Piccinini, succeduta al Piccinini stipulante, ben tosto procedette al taglio dei fili adduttori dell'energia in base all'art. 12 del contratto ove tale sanzione è prevista ed autorizzata in termini aggiungendosi (è vero) genericamente in detto articolo « salva ogni altra sua azione e ragione » ma senza espresso richiamo dell'art. 6. Mancò quindi al curatore la alternativa possibilità di giovarsi del contratto.

Senonchè il vero si è che il contratto nella sua lettera e nel suo spirito prevede e presuppone la ipotesi di una continuità di esecuzione. Il senso logico ed onesto del contratto è che il minimo che può eventualmente costituire un sovraprezzo, si paghi in quanto si consumi l'energia. Presupposto è il consumo effettivo. Dire se ed in quanto l'utente consuma, egli paga il corrispettivo formato come è detto negli art. 6 e 7 del contratto: in altri termini paga in via di corrispettivo e di controprestazione sul presupposto che la prestazione dell'altra parte si effettui, chè altrimenti la controprestazione non sarebbe più tale; cioè sarebbe assolutamente *sine causa*. E che così sia lo si induce dal tenore dell'art. 6 ove la fissazione di un canone minimo si giustifica in quanto di ciò (si dice) si è tenuto debito conto nella pattuizione del prezzo.

Evidentemente s'intende e vuolsi giustificare il pattuito minimo come coperto e bilanciato dalla prestazione effettiva della energia elettrica. Inoltre è da osservare che se all'art. 15 è fissata la durata del contratto a nove anni, l'articolo 9 stabilisce sì il minimo da pagarsi in corso di locuzione e quindi in relazione alla somministrazione della energia, ma nè esso nè altro articolo dispongono che in caso di cessazione del contratto tale minimo debba pagarsi continuatamente sino al termine del contratto stesso anche se non ha luogo la somministrazione di forza elettrica.

Dunque non sussiste una clausola nel senso preteso. Nella specie, come si disse, il Tribunale ammise il credito del 4° trimestre 1925 a titolo di danni, ed in parte qua la società accettò la sentenza.

Concludendo, la società appellante conformemente alle sue richieste è abbondantemente soddisfatta in via di corrispettivo per tutta la fornitura effettivamente eseguita. Il fallimento ha impedito la prosecuzione della fornitura; per il che vien mano ogni base giuridica alla pretesa che ciò non ostante permanga il diritto sulla società di fronte alla massa di ripetere tutto il montare di una somministrazione di forma elettrica in base a convenzionali HP 70 calcolata per sei anni, somministrazione non effettuata nè effettuabile, perchè presumibilmente la somministrazione, ove fosse continuato l'esercizio, sarebbe stato sempre minore.

P. Q. M. (*omissis*).

## III.

### MASSIMA

*L'obbligo dell'utente di energia elettrica di corrispondere in ogni caso un canone minimo per il pagamento della energia, anche se non consumata, ha sempre per presupposto la continuata esecuzione del contratto.*

*Perciò tale obbligo viene meno qualora il contratto sia interrotto per il fallimento dell'utente.*

*E conseguentemente il fornitore della energia non può essere ammesso al passivo del fallimento per il suo credito relativo ai detti canoni minimi contrattuali non scaduti.*

Cassazione del Regno, Sezione prima, 16 gennaio-4 marzo 1932, Pres. Montalenti, Est. Colangelo, in causa Soc. AN. ELETTRICA DI TREVISO (Avv. De Benedetti) c. FALLIMENTO NADALIN BEVILACQUA (Avv. Cervellini).

### FATTO.

Nadalin Ines con contratto del 28 settembre 1928 si impegnò a prelevare dalla Società Anonima Elettrica Trevigiana una potenza di Watt 100 per tre lampade della tensione di 125 Volt circa, con fornitura a forfait, e ad uso di sola illuminazione. La durata del contratto fu fissata in cinque anni, con decorrenza dal 1° di detto mese. Dichiarato dal Tribunale di Treviso fallita la Nadalin, la Società chiese di essere ammessa al passivo del fallimento per L. 588,55 di cui L. 56,95 per energia fornita dal 1° settembre 1928 al 13 dicembre 1929 e L. 538,45 per minimo di consumo impegnato dal 14 dicembre 1919 al 31 agosto 1933, in cui scadeva il contratto, oltre L. 33,15 per tassa di luce e spese per la domanda. Il curatore, però, contestò il credito. Ed avendo la Società insistito per l'ammissione di esso, il giudice delegato con sentenza del 20 giugno-17 luglio 1930 rigettò la domanda.

La società si gravò di tale pronunzia, e davanti il Tribunale sostenne che, quando in un contratto di fornitura di energia elettrica l'utente si obbliga a pagare un canone mensile sia che consumi, sia che non consumi l'energia, egli assume senz'altro un debito corrispondente all'importo totale delle diverse mensilità fino al termine del contratto, e solo a facoltà di pagarlo a rate mensili. E ciò posto, ne dedusse che, in caso di fallimento di esso utente, il fornitore dell'energia avesse diritto al pagamento in moneta fallimentare, dell'ammontare dei canoni relativi a tutta la durata del contratto, costituendo tale ammontare un debito del fallito sorto fin dalla data del contratto venuto a scadere per effetto del fallimento. Il Tribunale però con sentenza del 20 gennaio-5 marzo 1931 osservò in contrario che il contratto, nel caso concreto, andava considerato come vendita di cosa incorporea *ad mensuram*, e da ciò trasse la conseguenza che, trattandosi delle vendite di tale genere, la proprietà si trasferisse non già *ope legis*, all'atto della stipulazione del contratto, ma all'atto della consegna, e limitatamente alla cosa consegnata, e non perfezionandosi perciò il contratto se non con la specificazione della cosa, doveva, nella specie, ritenersi che per efletto della intervenuta dichiarazione di fallimento della Nadalin, era sorta a favore dell'Amministrazione fallimentare la facoltà di chiedere lo scioglimento del rapporto, dato che la continuazione del vincolo era divenuta gravosa ed inutile nei riguardi di lei. E, conseguentemente, rigettò il gravame.

Contro tale sentenza ha proposto ricorso la Società per tre motivi; ed al ricorso ha resistito il curatore del fallimento.

### DIRITTO

La Società, con il primo motivo del ricorso, insiste nellatesi sostenuta come sopra davanti i giudici di merito. Ed a dimostrarne la fondatezza, anche sotto altro profilo, aggiunge che, impegnandosi, con il contratto di fornitura di energia a forfait, il fornitore a produrre l'energia per metterla a disposizione dell'utente, e questi a pagare un canone fisso in ogni caso, e cioè sia che consumi, sia che non sonsumi l'energia, e non avendo, nè potendo detto canone fisso avere altra finalità, se non quella di concorrere alle spese di produzione, e quindi così di costruzione e di ampliamento dell'impianto, come di manutenzione della conduttura, ne consegue che l'obbligo, che si assume dal-

l'utente, trovando la sua causa nel fatto di avere il Fornitore già provveduto alle spese cennate, non può non sorgere nel momento stesso della stipulazione del contratto, mentre la rateazione del prezzo altro non rappresenta, che una agevolazione per esso utente, il quale per ulteriore conseguenza, ed a norma dell'art. 1176 C. C. perde il diritto al beneficio del termine qualora diventi insolvente. Ma entrambe le ragioni, che così si adducono a sostegno della domanda, sono destituite di fondamento, E per vero, il contratto di fornitura di energia elettrica, avendo per oggetto cosa da prodursi e prestarsi per un determinato periodo di tempo, rientra indubbiamente tra quelli a tratto successivo. Epperò, non sussistendo, al momento della sua stipulazione, la cosa, che ne forma l'oggetto, è chiaro che da esso sorga bensì un vincolo giuridico in quanto che, per effetto appunto di esso, restano obbligati il fornitore a produrre l'energia e metterla a disposizione dell'utente, e questi a pagarne il prezzo, ma non sorge invece senz'altro l'obbligo nell'utente di pagarne il prezzo costituendo questo il corrispettivo dell'energia, e presupponendo, quindi, la produzione e prestazione di essa. Nè, poi, quando esso sia nella specie, a forfait, la circostanza che l'utente resti obbligato al pagamento del prezzo anche se non consumi l'energia messa a di lui disposizione può costituire solido argomento per autorizzare a ritenere che, in tal caso l'obbligo cennato sorga invece e senz'altro, in esso utente, al momento della stipulazione del contratto. La facoltà, infatti, che ha l'utente di consumare o non consumare l'energia, ha sempre come suo logico e necessario presupposto l'adempimento del contratto da parte del fornitore, giacchè per potere egli disporre, o meno, dell'energia a seconda che meglio creda, è necessario appunto che il fornitore la abbia prodotta e messa a disposizione di lui. E, ciò posto, e posto ancora che, come si è detto, il prezzo costituisce il corrispettivo dell'energia, ne consegue che ove la tesi della ricorrente fosse esatta, l'obbligo di eseguire il pagamento del prezzo verrebbe a risultare assunto senza causa. Nè poi la causa di esso può trovarsi nelle spese di produzione dell'energia, per la ovvia ragione che dette spese costituiscono bensì uno degli elementi che le parti tengono, ciascuna per proprio conto, presenti nel richiedere rispettivamente ed offrire il prezzo, ma non formano affatto oggetto del contratto, il quale stabilisce invece il prezzo unicamente come corrispettivo dell'energia, e cioè del prodotto. E poichè, non si contesta in diritto che l'amministrazione fallimentare possa troncare i contratti a tratto successivo sempre che lo ritenga necessario, nè parimenti si contesta in fatto che, nella specie, tale facoltà sia stata in effetto esercitata, la infondatezza del cennato primo motivo del ricorso non ha bisogno di ulteriore dimostrazione.

Quanto poi al secondo ed al terzo, con i quali si censura il Tribunale per aver qualificato l'energia elettrica come cosa incorporea e ritenuto, poi, contraddicendosi, il contratto di fornitura di essa come contratto *ad mensuram*, basta osservare che gli errori, in cui indubbiamente detto collegio è così incorso, non possono spiegare influenza alcuna sulla sorte della pronunzia, restando questa giustificata dalle ragioni di sopra assegnate.

Il ricorso deve quindi, essere rigettato, con le conseguenze di legge.

P. Q. M. (*omissis*).

---

# PRASSI AMMINISTRATIVA

Nella presente rubrica vengono riassunti principii, che hanno carattere generale, ma che vengono affermati dalla giurisprudenza o dalla stessa Pubblica Amministrazione in occasione di specifici provvedimenti amministrativi in materia attinente a derivazioni di acque pubbliche a scopo di produzione di energia elettrica o di provvedimenti relativi a servitù di elettrodotto, concessioni di sussidi a impianti e linee elettriche, laghi e serbatoi artificiali ecc. La massima viene desunta dal testo di sentenza o decisione e dal decreto, e dal relativo parere del Consiglio dei LL. PP.; la ricerca del provvedimento testuale è resa possibile ai lettori colle indicazioni della decisione o sentenza — che vengono indicati per ciascuna massima — o dalla data del decreto — e annesso disciplinare che sono pubblicati nel *Bollettino del Ministero dei Lavori Pubblici* — colla data e numero del relativo parere del Consiglio dei LL. PP. In ogni modo la Direzione della Rivista è a disposizione degli interessati per ogni altra ricerca, richiesta di copie e simili.

La Rivista *L'Energia Elettrica* non ha bisogno di richiamare la importanza di queste massime, che costituiscono precedente giudiziario e amministrativo che vale spesso a risolvere casi pratici controversi, in via di interpretazione giurisprudenziale od autentica attuata in casi analoghi.

Ogni massima ha un numero progressivo che sarà richiamato nell'apposito indice annuale.

235 – *Concessioni idroelettriche - Condizioni speciali del disciplinare in relazione al deflusso delle acque.*

Nel disciplinare di concessione idroelettrica, fra le condizioni speciali, può essere inserita quella di mantenere il pelo d'acqua ad un'altezza stabilita « ottenendo ciò con apportune manovre delle parti mobili della diga ». E inoltre può essere imposto che « quando la quota fissata sia raggiunta per cause naturali gli organi mobili dello sbarramento dovranno esser sollevati e mantenuti ad una conveniente altezza sul pelo d'acqua per lasciare libero corso al deflusso delle piena del fiume *ed ai galleggianti eventualmente trasportati in fluitazione* ».

D. R. 7 luglio 1930. Concessione Soc. Elettr. Milani. Derivazione dall'Adige presso Tombetta. Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 3166 e 928 del 1928 e 1930. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1931, pag. 9 e 17).

236 – *Concessioni idroelettriche precarie - Limitazione anche a favore di usi irrigui eventuali.*

Una concessione idroelettrica può essere sottoposta alla limitazione di sola precarietà anche a favore di ulteriori future derivazioni a uso irriguo, pure inserendosi nelle condizioni del disciplinare che la precarietà vale solo sotto un certo limite di fluenza, nel senso che ove gli usi irrigui formino oggetto di ulteriori concessioni, la concessione idroelettrica vale fino a una certa portata del corso d'acqua, lasciata immune dalle successive concessioni irrigue.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 18.

237 – *Concessioni idroelettriche - Salvezza delle utenze legittime preesistenti - Clausole speciali.*

Nel disciplinare di concessione idroelettrica può essere inserita una clausola speciale che addossi al concessionario l'obbligo di non alterare le legittime utenze preesistenti, adottando all'uopo « i provvedimenti che saranno stabiliti d'accordo fra le parti e il Genio civile ». In mancanza d'accordo funzionerà un Collegio Arbitrale di tre membri, nominati l'uno dal concessionario l'altro dall'utente, il terzo dal Presidente del Trib. competente per territorio.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 9 e 19.

238 – *Concessioni idroelettriche - Disciplinare - Clausola nell'interesse della navigazione.*

Una concessione idroelettrica su fiume navigabile può importare la limitazione della erogazione dell'acqua nei periodi in cui, a giudizio insindacabile dell'Amministrazione, la destinazione dell'acqua a uso di navigazione sia richiesta da motivi di interesse pubblico. In ispecie può essere imposta al concessionario la costruzione di opere idonee, quali la conca, o di prestazioni idonee, quali la manovra di paratoie nei periodi di morbida. Sempre nell'interesse della navigazione può essere prevista dal disciplinare la clausola di sospensione dell'utilizzazione concessa quando l'Amministrazione concedente dovesse eseguire opere di difesa o di sistemazione idraulica.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 20-21.

239 – *Concessioni idroelettriche – Proroga e varianti – Data di scadenza.*

Nel caso di varianti (unificazione e coordinamento) a più concessioni idroelettriche preesistenti con inerente nuova concessione, previa le istruttorie di legge, può accordarsi una data di scadenza nuova, fino a 70 anni, e a partire dalla nuova concessione unificata.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 23.

240 – *Concessione idroelettrica accordata precariamente - Esclusione di limitazione del precario al solo caso di ulteriore utilizzazione espressamente previsto nel primo decreto di concessione.*

La limitazione di precarietà istituita in un decreto di concessione idroelettrica, espressamente riferita a una determinata eventuale futura utilizzazione si intende estesa ed applicabile anche alle domande di derivazione concorrenti ed incompatibili con quella espressamente nominata nel riferimento della precarietà.

R. D. 10 luglio 1930. Concessione Bellia. Derivazione dal Tanaro in Comune di Rocciaciglié (Cuneo). Pareri Cons. Sup. LL. PP. n. 1161 del 1928 e 444 del 1929. (*Boll. Min. LL. PP.* 1931, pag. 44-45(.

241 – *Concessione idroelettrica - Varianti di maggiore utilizzazione proposte dal concessionario - Formalità di revoca della prima concessione.*

Quando a una concessione idroelettrica esistente sia — dallo stesso titolare — proposta una variante di maggiore utilizzazione e quest'ultima venga accolta dall'Amministrazione, si revoca, per la forma e per la sostanza — specie in ordine alla data di scadenza — la prima concessione e si emette un nuovo decreto di concessione per la variante.

R. D. 12 febbraio 1931. Soc. Varesina Imprese Elettriche. Derivazione dal lago Delio. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1931, p. 1902).

242 – *Concessioni idroelettriche - Clausola nell'interesse della difesa militare - Formulazione speciale.*

Fra le clausole speciali di un disciplinare di concessione idroelettrica, istituite nell'interesse della difesa militare possono essere introdotte le seguenti: a) obbligo di presentare alla fine d'ogni anno al competente ufficio della fortificazioni i disegni e dati relativi alle opere idroelettriche eseguite durante l'anno; *b*) obbligo di collaudo speciale delle opere idroelettriche, quando siano compiute, da parte dell'Autorità militare; *c*) obbligo del concessionario della derivazione di non alterare la rete stradale e « le condizioni di visibilità »; *d*) obbligo, sempre nel concessionario stesso di rimborsare « sulla base dei legittimi documenti che gli saranno presentati » le spese delle opere sostenute dall'Amministrazione militare nei casi di inadempienza del concessionario stesso agli obblighi speciali previsti nell'interesse della difesa militare.

D. R. 12 febbraio 1931. Concessione Lanificio Gavardo. Derivazione dal Chiese in Comune di Gavardo (Brescia). Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 2171 del 1930. (*Boll. Min. LL. PP.* 1931, p. 1920).

243 – *Concessione idroelettrica - Condizioni di sicurezza.*

Fra le condizioni particolari del disciplinare di una concessione idroelettrica possono essere introdotte le seguenti: *a*) che le condotte forzate dovranno essere solidamente ancorate per evitare il pericolo di rottura; *b*) che gli anelli delle condotte dovranno essere provati in officina a una pressione pari a una volta e mezza di quella a cui verranno sottoposte negli impianti e dovranno essere segnate con un marchio speciale; *c*) che all'inizio delle condotte forzate dovranno esser collocate valvole di sicurezza automatiche atte ad impedire l'introduzione dell'acqua in caso di rottura. Dette valvole dovranno potersi manovrare a volontà dalla Centrale Idroelettrica.

D. R. 2 marzo 1931. Concessione Comune di Torino. Derivazione dalla Dora in Comune di Chiamonte. Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 3575 del 1930. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1931, pag. 1942).

244 – *Concessioni idroelettriche - Clausole speciali nell'interesse delle comunicazioni stradali.*

Fra le condizioni particolari nell'interesse delle comunicazioni stradali, condizioni di cui è possibile l'inserzione nel disciplinare di concessione idroelettrica, può esservi oltre quella di dar passaggio sulla sommità della diga, anche di sistemare all'uopo apposite rampe di accesso, di sostituire varianti di strade inutilizzate a seguito dell'impianto idroelettrico, col diritto a prelevare il materiale della vecchia strada abolita.

D. R. 17 ottobre 1930. Concessione Forze idrauliche del Ceno. Derivazione dal Ceno i Comune di Varzi (Parma). Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 1505 del 1930. (*Boll. Min. LL. PP.* 1931. Par. 875).

# NOTE E RIASSUNTI

## LO SVILUPPO MONDIALE DELLE ELETTRIFICAZIONI FERROVIARIE

La Commissione di elettrificazione ferroviaria della N.E.L.A. (National Electric Light Association) (1) ha preparato e la N.E.L.A. ha pubblicato nel novembre u. s. la interessante relazione annuale sugli sviluppi dell'elettrificazione in tutte le parti del mondo.

Riassumiamo qui sotto le più importanti parti della relazione, dopo aver messo in rilievo che, nonostante la verificatasi depressione economica mondiale, lo sviluppo della elettrificazione ferroviaria è proseguito egualmente e questo fatto è giustificato dalla convenienza di completare i lavori già iniziati in tempi economicamente migliori, dalla opportunità di profittare delle attuali riduzioni dei prezzi, infine per combattere la disoccupazione.

### Stati uniti.

La Società *Delaware, Lackawanna* e *Western Railroad* ha posto in esercizio durante il mese di gennaio del 1931 l'ultimo tronco della sua rete suburbana elettrificata. La rete in esercizio elettrico raggiunge così i km 112 di linee ad est di New Jersey.

È opportuno ricordare che il sistema impiegato è quello a corrente continua a 3000 V e che la Società è stata la prima negli Stati Uniti ad impiegare la corrente continua ad alta tensione per le automotrici a comando multiplo ed a utilizzare nelle proprie sottostazioni di conversione unicamente raddrizzatori a vapori di mercurio.

Il parco è composto di 141 automotrici, 141 rimorchi e di due locomotive di manovra. Ciascuna automotrice è equipaggiata con 4 motori da 235 HP, tensione ai morsetti 1500 V, ma con isolamento per 3000 V, con trasmissione ad ingranaggi ed assi su cuscinetti a sfere. Esse sono costruite in acciaio, con tetto, porte e finiture interne in alluminio; pesano circa 67 t ed hanno la capacità di 84 viaggiatori. I rimorchi sono pure in acciaio, pesano circa 49 t ed in essi possono trovare posto da 78 a 82 viaggiatori.

L'utilità dell'adozione dei cuscinetti a sfere nei riguardi dei consumi di energia viene constatata a mezzo di wattmetri installati su ciascun treno.

La velocità massima di un treno composto di sei pezzi è di 109 km/h. L'avviamento è automatico con accelerazione di 2,4 km/h/sec. Il sistema di frenatura di tali treni è elettropneumatico.

Le due locomotive di manovra, che provvedono al servizio fra e nelle tre stazioni di smistamento di Hoboken, Secaucus e Harrison sono del tipo $B+B$, pesano 113 t e oltre al normale equipaggiamento elettrico sono dotate di motore Diesel da 300 HP direttamente collegato ad un generatore a corrente continua a 750 V che serve per la carica della batteria ed anche per alimentare i motori di trazione quando la locomotiva provvede al servizio con i mezzi propri.

L'equipaggiamento elettrico, alimentato dalla linea di contatto, è costituito da 4 motori da 385 HP con trasmissione ad ingranaggi; essi sviluppano uno sforzo di trazione di t 27 alla velocità di 27 km/h. Quando invece funzionano con mezzi autonomi lo sforzo di trazione è di 27 t alla velocità di 6,5 km/h. Ogni locomotiva è capace di trainare t 2,500 circa alla velocità di 45 km/h quando è alimentata dalla linea di contatto e di 20 km/h quando funziona con mezzi autonomi.

La Società *Great Northern Railway* ha acquistato altre 4 locomotive elettriche per treni viaggiatori del tipo 1-$C+C$-1 già accennato nella relazione del 1930.

Essa ha pure 10 locomotive elettriche Westinghouse per treni merci del tipo 1-$D$-1.

La Società *Long Island Railroad* per effettuare treni suburbani più pesanti, giusto quanto era stato già riferito nella precedente relazione, ha ampliato la sottostazione di Floral Park e ne ha costruite 4 nuove a Hempstead, Manhasset, Cedar Manor e Goose Creek.

Nella sottostazione di Floral Park i due gruppi rotanti esistenti sono stati sostituiti da 2 raddrizzatori a vapori di mercurio della potenza di 3000 kW che possono venire alimentati sia dalle linee a 60 periodi della Long Island Lighting Co, sia da quelle a 25 periodi di proprietà della Società ferroviaria.

I trasformatori di tale impianto sono stati progettati per l'esercizio normale a 60 periodi; per utilizzarli con la frequenza di 25 periodi si inserisce in serie un 3 % di reattanza.

Delle quattro nuove sottostazioni, 3 avranno un raddrizzatore a vapori di mercurio della potenza di 3000 kW, la quarta verrà attrezzata col macchinario proveniente dalla sottostazione di Floral Park.

Nel 1931 è stata iniziata la costruzione di 4 altre sottostazioni nelle quali verrà installato pure un raddrizzatore a vapore di mercurio. Esse sorgeranno a Forest Hills, Far Rockaway, Gibson e Massapequa.

La *New York Central Railroad* ha proseguito nelle sue elettrificazioni.

Il 1° giugno 1931 è stato iniziato l'esercizio elettrico delle linee per servizio merci, poste a sud di Croton e dirette verso l'ovest. Tale elettrificazione, effettuata nel 1930, ha richiesto la posa in opera di oltre km 52 di terza rotaia. Il servizio merci è effettuato a mezzo di 42 locomotive elettriche tipo $C+C$ a corrente continua a 650 V, con 6 motori da 415 HP. Tali locomotive hanno l'equipaggiamento elettrico per l'effettuazione del comando multiplo e, nonostante che le loro caratteristiche siano state studiate pel servizio merci, potranno eventualmente venire utilizzate anche pel servizio viaggiatori.

Per i bisogni di alcune linee limitrofe e per altri impieghi sulle linee elettrificate sono state acquistate altre 35 locomotive Diesel-elettriche del tipo $B$-$B$ dotate di un motore Diesel da 300 HP, di una batteria di accumulatori di 140 elementi e di 4 motori elettrici da 415 HP alimentabili per mezzo della terza rotaia.

Alla fornitura dell'energia occorrente provvede la stessa Società a mezzo di propri impianti attraverso le tre nuove sottostazioni poste in Croton rispettivamente in Dyckman Street, nella 134ª Street e nella 66ª Street.

Nelle sottostazioni di Dyckman Street e della 66ª Street sono installati due convertitori sincroni da 2500 kW ciascuno ed in quella della 134ª Street ve ne sono tre della medesima potenza.

Tutte e tre le sottostazioni sono automatiche con il comando posto nella sottostazione della 134ª Street. Il comando è progettato in modo da potersi trasportare altrove in qualsiasi momento senza per questo interrompere il servizio.

Un'altra sottostazione è stata aggiunta alla linea principale a Riverdale, a nord di Spuyten Duyvil, con un gruppo rotante da 2500 kW.

---

(1) Detta Commissione è una speciale Commissione Nazionale che riunisce i rappresentanti delle 4 più importanti branche dell'industria americana interessate allo studio dei problemi comuni relativi alla elettrificazione ferroviaria; essa sostituisce la primitiva « Electrification of Steam Railroads Committee » e ne continua l'attività: nella pubblicazione N. 165 del novembre scorso si ha la continuazione dello studio statistico ed economico delle elettrificazioni trattato nella pubblicazione N. 079 del settembre 1930, riassunta nella Rivista *L'Energia Elettrica* del gennaio 1931.

Nel 1930 la New York Central e la Rock Island Railroads hanno acquistato, a dotazione della stazione terminale di La Salle Street di Chicago, 3 locomotive Diesel-elettriche a batteria, identiche a quelle acquistate dalla New York Central per la sua elettrificazione del lato ovest di New York, salvo che non sono munite dell'attrezzatura elettrica da alimentarsi con la terza rotaia.

La *New York, New Haven* e *Hartford Railroad* ha ordinato nel 1930 10 locomotive e 33 vetture, di cui 12 automotrici e 21 rimorchi, a comando multiplo. Queste ultime, del tipo 2-$C$+$C$-2, sono per i treni pesanti viaggiatori e sono capaci di funzionare tanto se alimentate dalla corrente alternata a 11 000 V della linea aerea, che dalla corrente continua a 650 V della terza rotaia in corrispondenza della tratta relativa alla Grand Central Terminal di New York. Esse sono capaci di trasportare 15 carri di t 37 alla velocità di 105 km/h quando sono alimentate a c. a. ed alla velocità di 93 km/h quando sono alimentate a c. c.

La *Northwestern Pacific Railroad* durante il 1930 ha riordinato tutte le sue sottostazioni che attualmente sono alimentate solo dalla Pacific Gas & Electric Co. Nelle quattro attuali sottostazioni vi è una potenza installata di 6800 kW, costituita tutta di macchinario rotante.

La *Pennsylvania Railroad* nel giugno 1930 ha inaugurato il servizio elettrico suburbano sulle linee da Filadelfia a Norristown ed a Trenton, completando così l'elettrificazione suburbana di Filadelfia. Vennero all'uopo acquistate 45 automotrici in acciaio e 99 vetture viaggiatori già esistenti vennero equipaggiate di motori elettrici.

Nel settembre 1930 venne inaugurata la nuova stazione suburbana terminale pel servizio viaggiatori posta nella Broad Street. Nello stesso periodo vennero inaugurati la nuova tratta sotterranea ed il nuovo ponte sul fiume Schuylkill che collegano la nuova stazione con quella principale della 30ª Street. La stazione di Broad Street è utilizzata attualmente da 325 treni elettrici giornalieri.

Il programma di elettrificazione della Pennsylvania comprende le linee da New York a Washington e da Trenton, Filadelfia e Perryville al fiume Susquehanna. Nel 1930 venne eseguita gran parte della linea di contatto a 11 000 V tra il parco di Sunnyside, Long Island e Manhattan smistamento e New Jersey; vennero altresì iniziati parecchi altri importanti lavori. Il programma prevede la costruzione nella nuova stazione viaggiatori di Newark e l'abbandono della Manhattan smistamento. Nel febbraio 1931 venne annunciato un acceleramento dell'intiero programma di elettrificazione tra New York e Washington, da svolgersi in 2 anni e mezzo invece dei 4 previsti, e ciò in vista sia dei minori prezzi del mercato che del traffico ridotto che permette, in grazia del minor numero di treni, di eseguire i lavori di elettrificazione con maggiore economia.

Si prevede altresì la necessità di acquistare 240 locomotive elettriche e di equipaggiare con motori elettrici 80 vetture viaggiatori già esistenti.

Nel maggio 1931 venne ordinata, con consegna tra il 1931 ed il 1933, l'attrezzatura elettrica per 90 locomotive per treni viaggiatori e per 60 locomotive per treni merci.

La *Reading Co.* nella prima metà del 1931 ha completata l'elettrificazione col sistema monofase a 11 000 V di km 1100 di linea e di circa 2700 km di binari. I nuovi orari elettrici mostrano un incremento di frequenza di servizio che varia dal 31 al 73 %. L'incremento nella velocità dei treni varia dal 15 al 25 %.

La Società prevede di estendere poi l'elettrificazione da West Trenton a Bound Brook e successivamente a New York e da Lansdale a Bethlehem. Prevede anche l'elettrificazione delle linee percorrenti la vallata del Schuylkill.

ALGERIA.

Le *Ferrovie dello Stato Algerino* stanno eseguendo la loro prima elettrificazione sulla linea, a carattere minerario, che va da Oued Keberit alla costa. Tale linea, a semplice binario, ha un traffico pesante di ferro grezzo e di fosfati diretti al porto di Bona e molti treni tornano indietro vuoti. È in progetto l'elettrificazione della linea da Oued Keberit a Bona della lunghezza di 1610 km, il cui tronco più difficoltoso è quello da Oued Keberit a Duvivier della lunghezza di km 108. Questo tratto ha pendenze dall'8 al 25 per mille nel senso verso nord; tutti i treni merci, che hanno la frenatura a mano, richiedono la frenatura del 25 % degli assi per la pendenza del 25 per mille. I treni pesanti per tali pendenze debbono essere sdoppiati poichè la doppia trazione non è possibile a causa delle limitazioni imposte dagli attacchi e dalla ventilazione nelle gallerie. La linea è armata con rotaie da 21 kg/ml ed il carico per asse, attualmente di t 13,5, colla trazione elettrica potrà essere portato a t 18. Poichè colle locomotive a vapore, trainanti treni di t 75, il numero giornaliero dei treni non può superare i 16 per ogni direzione, la capacità massima attuale della linea è al di sotto di 2 milioni netti di t per anno, mentre colla elettrificazione si raggiungeranno 4,5 milioni di t per anno. Il sistema di elettrificazione sarà quello a corrente continua a 3000 V; l'energia sarà facilmente fornita dalle linee trifasi che passano nelle vicinanze della ferrovia e sarà realizzata la frenatura elettrica a ricupero, cosa molto importante per una linea discendente, con forte traffico, talchè si prevede di riutilizzare un quantitativo di energia pari al 30 % di quello fornito dalle sottostazioni.

Saranno ordinati 21 locomotori elettrici del tipo $C + C$ del peso di t 121, della potenza di 2300 HP, con sforzo di trazione di t 18 alla velocità di 34 km/h. Poichè 2 locomotori potranno trainare treni di 1 400 t, il numero giornaliero dei treni potrà essere ridotto da 16 ad 8 e la velocità media commerciale fra le due stazioni terminali aumentata da 11 km/h a 24 km/h. L'energia sarà fornita da una Società che ha una centrale termica a Bona e che costruirà anche impianti idroelettrici. Le linee di trasporto saranno alla tensione di 90 kV e le sottostazioni di trasformazione saranno 3, completamente automatiche, equipaggiate due con 2 gruppi motore-generatore da 2500 kW e una con 3 gruppi. Si prevede che il tratto Oued Keberit richiederà 27 milioni di kWh annui. Nel tratto da Duvivier a Bona, dove il ricupero è piccolo, si prevede di installare raddrizzatori a vapore di mercurio in luogo dei gruppi motore-generatore.

ARGENTINA.

La *Ferrovia Centrale dell'Argentina* ha proseguito il suo programma di elettrificazione delle linee suburbane iniziato nel 1916 colla linea Buenos Aires-Tigre Central a terza rotaia, a 800 V.

Le linee ora in corso di elettrificazione sono Da Buenos Aires a Tigre Est e a Villa Ballester ed aumenteranno la rete elettrificata di circa 42 km. Sono stati installati nella centrale termica di San Fernando i 3 gruppi da 6000 kW ciascuno preannunciati nella precedente relazione e sono state costruite altresì le 5 nuove sottostazioni automatiche contenenti in complessivo 11 convertitori da 2000 kW. In totale si ha una potenza installata di 39 000 kW controllata da un dirigente centrale sito nella sottostazione di Olivos.

Il parco che nel 1926 comprendeva 67 automotrici e 54 rimorchi, nel periodo 1926-1931 fu ampliato con 24 automotrici e 31 rimorchi. Il parco per le nuove elettrificazioni comprenderà 190 automotrici e 180 rimorchi.

La *Ferrovia Centrale dell'Argentina* ha una Società affiliata, chiamata *Ferrovia Centrale terminale di Buenos Aires* organizzata allo scopo di costruire una ferrovia Metropolitana sotterranea e di provvedere alla penetrazione delle ferrovie ordinarie nell'interno della città. La Società ha la sua stazione terminale chiamata Federico Lacroze nel Quartiere di Chacarita ed ha costruito km 8 di metropolitana a doppio binario, da questa stazione a due importanti zone di affari della città.

Si prevede che la metropolitana trasporterà 75 milioni di viaggiatori all'anno.

La 1ª sezione è stata inaugurata nel 1930 e la 2ª nel giugno 1931; la 3ª sezione, quasi ultimata, passerà attraverso il quartiere finanziario ed arriverà alla zona del porto.

Il nuovo parco comprende 56 automotrici a comando multiplo, con struttura in acciaio e della velocità massima di 64 km/h, con accelerazione di 2,250 km/h/sec.

La *Grande Ferrovia del Sud* sta continuando gli esperimenti con locomotive Diesel elettriche da accoppiarsi a vetture munite di motori elettrici, alimentati e comandati dalla stessa locomotiva. Sono state ordinate 3 locomotive della potenza di 1700 HP con due motori Diesel da 850 HP ciascuno.

AUSTRALIA.

Le *Ferrovie dello Stato della Nuova Galles del Sud* hanno costruito 5 sottostazioni nelle quali sono installati complessivamente 14 raddrizzatori della potenza di 1500 kW ciascuno; tali sottostazioni sono tutte automatiche, salvo due che vennero costruite ampliando due esistenti sottostazioni, dove i raddrizzatori lavorano in parallelo cogli esistenti gruppi rotanti.

La *Victorian Railways* ha esteso l'elettrificazione della rete suburbana di Melbourne per altri km 8, a semplice binario sino a Glen Waverly; è stata pure costruita una linea di trasmissione a 20 kV della lunghezza di circa km 10 sino alla nuova sottostazione automatica di Glen Waverly, dove è installato un raddrizzatore della potenza di 600 kW. Delle attuali 20 sottostazioni, 11 sono automatiche.

AUSTRIA.

L'esercizio elettrico delle *Ferrovie Federali Austriache* è stato esteso alla linea Saalfelden-Salzburg lunga circa km 113 ed alla linea Innsbruck-Brennero lunga circa km 22,5. È in progetto di proseguire l'elettrificazione da Salzburg a Vienna non appena le condizioni economiche lo permetteranno. Si verrebbero così ad aggiungere altri 320 km di linee elettrificate che completerebbero l'elettrificazione della grande linea est-ovest che collega Vienna alla frontiera Svizzera. La parte occidentale della linea attualmente elettrificata è collegata alle linee elettrificate della Svizzera, della Germania e dell'Italia. Nel 1930 sono entrate in esercizio altre 4 locomotive che, con quelle attualmente in costruzione, porteranno a 162 il numero delle locomotive; quelle sono di 9 tipi, tutte con motori monofasi, salvo una attualmente in esperimento che ha un convertitore sincrono e motori a corrente continua. Il rodiggio è 1-*E*-1, il peso di t 119, la potenza oraria di 1800 HP e la velocità massima è di 60 km/h (servizio merci). L'ultimo tipo di locomotiva per servizio viaggiatori ha il rodiggio 1-*D*-1 ed ha 4 coppie di motori verticali gemelli; la potenza oraria è di 2760 HP e lo sforzo al gancio è di t 19.

La massima velocità di sicurezza è di 100 km/h. Di questo tipo ne sono entrate ultimamente in servizio 29 e 5 sono in costruzione; queste ultime avranno una maggiore potenza del 20 %.

Le Ferrovie Federali hanno posto altresì in servizio in via di esperimento 8 automotrici progettate per linee di montagna a forte movimento viaggiatori; ciascuna ha due carrelli a 3 assi e vi sono 2 motori in serie su uno dei carrelli. La capacità è di 62 viaggiatori seduti e la velocità di 90 km/h.

BRASILE.

Il Governo brasiliano ha ricevuto una proposta da ingegneri e finanzieri canadesi per trattare l'elettrificazione di alcune parti della *Ferrovia Centrale del Brasile;* la proposta si rlferisce al congestionato servizio suburbano da Rio de Janeiro alla stazione centrale, per un raggio di km 65, e comprende la costruzione di apposita centrale per la produzione dell'energia necessaria ed anche di due linee di montagna che potrebbero essere vantaggiosamente alimentate da impianti idroelettrici.

CANADÀ.

La *Canadian National Railways* sta procedendo rapidamente allo sviluppo del programma già indicato nel precedente rapporto.

CHILE.

La *Chilean State Railways* ha acquistato negli Stati Uniti 4 locomotive viaggiatori 1-*C*-1+1-*C*-1 del peso di t 113, con potenza oraria di 2460 HP, sforzo di trazione di kg 11 700, alla velocità di 58 km/h, con 6 motori a 1500 V, accoppiati a due a due in serie.

La *Chile Exploration Co.* ha esteso la sua elettrificazione ed ha messo in servizio 6 locomotori a 650 V da t 68 del tipo *B*+*B*, potenza oraria 650 HP e sforzo di trazione di kg 11 600, muniti anche di batterie per trazione.

La *Chilean Transandine Railway* iniziò la elettrificazione aprendo all'esercizio, nel 1927, 35 km di linee a scartamento di m 1 con corrente continua a 3000 V; dette linee hanno in seguito migliorato sempre il traffico e lo hanno anche aumentato, riducendo le tariffe per merci e per passeggeri.

CINA.

La Cina ha iniziato la prima parte dell'elettrificazione della ferrovia al porto di Chin-Wang-Tao nel golfo di Pechili e l'elettrificazione verrà estesa verso le Miniere di Kailan.

CECO-SLOVACCHIA.

Le *Ferrovie dello Stato* hanno attualmente in esercizio elettrico circa km 26 di ferrovia nei pressi di Praga ed hanno in progetto l'elettrificazione di altri 320 km di linea. Il sistema è a corrente continua a 1500 V e l'alimentazione verrà fatta dalla rete trifase industriale a 50 periodi.

DANIMARCA.

Le *Ferrovie dello Stato* inizieranno la loro elettrificazione con corrente continua a 1500 V a cominciare dalle seguenti linee suburbane a doppio binario nella zona di Copenaghen:

Fredericksburg-Vanlose-Hellerup;
Valby-Copenaghen-Klampenborg;
Hellerup-Holte

per una lunghezza complessiva di km 32. Verranno usate automotrici a comando multiplo.

EGITTO.

Il programma di elettrificazione che comprendeva la linea Cairo-Helwan è stato rimandato a causa dell'attuale crisi economica.

FRANCIA.

Le *Ferrovie del Midi* nel 1930 hanno elettrificato la Tolosa-Ax-les-Termes, della lunghezza di km 112; in tal modo l'elettrificazione è continua dalla frontiera a Tolosa e dalla frontiera a Ripoll in direzione di Barcellona.

Nel 1930 è stato pure iniziato l'esercizio elettrico della Bordeaux-Belt da Puyoo a Bayonne (lunghezza km 51,5), da Puyoo a Mauleon e Saint Palais (lunghezza km 54,7), e da Bayonne a Cambo (lunghezza km 19). Sono in corso i lavori per l'elettrificazione della Beziers-Neussargues (km 276) e si sta studiando l'elettrificazione delle due linee da Bordeaux - S. Louis a La Pointe de Grave (km 103) e da Montauban a Cette (km 219). Le locomotive elettriche alla fine del 1930 erano in 4 serie del tipo *B*-*B* per un totale di 205 unità, 10 locomotive per servizio viaggiatori rapido, tipo 2-*C*-2, 28 automotrici per viaggiatori e 10 automotrici per bagagli. Vi erano inoltre le seguenti locomotive in corso di ordinazione: 25 locomotive tipo *B*-*B*, 6 locomotive tipo 2-*D*-2, che saranno le più potenti della Midi, e 5 automotrici per bagagli.

La *Paris-Orleans* ha continuato a costruire i suoi impianti di generazione e trasmissione per l'alimentazione della rete elettrificata e da elettrificare. Vi sono due linee a 90 kV da Parigi ad Eguzon (km 320) ed una linea a 150 kV da Eguzon a Chaingy (km 193) che collega gli impianti idroelettrici della regione del sud colle centrali termiche di Parigi.

Quest'ultima linea, la cui tensione può aumentare fino a 220 kV, è stata estesa nelle due direzioni a Mareges (km 160) al sud (per collegare nuovi impianti idroelettrici alla rete ferroviaria) e a Parigi (km 128) al nord. Le linee a 90 kV saranno alimentate in 3 punti dalla linea 150/220 kV e precisamente a Chevilly (presso Parigi), a Chaingy e ad Eguzon. L'intera linea ferroviaria funzionerà a 220 kV nel 1932. Alla fine del 1930 il parco comprendeva 205 locomotive e 80 automotrici. La densità del traffico è di 300 treni al giorno per Parigi e di 50 treni al giorno nella zona terminale sud presso Vierzon. La Società ha in progetto di estendere l'elettrificazione da Vierzon a Brive (km 298) e da Orleans a Tours (km 112); quest'ultima avrà la precedenza.

La *Paris-Lyon-Mediterranée* ha continuato l'estensione della elettrificazione della linea del Cenisio, da S. Jean de Maurienne a Modane, aggiungendo altri 27 km ai 99 già elettrificati.

Le locomotive merci sono state aumentate di 18 unità con un totale di 30. È da osservare che 37 locomotive elettriche hanno sostituito 70 locomotive a vapore. La Società si propone anche di elettrificare la linea di riviera del Mediterraneo.

Le *Ferrovie dello Stato* eserciscono un importantissimo servizio suburbano ad ovest di Parigi che porta 150 milioni di viaggiatori per anno, l'80 % dei quali fanno capo alla stazione terminale di S. Lazare, che serve 50 000 persone nelle ore di punta pomeridiane. Nel 1930 sono stati ordinati 60 automotrici e 50 rimorchi. Sono state rimodernate 5 sottostazioni sulla linea di S. Germain per passare le linee di trasmissione da 25 a 50 periodi; sono state sostituite le convertitrici con raddrizzatori a vapori di mercurio da 1500 kW e da 2000 kW.

GERMANIA.

L'elettrificazione ferroviaria delle grandi linee è stata più attiva nella zona del sud cioè in Baviera e nel Wurtemberg. Il Governo bavarese ha in progetto di estendere l'elettrificazione da Monaco verso l'ovest, su Nannhofen, Augsburg, Ulm e Stoccarda.

Il primo tratto elettrificato è stato quello da Monaco a Nannhofen (km 31); nel 1930 la elettrificazione è stata proseguita fino ad Augsburg (km 31 circa) in modo da poter fare servizio elettrico completo viaggiatori e merci da Monaco ad Augsburg entro il 1931. Su tale linea transitano non solo i treni per Stoccarda, ma la maggior parte dei treni per Francoforte, via Wurzburg, e per Berlino, via Norimberga.

L'energia è fornita dagli impianti idroelettrici del Walchensee e del medio Isar. L'elettrificazione è col sistema adottato dalle Ferrovie dello Stato, monofase a 15 000 V.

Nel 1930 sono stati fatti lavori preparatori per l'elettrificazione delle linee suburbane di Stoccarda (km 27 da Stoccarda a Ludwigsburg e a Esslingen); l'esercizio sarà fatto con automotrici e rimorchi e il treno tipo sarà composto di due automotrici alle estremità e 4 rimorchi al centro. Si prevede inoltre di elettrificare entro il 1933 il tratto di linea da Augsburg a Stoccarda (km 192) che attraversa le montagne del Giura con pendenze dal 15 ‰ al 22,5 ‰; vi saranno 3 nuove sottostazioni ad Augsburg, Nuova Ulm e Plochingen, alimentate da linee di trasporto monofasi a 110 000 V.

È stata inoltre eseguita una piccola estensione della suburbana di Berlino a terza rotaia fra Kaulsdorf e Mahsdorf.

Alla fine del 1930 il parco tedesco disponeva di 183 locomotive elettriche per viaggiatori, 216 locomotive elettriche per merci, 69 automotrici e 213 rimorchi per linee principali oltre a 836 automotrici e 847 rimorchi per le suburbane.

È da osservare che le ferrovie tedesche hanno trovato molto adatte le automotrici per alcune specie di traffico sulle linee principali ed hanno deciso di crearne due tipi standard; uno del peso di t 18 per asse e con velocità di 100 km/h e l'altro di t 16 per asse e con velocità di 75 km/h.

UNGHERIA.

L'elettrificazione della linea Budapest-Hegyeshalom, di cui si è trattato nel precedente rapporto, è stata eseguita per km 48 da Budapest sino a circa Bicske e si sta lavorando al tratto rimanente sino ad Hegyeshalom.

A lavoro ultimato si avrà una linea tutta elettrica per km 195. Le *Ferrovie dello Stato* hanno esperimentato sino dal 1924 un tipo di locomotiva monofase alimentata a frequenza industriale, la quale contiene a bordo un convertitore di fase, alimentato in monofase dalla linea di contatto e che fornisce energia polifase ai motori di trazione che sono del tipo ad induzione senza commutatori. Queste locomotive (tipo Kando) saranno costruite nelle officine ungheresi colla cooperazione dei costruttori inglesi. I fondi per l'elettrificazione sono stati raccolti a mezzo di un prestito in Inghilterra. I lavori ora in corso richiederanno la costruzione di 4 sottostazioni contenenti ognuna due trasformatori da 4000 kVA e di 36 locomotive. Le locomotive viaggiatori sono del tipo 1-*D*-1 e quelle merci del tipo *O-F-O*; avranno un peso di circa 97 t e una velocità di 100 km/h quelle viaggiatori e di 70 quelle merci. Su ogni locomotiva è montato un motore polifase di HP 2500 con 4 velocità di sincronismo ottenute variando il numero dei poli e cambiando il numero delle fasi.

INDIA.

La *Great Indian Peninsula Railway* nel 1930 ha inaugurato l'esercizio elettrico fra Kalyan e Igatpuri per una lunghezza di km 80 di doppio binario. Le locomotive sono quelle del tipo adottato sulle linee di Poona e sono state descritte nella relazione precedente.

La *South Indian Railway* ha incominciato l'esercizio elettrico sul primo tratto della linea Madras-Tambaram, con scartamento di m 1 e lunga km 29. Il sistema è a corrente continua, a 1500 V e vi sono 2 sottostazioni della potenza complessiva di 4000 kW.

Il parco è composto di 17 unità « articolate » formate ciascuna da una automotrice e da due rimorchi con capacità complessiva di 194 posti e di 4 locomotive da 660 HP atte a trainare treni merci di t 450 alla velocità di 40 km/h, o treni viaggiatori di t 220 alla velocità di 65 km/h.

È in progetto l'estensione dell'elettrificazione sino a Chingleput, a km 56 da Madras.

ITALIA (1).

Le Ferrovie dello Stato a tutto il 30 giugno 1931 (chiusura dell'esercizio 1930-1931) avevano elettrificato l'11 % dei chilometri di linea con un traffico corrispondente a circa il 16 % del totale.

Nell'esercizio suddetto 1930-1931 è stato elettrificato col sistema monofase a bassa frequenza il tratto della linea del Sempione da Domodossola ad Iselle, che è esercito dalle Ferrovie Federali Svizzere.

Sono state inoltre ultimate le elettrificazioni delle linee seguenti:

1) Savona-Ventimiglia, km 107,4, entrata in esercizio il 15 maggio 1931;

2) Cuneo-Ventimiglia (2), km 75, entrata in esercizio il 15 maggio 1931.

Dopo tale periodo sono entrate in servizio le seguenti linee:

I) Benevento-Napoli, km 96, posta in esercizio nell'ottobre 1931;

II) Fornovo-Spezia, km 96, posta in esercizio parziale il 1° marzo 1931.

Le linee 1), 2), II) sono a sistema trifase a bassa frequenza, a 3700 V, la I) è a corrente continua, a 3000 V e costituisce il completamento della linea Foggia-Napoli. Sulla linea Benevento-Napoli le 3 sottostazioni (Telese-Caserta-Napoli) sono equipaggiate unicamente con raddrizzatori a vapori di mercurio da 2000 kW ciascuno. Le FF. SS. hanno altresì approvvigionato

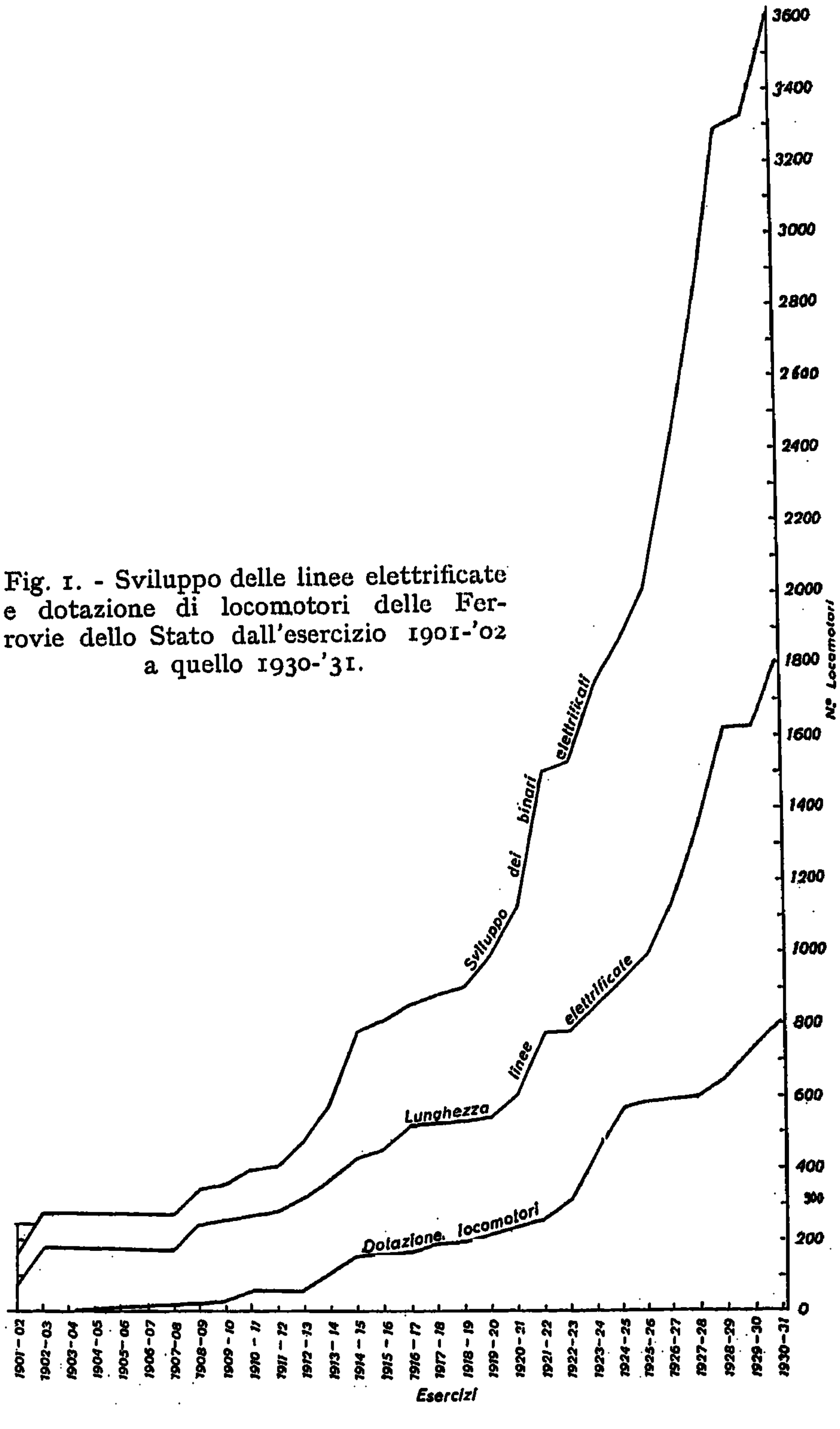



Fig. 1. - Sviluppo delle linee elettrificate e dotazione di locomotori delle Ferrovie dello Stato dall'esercizio 1901-'02 a quello 1930-'31.

(1) Dati completamente aggiornati dal traduttore a tutto il marzo 1932.

(2) Resta da elettrificare il tratto di km 24 in territorio francese.

2 sottostazioni ambulanti per corrente continua a raddrizzatore di mercurio, della potenza di 2000 kW ciascuna.

Sulla Benevento-Napoli le locomotive sono del tipo $B+B+B$ con velocità massima di 80 km/h. Sono state costruite inoltre 2 locomotive di prova a corrente continua del tipo 2-*C*-2 (gruppo *E*. 326) con velocità massima di 130 km/h per l'esercizio delle linee ad alta velocità ed altre 10 sono in corso di costruzione.

È in corso di elettrificazione e di completamento la direttissima Bologna-Firenze che sarà inaugurata nel 1934: con essa si completerà una linea a doppio binario da Milano sino a Napoli ed il tempo richiesto per il percorso appenninico Bologna-Firenze, per i treni direttissimi, già ridotto da ore 3,17 ad ore 2,12 coll'elettrificazione della Porrettana, lo sarà ulteriormente a circa 1 ora e 15'.

È stata posta in carico nella prima metà del 1931 la diga del Rochemolles con invaso di 4 000 000 di mc; è quasi ultimata la grande diga di Suviana con invaso di 40 000 000 di mc e procedono i lavori di ultimazione nella relativa centrale che si prevede entrerà in servizio entro il 1933. La centrale di Morbegno è stata allacciata a mezzo della linea di trasporto Morbegno-Voghera alla rete elettrificata ligure-piemontese. Sono in corso di studio e parte in corso di esecuzione notevoli lavori di ulteriori allacciamenti della rete elettrificata alla rete industriale.

A tutto il 30 giugno 1931 le FF. SS. avevano in esercizio km 1 733 di linee elettrificate con km 3 535 di binari.

Lo sviluppo della rete di trasporto ad alta tensione era di km 3067,6 e vi erano 67 sottostazioni di trasformazione statiche della potenza complessiva di kVA 340 910, 16 sottostazioni a corrente continua con potenza di kVA 41 510; 17 sottostazioni ambulanti per linee trifasi con potenza di kVA 36 430 e 2 sottostazioni anbulanti per corrente continua con potenza di kVA 2 000.

A questi dati sono da aggiungere 19 km della Domodossola-Iselle esercita dalle Ferrovie Federali Svizzere (con km 50,4 di binario) e km 74 di linee di Società private, esercite dalle FF. SS. nel Trentino.

Il consumo di energia è stato di **kWh 359 600 000** di cui **kWh 236 305 000,** pari al **61** % del totale, acquistati dall'industria privata.

In seguito all'entrata in esercizio, dopo il 30 giugno 1931, delle linee già menzionate, la lunghezza complessiva della rete elettrificata è passata a km 2054, con km 4049,5 di binario, e con una potenza installata nelle sottostazioni di kVA 479 380.

Vi sono inoltre km 1420 di linee elettrificate di Società private.

GIAPPONE.

Le *Ferrovie dello Stato giapponese* proseguono il loro programma di elettrificazione delle linee a forte traffico e ad elevata pendenza. Sono in corso di elettrificazione 5 linee per una lunghezza complessiva di km 160 ed in progetto di elettrificazione altre 5 linee per una lunghezza complessiva di km 360 col sistema a corrente continua a 1500 V, fra cui la importante linea detta Tokiado che collega le sei principali città: Tokio, Yokohama, Nagoya, Kyoto, Osaka, Kobe.

L'ultimo tipo di locomotiva per treni viaggiatori è con rodiggio 2-$C+C$-2, del peso di t 105, con potenza oraria di 1810 HP, sforzo di trazione di t 11 e velocità massima di 90 km/h. Per il programma di elettrificazione 1931-1933 occorreranno 60 di queste locomotive che saranno costruite nelle officine giapponesi.

MAROCCO.

Le *Ferrovie marocchine* hanno ultimato l'elettrificazione della linea Sale-Kenitra (km 39) e Kourigha-Oued Zem (km 33). Il totale dei binari attualmente elettrificati è di km 375. Le locomotive adoperate sono del tipo $B+B$.

INDIE OLANDESI.

La linea elettrificata dal porto di Batavia a Batavia città (lunghezza km 40, sistema a corrente continua a 1500 V) è stata completata coll'elettrificazione delle linee suburbane di Batavia, nonchè della linea Batavia-Buitenzorg, cosicchè la lunghezza complessiva delle linee elettrificate sale a 72 km. Le sottostazioni più recenti sono equipaggiate con raddrizzatori.

SPAGNA.

Le *Ferrovie del Nord* stanno elettrificando col sistema a corrente continua a 1500 V, la linea Bilbao-Portugalete, della lunghezza di circa km 14.

SVEZIA.

È stata definitivamente decisa l'elettrificazione della linea Stoccolma-Malmo delle *Ferrovie dello Stato svedese* ed è stato approvato il progetto di elettrificazione di km 580 di linee principali da Stoccolma a Malmo e Trelleborg e di km 280 di linee secondarie poste fra le linee suddette e la linea già elettrificata Stoccolma-Gothenburg. Il programma completo sarà ultimato alla fine del 1934. Il sistema di elettrificazione è il monofase a 16 000 V, a 16 2/3 periodi.

L'energia sarà fornita dall'Amministrazione delle Forze Idrauliche dello Stato e dalla Società Elettrica Svedese del Sud. Sono state ordinate 75 locomotive del tipo standard 1-*C*-1 già adottate sulla Stoccolma-Gothenburg, 21 locomotive di manovra 0-*C*-0 e 8 locomotive miste a trolley e a batteria di accumulatori che servono per i lavori di riparazione e per i binari non elettrificati. La linea Stoccolma-Malmo è di grande importanza, poichè per essa passa tutto il traffico che si ha tra Stoccolma ed i paesi del sud: i treni completi proseguono poi da Malmo per la Danimarca e da Trelleborg per la Germania, caricati su *ferry-boats*.

SVIZZERA.

Col cambio da trifase in monofase dell'elettrificazione della galleria del Sempione, già menzionato nella precedente relazione, e coll'elettrificazione in monofase della Iselle-Domodossola, le *Ferrovie Federali* fanno servizio completo da Briga a Domodossola senza dover più eseguire il cambio di locomotiva a Briga e ad Iselle. Il nuovo programma di elettrificazione comprende 14 piccole linee con un complesso di 500 km di binario e sarà completato nel 1936. Alla fine del 1930 le Ferrovie Federali Svizzere avevano 307 locomotive per treni viaggiatori, 86 locomotive per treni merci o di manovra e 56 automotrici.

La *Ferrovia della Rezia* — scartamento 1 metro — elettrificata sin dal 1922, ha potuto, in grazia dell'elettrificazione, adottare vetture più pesanti e più confortevoli, completamente metalliche, ed inoltre introdurre il servizio delle vetture ristorante in modo da poter competere con i servizi automobilistici.

RUSSIA.

In Russia sono stati elettrificati km 18 di linee suburbane a nord di Mosca a corrente continua a 1500 V. Collo stesso sistema è stato elettrificato nella zona del Caucaso la linea da Baku a Sabuntshi e Surakhani della lunghezza di km 34. È stata inoltre iniziata l'elettrificazione di un tratto della *Ferrovia Transcaucasica* (Batum-Mar Nero e Baku-Caspio) della lunghezza di km 63, a 3000 V a corrente continua.

UNIONE SUD AFRICA.

Le *Ferrovie del Sud Africa* hanno deciso di estendere l'elettrificazione nel Natal da Pietermaritzburg a Cato Ridge per una lunghezza di km 42.

Questa sezione ha pendenze sino al 14 per mille e presenta difficoltà per l'esercizio a vapore; coll'esercizio elettrico si potranno fare treni merci di t 1500 e si potrà guadagnare un'ora di tempo nel percorso.

La *London and North Eastern Railway* ha sviluppato il progetto per l'elettrificazione del servizio suburbano di Londra.

La *London Midland and Scottish Railway* sta procedendo all'estensione dell'elettrificazione nella zona ad est di Londra da Barking a Dagenham e a Upminster; saranno costruite 4 nuove sottostazioni, parte equipaggiate con gruppi rotanti e parte con raddrizzatori.

L'elettrificazione più importante è quella della linea da Manchester a South Junction ed Altrincham, della lunghezza di km 14,5, a binari multipli, eseguita allo scopo di poter competere con i servizi automobilistici. L'elettrificazione è a corrente continua a 1500 V. La linea di contatto è a catenaria composta sostenuta a mezzo di catene di isolatori sospesi, da travate metalliche.

Il parco è composto di 24 automotrici, 22 rimorchi con comando multiplo e 22 rimorchi semplici.

Le automotrici hanno 4 motori da 328 HP ciascuno e pesano 51 t; l'accelerazione è di 2,3 km/h/sec e la velocità di piena corsa di 110 km/h.

La *Southern Railway* ha posto in servizio le tre linee Wimbledon-West Croydon, di km 13, Hownslow-Windsor, di km 21, Dartford-Gravesend, di km 12,500 e ha in corso una larga estensione dell'elettrificazione nella zona sud, già accennata nella precedente relazione, per una lunghezza di circa km 83, con 18 sottostazioni automatiche contenenti ciascuna 1 raddrizzatore da kW 2500.

Nell'aprile 1931 è stata pubblicata una interessantissima relazione di una Commissione per lo studio dell'elettrificazione ferroviaria nominata dal Ministro dei Trasporti. Questa Commissione propone l'elettrificazione con sistema a corrente continua a 1500 V delle principali linee, per una lunghezza di circa 83 000 km di binario in 20 anni, in vista anche dei vantaggi speciali che ne deriveranno al traffico viaggiatori e merci, all'efficienza della rete ferroviaria, all'industria e all'agricoltura.

Nel seguente specchio sono riassunti per Nazione i dati relativi allo sviluppo dell'elettrificazione ed al sistema adottato (1).

(1) Nel rapporto N.E.L.A. i dati sono riportati singolarmente per ogni linea coll'indicazione del sistema, della ragione dell'elettrificazione, dei risultati ottenuti e delle caratteristiche principali.

| NAZIONE | Sviluppo linee elettrificate | Ripartizione percentuale per Nazione delle lunghezze di linee elettrificate con corrente | | |
|---|---|---|---|---|
| | | continua | monofase | trifase |
| | km | % | % | % |
| Algeria | 108,125 | 100 | — | — |
| Argentina | 97,295 | 100 | — | — |
| Australia | 419,560 | 100 | — | — |
| Austria | 907,570 | 2,68 | 97,32 | — |
| Bolivia | 8,49 | 100 | — | — |
| Brasile | 403,826 | 100 | — | — |
| Canadà | 64,15 | 91,1 | 8,9 | — |
| Cile | 334,527 | 100 | — | — |
| Cina | 40,225 | 100 | — | — |
| Cuba | 250,585 | 100 | — | — |
| Ceco-Slovacchia | 49,074 | 100 | — | — |
| Francia | 1682,627 | 100 | — | — |
| Germania | 1564,414 | 16,45 | 83,55 | — |
| Giappone | 398,436 | 100 | — | — |
| India | 356,618 | 100 | — | — |
| Inghilterra | 762,022 | 98 | 2 .. | — |
| Italia (1) | **3473,976** | 44,8 | 7,6 | **47,60** |
| Marocco | 310,955 | 100 | — | — |
| Messico | 126,966 | 100 | — | — |
| Norvegia | 231,390 | — | 100 | — |
| Nuova Zelanda | 23,829 | — | 100 | — |
| Olanda | 134,979 | 100 | — | — |
| Olanda (Indie olandesi) | 112,630 | 100 | — | — |
| Russia | 114,239 | 100 | — | — |
| Spagna | 593,962 | 96,5 | 3,5 | — |
| Stati Uniti | 3306,945 | 68 | 32 | — |
| Svezia | 1167,925 | — | 100 | — |
| Svizzera | 2481,673 | 4,75 | 92,75 | 2,5 |
| Ungheria | 65,969 | — | 100 | — |
| Unione Sud Africa | 319,997 | 100 | — | — |
| Venezuela | 36,4 | 100 | — | — |

e. t. d.

# RASSEGNA TECNICA

a)

## IMPIANTO IDROELETTRICO DI ARIEL

*Electrical World*, 5 marzo 1932. – AH. CLOGHER e W. S. MERRILL.

L'impianto di Ariel è sorto allo scopo di aumentare la produzione di energia della Northwestern Electric Company, ed è collegato pure a reti di altre società dello Stato di Washington. Le caratteristiche fondamentali di questa installazione si possono così riassumere: *a*) il più grande gruppo con alternatore del tipo ad ombrello, finora costruito: la sua potenza è di 45 000 kw; *b*) la più potente grue finora installata per centrali all'aperto: la sua portata è di 350 tonn; *c*) diga principale ad arco, alta 95 metri, e parte rimanente a gravità con una lunghezza totale in cresta di circa m 380.

Un'altra caratteristica è costituita dall'aversi la sala dei quadri disposta in locale separato dalla sala macchine e ciò perchè si prevede che essa nel futuro debba essere utilizzata per controllare vari circuiti collegati, in vista dello sviluppo degli impianti in progetto nella zona.

Il fiume Lewis River, sul quale l'impianto è stato costruito, è ricco di salmone, così che si è presentato un notevole problema di carattere commerciale nei riguardi della pesca; d'accordo con le autorità è stata disposta una rete nel canale di scarico ed un allevamento a circa km 3 a valle dell'impianto; analogamente verrà fatto per gli altri impianti futuri nella zona.

La centrale è situata immediatamente a valle della diga ed è prevista per ricevere quattro gruppi verticali di cui uno soltanto è stato fin qui installato; essa, come appare dalla figura, è sopportata da archi in cemento ricavati sotto i condotti di scarico delle turbine. Le opere murarie vennero iniziate nel periodo di magra del 1930, e le acque deviate mediante una galleria di circa m 9 di diametro; la messa in opera dei 250 000 mc di calcestruzzo richiesto fu praticamente effettuata nel periodo decorrente dal 1° aprile 1930 al 1° aprile 1931.

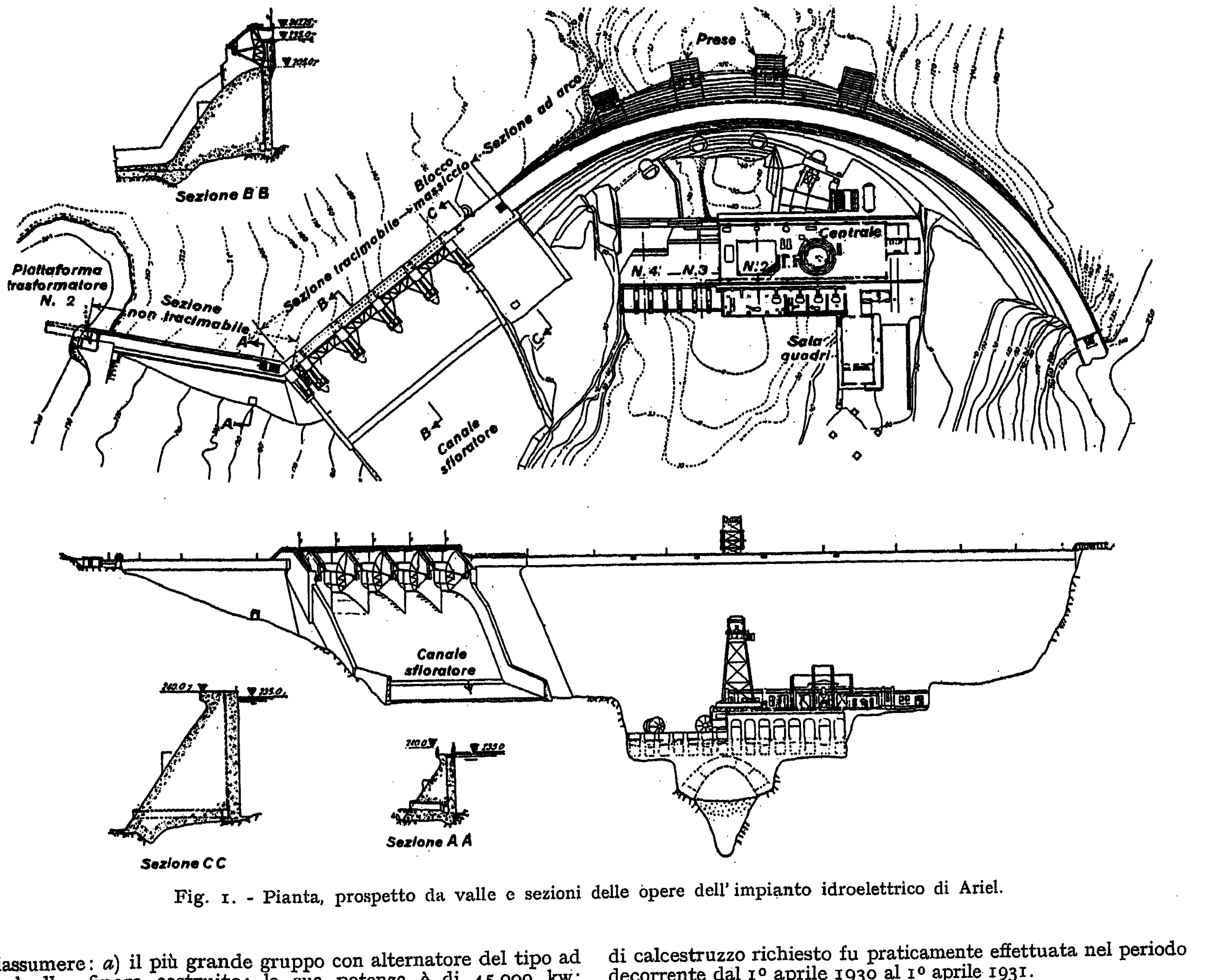



Fig. 1. - Pianta, prospetto da valle e sezioni delle opere dell' impianto idroelettrico di Ariel.

La diga è in massima parte ad arco, mentre la spalla destra, a causa del terreno che non dava sicuro affidamento non essendo di natura rocciosa, è stata eseguita con un massiccio a gravità, e ciò ha consentito di ricavare su di essa lo sfioratore con adatta pendenza. La costruzione venne effettuata per tronchi successivi, partendo dal settore a gravità, e particolari sistemi di giunti sono stati previsti per le dilatazioni in tutti i sensi; inoltre 300 termometri del tipo a resistenza furono disposti in vari punti per controllare la temperatura.

Il serbatoio, posto sul fiume Lewis River, a circa 27 km dallo sbocco nel fiume Columbia, presenta un invaso della superficie di circa 4 kmq, in corrispondenza del livello massimo a quota (71,8). La lunghezza in cresta della diga è di 380 metri, di

cui m 220 competono alla parte ad arco, m 62 allo sfioratore e m 92 alla restante parte a gravità; la massima altezza dell'arco sopra il letto del fiume è di m 95. L'arco ha raggio variabile nei vari tratti del paramento a valle con valori che vanno da m 120 a m 75; lo spessore minimo è di m 6, quello massimo alla base di m 28. La quantità di cemento richiesto è stata di 155 000 mc per la diga principale e 85 000 mc per la parte rimanente.

Lo sfioratore, della lunghezza di circa m 62, comprende 4 luci da m 12 e una da m 3,05 di larghezza, separate da pile larghe circa m 3,05, con 5 paratoie a settore alte m 9,10. Le 4 paratoie maggiori sono comandate in posto, la paratoia più piccola può invece essere manovrata a distanza.

La presa è costituita da 4 luci chiudibili con paratoie a rulli da m 7,20 × m 7,20, mentre i condotti sono circolari col diametro di m 5,35. Queste paratoie sono formate da un'ossatura in profilati con mantello in lamiera e sono contrappesate con blocchi di cemento; il peso totale di ciascuna è di 105 tonn e con esso si può chiudere la luce sotto il carico di m 53 al centro. Il sollevamento viene effettuato da una grue a mano, scorrevole sulla cresta della diga, della portata di 150 tonn, la quale può portare le paratoie superiormente per effettuare le operazioni di manutenzione e revisione. Le bocche di presa, nonchè i piani di scorrimento delle paratoie, sono protette da enormi griglie formate da barre opportunamente distanziate.

Le 4 condotte in lamiera del diametro di m 4,70 hanno uno spessore variabile da 16 mm a 25 mm e risultano della lunghezza di m 45; esse sono munite di valvole d'aria e di giunti di dilatazione, nonchè di valvole a farfalla a chiusura automatica. Queste ultime hanno il diametro di m 5,15 e sono munite di by-pass comandato da motore elettrico, mentre la lente è azionata da un cilindro servomotore ad olio sotto pressione.

Le turbine sono del tipo a reazione ad asse verticale, calcolate per 55 000 HP con m 52 di salto e 120 giri, e possono funzionare anche col salto di m 56 sviluppando la potenza di 61 600 HP. La cassa è in lamiera d'acciaio incorporata nel cemento, ed ha l'imbocco di m 4,25; l'albero, di acciaio forgiato, è lungo circa m 9 ed ha il diametro di m 0,85. L'acqua assorbita col salto di m 52, al massimo rendimento, è di 80 mc/sec, al massimo carico invece la portata sale a 110 mc/sec. Il regolatore di cui la turbina è munita, è a pressione d'olio ed è previsto per compiere la completa regolazione in 3''. Esso è alimentato da due pompe d'olio ad ingranaggi. Nella sala macchine è installato, inoltre, un gruppo da 1000 kW per fornire l'energia occorrente nei periodi di magra, quando il gruppo principale è fuori servizio, e si richiede un bassissimo carico.

L'alternatore, del tipo ad ombrello, con l'induttore ruotante, sviluppa la potenza di 56 250 kVA a cos $\varphi = 0,8$, fornendo energia a 13 800 V, 60 periodi, 120 giri. Il momento giratorio della sua massa rotante ha un G $D^2$ di 9 250 000 kg. mq. Il carico verticale, sostenuto da un supporto portante del tipo Kingsbury, si aggira sulle 550 tonn. Il gruppo è munito di doppia eccitatrice coassiale facilmente accessibile.

L'energia occorrente per i servizi ausiliari è ottenuta mediante due trasformatori trifasi a raffreddamento naturale, della potenza di 1250 kVA, con rapporto 13 800/2400 V a 60 periodi.

Altri piccoli trasformatori, di tipo per installazione all'aperto, riducono ulteriormente la tensione a 480 V per l'alimentazione dei motori delle grue ecc.

L'energia viene portata a distanza, previa trasformazione a 115 kV, mediante trasformatori di tipo per l'aperto, raffreddati ad acqua, monofasi con connessione in trifase a stella; la potenza di ogni trasformatore è di 18750 kVA.

Un dispositivo automatico consente di effettuare ad ogni istante il controllo del carico e quello della frequenza dei singoli gruppi.

Al numero e alla portata delle grue si è già accennato; si aggiunge che quella massima da 350 tonn è molto opportunamente munita di un gancio ausiliario, della portata di 25 tonn.

La sottostruttura della centrale, eccetto la parte mediana che poggia su di un arco in cemento, arriva alla roccia. La soprastruttura, completa per le prime due unità, è lunga m 53, è larga m 18, ed alta m 6 circa; essa ha le pareti in cemento ed il tetto in cemento armato.

L'apparecchiatura ad alta tensione è essenzialmente formata da due interruttori per i 110 kVA, distanti circa 250 m dai trasformatori, i quali sono comandati da motori e installati all'aperto. Attualmente l'installazione, prevista per 110 kV, funziona a 66 kV ed è collegata alla sottostazione di Vancouver della Compagnia Elettrica di Northwestern.

Ru.

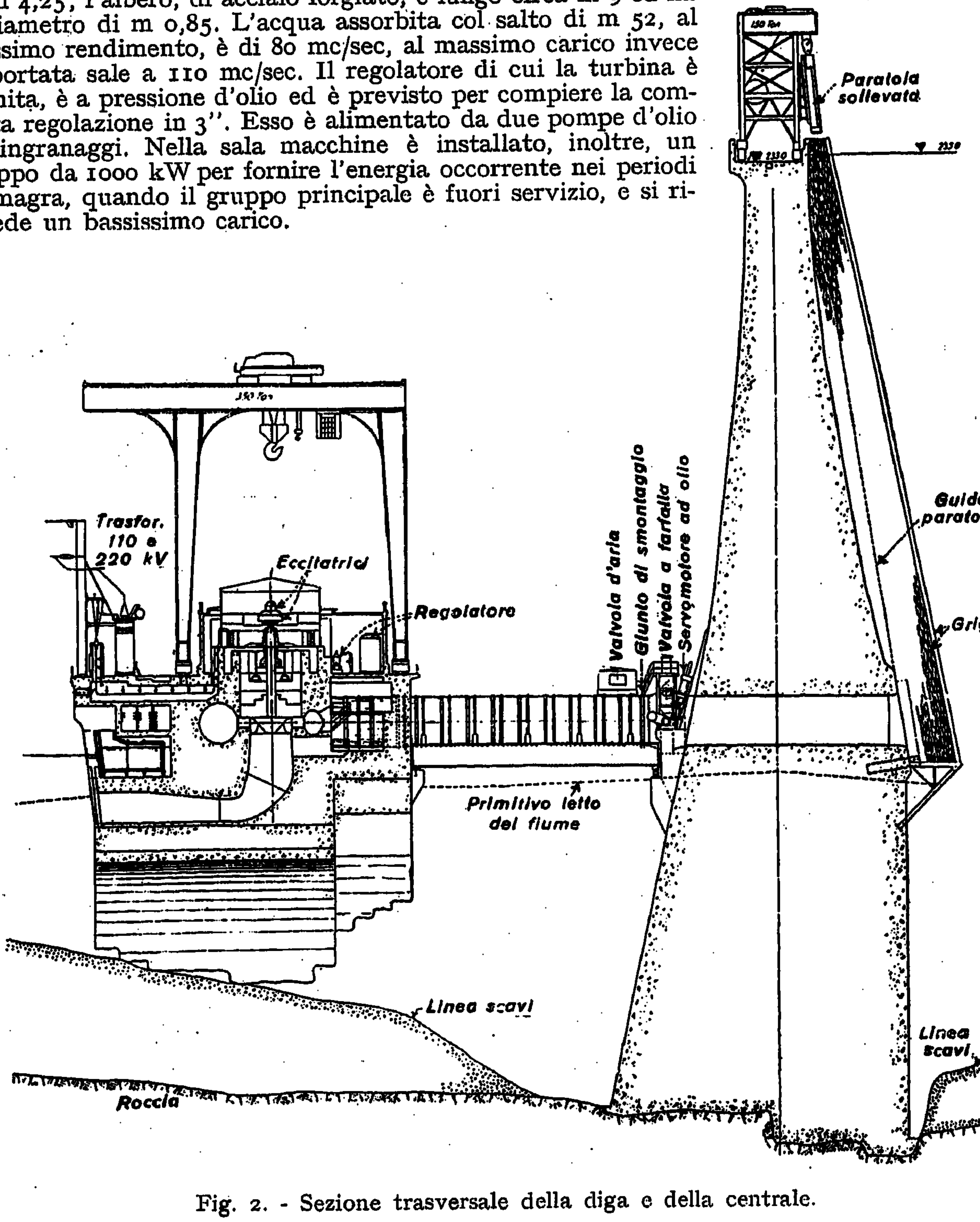



Fig. 2. - Sezione trasversale della diga e della centrale.

## L'UTILIZZAZIONE IDROELETTRICA DEL RIO SALADO IN ALLOZ

*Revista de Obras Publicas*, 15 novembre e 15 dicembre 1931. - ING. ESTEBAN ERRANDONEA y LARRACHE.

Il progetto di utilizzazione del Rio Salado risale al 1910 e fu iniziato da parte della Soc. Idroelettrica di Alloz che ottenne la concessione di derivare 4000 l/sec e costruire un serbatoio di 50 milioni di mc. Nel corso dello studio però si trovò la convenienza di portare l'invaso al valore di 83,5 milioni di mc in modo da poter avere una notevole quantità di energia di punta utilizzabile, e che non sarebbe ricavabile da altri eventuali impianti della zona.

Le caratteristiche fondamentali delle opere sono fornite dalla diga di sbarramento, del tipo ad arco, alta m 67, con l'invaso sopra accennato, che raccoglie le acque di un bacino della superficie di 150 $km^2$ circa; il salto è variabile fra m 32 e 64. Alla prima centrale seguono altri due impianti di minore importanza: di tutto verrà dato un cenno sommario.

La conca di alimentazione del Rio Salado è essenzialmente costituita dal bacino della Sierra di Andia, situata a 1100 m sul livello del mare, e il regime del fiume è fortemente torrentizio, come quello, del resto, di tutti gli altri corsi d'acqua della zona. In inverno si ha però una portata relativamente costante, ciò che, con l'integrazione del serbatoio stagionale, consente un'utilizzazione del corso d'acqua in condizioni di buon rendimento. La località ha poi enormemente facilitato la costruzione dello sbarramento; infatti il fiume attraversa una gola strettissima alla cui configurazione si adatta molto bene una diga ad arco. Gli studi geologici inoltre hanno dato

completo affidamento sulla bontà e l'impermeabilità dei terreni della località prescelta.

In base alle osservazioni eseguite sul fiume negli anni 1917 e 1918 si trovò un deflusso di mc 1,021 per mq, nel 1917, e

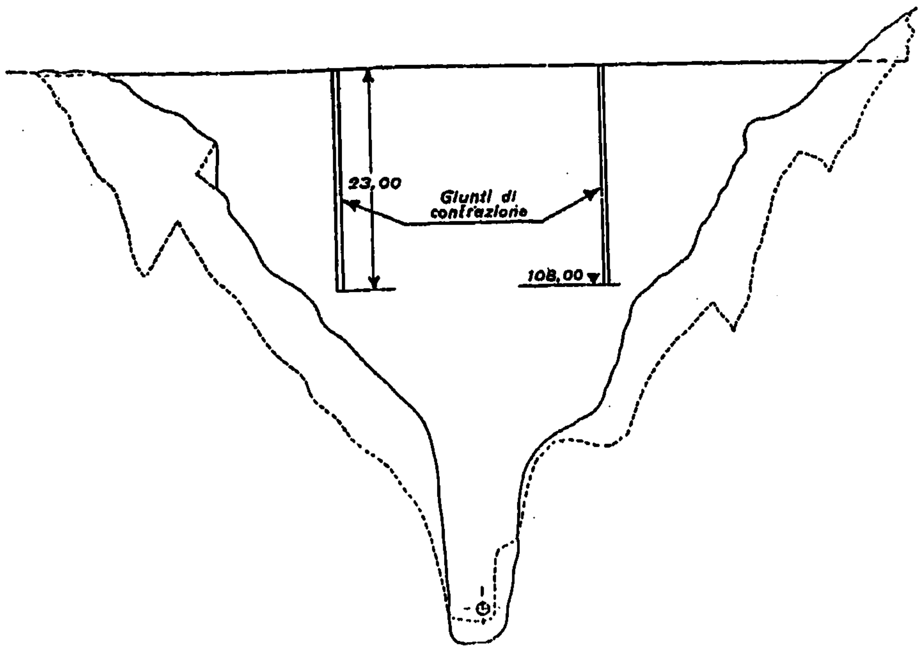



Fig. 1. - Vista di fronte della diga.

mc 0,803 nel 1918, in corrispondenza alla superficie di 155 kmq del bacino. Il numero degli elementi a disposizione essendo insufficiente, per il breve periodo di osservazione considerato, fu fatto un riferimento al fiume Arga della stessa zona, per il quale si hanno dati continui dal 1913.

La diga del bacino di accumulazione è l'opera più importante dell'impianto, e la possibilità di poter ricorrere al tipo ad arco ha consentito di realizzare una grande economia nel costo delle opere murarie.

Alta m 67, ha uno spessore variabile fra m 17,50 alla base e m 1,50 all'estremità superiore; il raggio dei paramenti dal fondo al ciglio è compreso fra 22 e 23 metri. Il dimensionamento delle diverse sezioni è stato eseguito basandosi sul metodo dello Stuky, per la ripartizione del carico fra travi verticali ed archi orizzontali. Nel calcolo si è poi tenuto conto delle variazioni di temperatura che influenzano notevolmente i carichi di lavoro, e per controllare le ipotesi del calcolo stesso si sono applicati numerosi termometri in punti adatti. I tre grafici in figura 2 mostrano le curve di variazione delle temperature, in tre diverse sezioni della diga, durante i primi tre anni dopo la sua costruzione. Sono stati altresì praticati due giunti provvisori di contrazione (spiccati a 23 m sotto il ciglio) in corrispondenza delle zone in cui il calcolo rivelava una sufficiente centratura della linea delle pressioni.

La dosatura del materiale costituente la diga presenta le seguenti proporzioni: 850 litri di ghiaia da 10 a 80 mm, 450 litri di sabbia da 0 a 10 mm, 130/140 litri d'acqua, 300 kg di cemento. La impermeabilità raggiunta è stata perfetta essendosi ottenuto un calcestruzzo molto compatto e ciò a causa della sua fluidità alla messa in opera, la quale ne ha reso omogenea la solidificazione. Il volume totale di calcestruzzo impiegato per la costruzione della diga è stato di 20 000 mc.

La presa, situata a pochi metri dal fondo, è munita all'imbocco di una griglia di protezione con barre distanziate di 35 mm. La galleria forzata è del diametro di m 3,50 e l'imbocco ad ampio raccordo è previsto per una velocità dell'acqua di 0,50 mc/sec in corrispondenza della portata massima; il carico max normale della galleria è di 55 m, ma essa è stata calcolata per sopportare una pressione di 9 atm. Il rivestimento di calcestruzzo ha uno spessore di m 0,20 ÷ 0,30; ad esso è sovrapposto uno strato di gunite, dello spessore di 7 cm, armato con tondini

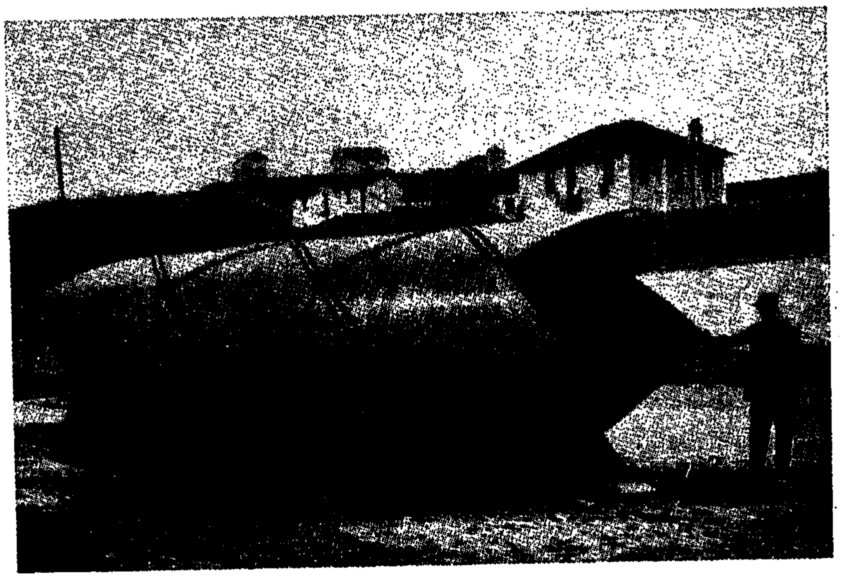


Fig. 3. - Tronco di tubazione forzata con elementi a spirale.

di ferro collegati a barrette longitudinali. Un tubo in lamiera, ancorato all'estremità, consente il collegamento alla condotta forzata metallica, che parte con un tubo tronco conico, di riduzione da m 3,50 a m 2,30 di diametro dopo il quale è inserita una valvola sferica di intercettazione.

Sono previste due tubazioni, di cui una sola è stata sinora posta in opera. Essa è costituita da elementi chiodati a *spirale*; pare che questo tipo comporti una economia di materiale del 40 %; poichè però la spesa di mano d'opera è più cara che per il tipo solito, l'economia complessiva si aggirerebbe intorno al 25 %; un vantaggio indiscusso è comunque dato dalla possibilità di scinderla in pezzi del peso minimo richiesto per il trasporto. Opportuni blocchi di ancoraggio fissano la condotta, che è lunga circa 100 m, ivi compreso il collettore ed è munita di 2 giunti di dilatazione.

Nella centrale sono installati due gruppi ad asse orizzontale da 6000 HP ciascuno che azionano due alternatori direttamente accoppiati da 6000 kVA ognuno, a 5000 V. In relazione alle caratteristiche del salto, variabile fra m 67 e m 32, le turbine sono munite di due ruote intercambiabili, di cui una funzionante fra la caduta di m 45 e quella di m 32 e l'altra per i valori superiori del salto.

La soluzione con macchine ad asse orizzontale è stata appunto scelta anche in considerazione del fatto che il cambio delle ruote è molto più agevole nei gruppi orizzontali che in quelli verticali. L'energia prodotta viene trasformata a 30 000 e a 60 000 Volt e trasportata a distanza con conduttori a treccia di alluminio, su pali metallici.

Ru.

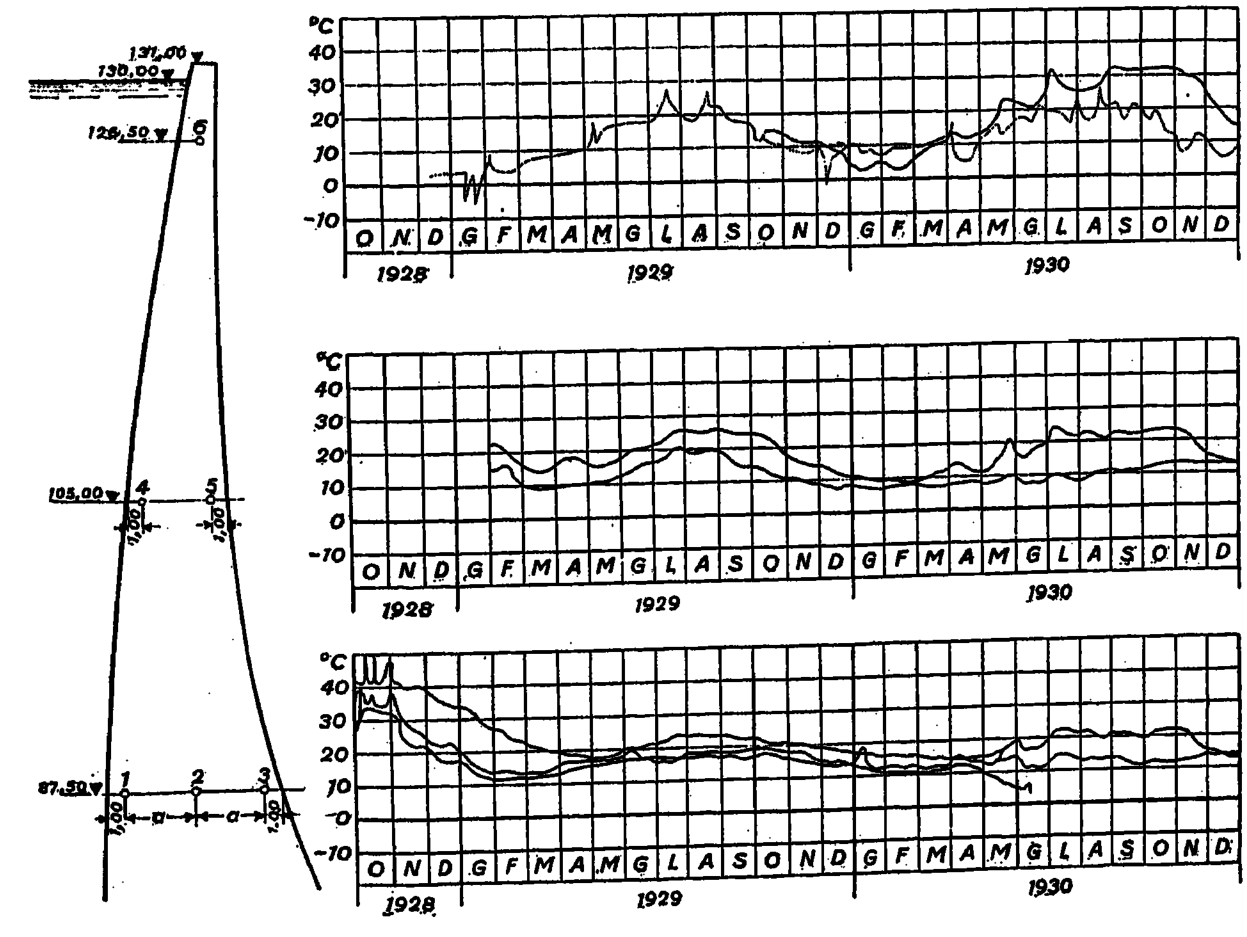



Fig. 2. - Punti di inserzione dei termometri nella diga e grafici delle temperature.

c) **L'IMPIANTO IDROELETTRICO DI OSAGE**

*The Electric Journal*, febbraio 1932. – C. C. Dodge.

L'impianto idroelettrico di Osage, nel Missouri, può fornire una potenza di 129 000 kW: esso è infatti equipaggiato con 6 gruppi da 21 500 kW ciascuno per un salto di m 28.

Il lago artificiale, dell'area di circa 155 kmq, costituisce un serbatoio di circa 5 000 000 di mc, il quale consente una potenza media annuale di 425 000 000 kWh. Le altre caratteristiche dell'impianto sono le seguenti: *a*) i gruppi idroelettrici ad asse verticale comportano alternatori sporgenti dal tetto della centrale, muniti superiormente di coperchio ad ombrello, in acciaio, con una grue di servizio; *b*) le torri di sostegno delle linee di trasporto dell'energia sono in acciaio con le braccia trasversali in legno; *c*) il canale di fuga delle turbine è usato come reostato a liquido per le prove degli alternatori.

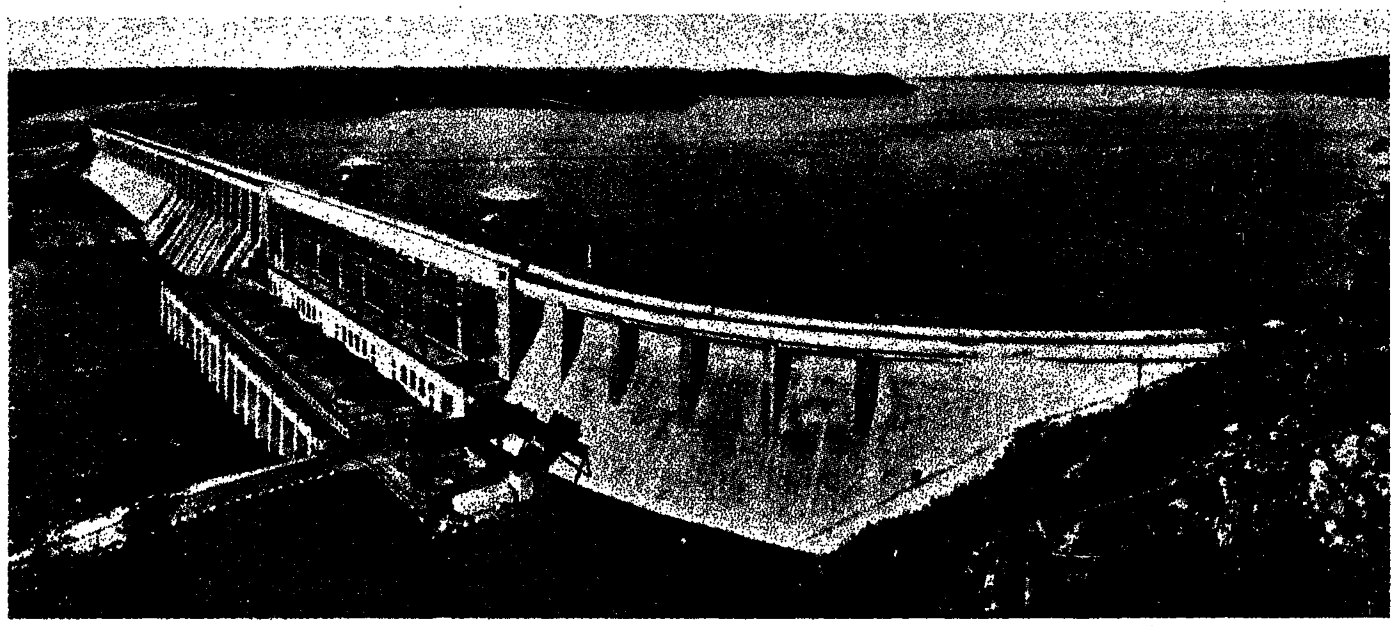


Fig. 1. - Lo sbarramento di Osage.

La diga, in calcestruzzo, è del tipo a gravità; lunga m 800 circa, è alta m 45 sul piano della roccia. Lo sfioratore è munito di 12 paratoie larghe 10 m ciascuna, con una capacità complessiva di scarico di 5150 mc/sec.

Il macchinario idraulico comprende 8 turbine verticali del tipo Francis, di cui 6 sviluppanti una potenza di 33 000 HP a 112,5 giri e le altre due, dello stesso tipo, della potenza di 1600 HP a 327 giri, con la caduta unica di m 28. La cassa a spirale è in lamiera di acciaio, circondata da una camera in cemento, e le ruote sono pure costituite da pale in lamiera.

I sei generatori principali, del tipo ad ombrello, sono muniti di supporti portanti combinati con supporti di guida disposti sotto il rotore; essi producono energia alla tensione di 13 800 V, 60 periodi, con cos $\varphi = 0,9$. L'aumento di temperatura ammesso con la potenza di 23 888 kVA in servizio continuo, è di 60° C; con una potenza continua invece di 27 500 kVA cos $\varphi = 1$, l'aumento di temperatura ammesso è di 80° C.

Per la prova degli alternatori e quindi delle turbine venne costruito un grande reostato a liquido (acqua) destinato ad assorbire il carico. A tale uopo si disposero nel canale di fuga n. 6 elettrodi i quali non provocarono alcun inconveniente di scomposizione o gassificazione, col variare del carico sul reostato da 2500 a 45 000 kW a 13 800 V. L'energia, a mezzo di trasformatori monofasi, connessi in trifase, viene sovraelevata a 76 212 V, oppure a 132 000 V, con collegamento a triangolo od a stella rispettivamente. Interessa notare che questi trasformatori, nove in gruppi di tre, possono fornire una potenza di 13 333 kVA con raffreddamento naturale, e 20 000 kVA con raffreddamento a circolazione forzata.

Due alternatori successivi della potenza complessiva di 3000 kVA forniscono energia a 2400 V per i vari servizi ausiliari, fra cui è compresa l'eccitazione indipendente delle macchine (mediante due gruppi motori-dinamo).

Ru.

d) **PROGETTO DI UTILIZZAZIONE DEL LAGO DI MARACAIBO NEL VENEZUELA**

*Le Genie Civil*, 22 febbraio 1932. – M. Gandillon.

Il lago di Maracaibo, profondo 250 metri, con una superficie di 22.000 kmq, comunica col mare mediante una stretta gola larga 6 km, di profondità variabile da 3 a 5 m. La riva a sud e quella orientale comprendono alcuni pozzi di petrolio in corso di sfruttamento, mentre la riva occidentale è solcata da emissari che possono raggiungere la portata di 300 mc/sec. Il progetto studiato prevede la derivazione di questi fiumi fino a portare la loro acqua al mare e la costruzione di uno sbarramento fra il lago e l'Oceano Atlantico, attraverso la gola. In tal modo, soppressa l'alimentazione dei fiumi e la comunicazione col mare il lago vedrebbe il suo livello abbassarsi, a causa dell'evaporazione solare: si creerebbe così il salto da utilizzare. L'energia prodotta raggiungerà il massimo valore con una differenza di livello di m 83, uguale cioè ad un terzo della profondità, se il lago è conico.

L'esperienza mostra che con questo clima si può fare assegnamento su di una evaporazione annua corrispondente ad uno strato di 3 m. La potenza ritraibile sarebbe in tal modo di 775.000 HP; la superficie evaporante corrispondente di 9817 kmq e la portata occorrente per mantenere costante, in m 83, la differenza di livello di 934 mc/sec. Occorre però notare che un tale salto non sarebbe raggiunto che dopo 28 anni. L'autore suggerisce di utilizzare subito, fin dal secondo anno, il salto creatosi: con una differenza di livello di 6 m e con questa stessa portata si realizzerebbe già una potenza di 56.000 HP.

In queste condizioni però il livello del lago si abbasserebbe più lentamente, perchè dalla sue massa evaporante occorre dedurre i 934 mc/sec. Il salto di 83 m verrebbe così raggiunto in un tempo più lungo e ciò potrebbe essere conveniente, poichè, data la grande portata, vi sarebbe vantaggio a sfruttare il salto, gradualmente, mediante centrali in serie. Con l'attuazione di tale programma il canale navigabile verrebbe costruito parallelo alla riva occidentale del lago ed avrebbe 220 km di lunghezza. Lo sbarramento sarebbe del tipo a gravità e consentirebbe superiormente il passaggio delle tubazioni convoglianti il petrolio fino al porto di Maracaibo. La spesa viene valutata in 670 milioni di franchi, 864 fr. per HP, e comprende l'importo delle opere idrauliche e quello della centrale.

L'energia elettrica, secondo il progettista, troverebbe tosto applicazione: si potrebbero trattare le acque del mare, concentrate dall'evaporazione solare, per ricavarne il sale e incrementare l'industria elettrochimica. Vaste pianure potrebbero essere irrigate con l'acqua dei fiumi deviati. Le strade ferrate della regione, oltre 1000 km, verrebbero elettrificate. Così potrebbero svilupparsi tutte le industrie; i minerali di rame ed il petrolio verrebbero trattati in posto invece di essere portati all'estero per subire i voluti trattamenti; l'industria del cotone infine, potrebbe pure risentire notevoli benefici effetti.

Ru

**PROCEDIMENTO GRAFICO PER DETERMINARE IN PRIMA APPROSSIMAZIONE IL PESO DEI BLOCCHI DI AMARRAGGIO DELLE CONDOTTE FORZATE**

*Wasserkraft u. Wasserwirtschaft*, 16 dicembre 1931. – F. Schenk.

Per il calcolo di prima approssimazione del peso dei blocchi di amarro delle condotte forzate bisogna considerare tre casi.

1) *La tubazione è vuota* (fig. 1).

In questo caso in un vertice della tubazione sono attive le seguenti forze: la componente assiale del peso della parte di tubazione soprastante $H_1$;

la componente assiale del peso della parte di tubazione sottostante $H_2$ sino al giunto di dilatazione;

le forze di attrito $R_1$ e $R_2$ dovute alle componenti normali del peso dei singoli tronchi.

Il caso peggiore si ha quando, per effetto di contrastata dilatazione del tubo a monte (a causa degli attriti sulle selle di ap-

poggio), la forza $R_1$ agisce nel senso di $H_1$, mentre $R_2$, per ragioni analoghe ma opposte, agisce in senso contrario ad $H_2$.

Con ciò si ammette che i giunti di dilatazione abbiano a funzionare in modo perfetto in modo da non generare in caso di dilatazioni termiche, attriti supplementari apprezzabili.

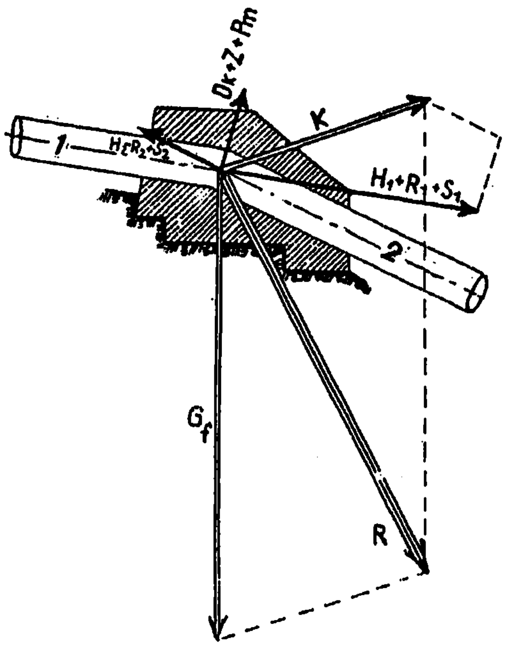



Fig. 1.

2) *La tubazione è piena ma l'acqua è ferma.*

In questo caso si hanno ancora le sollecitazioni del caso precedente, solo che in più c'è il peso dell'acqua che non ammette componenti secondo l'asse delle tubazioni, ma incrementa le componenti di attrito. Inoltre, quando la tubazione subisce una variazione di pendenza, interverrà anche la risultante delle pressioni idrostatiche. Questa risultante $D_k$ ha la direzione della bisettrice dell'angolo al vertice (nel caso di sezione costante del tubo) e può essere diretta contro la fondazione o verso l'esterno a seconda che si tratti di una diminuzione o di un aumento di pendenza del tronco a valle rispetto quello a monte.

3) *La tubazione è piena e l'acqua è in movimento.*

Rimangono attive le componenti esposte, colla avvertenza che alle pressioni idrostatiche vanno sostituite quelle piezometriche. Inoltre intervengono le forze di trascinamento $S_1$ e $S_2$ dovute all'attrito dell'acqua sulle pareti del tubo e secondo l'asse della tubazione e la forza $Z$ che ha la direzione della bisettrice dell'arco al vertice (sempre nel caso di sezione cost. del tubo) e che dipende dalla forza centrifuga (1). Secondo questa ultima direzione agisce poi anche la forza $P_m$ dovuta al colpo di ariete.

Conviene in pratica verificare la stabilità per ciascun singolo caso notando però che di solito il primo è superfluo.

Si esamini (fig. 1) a titolo di esempio un ancoraggio per il caso 3° che è il più completo.

Le forze $H_1$, $H_2$, $R_1$, $R_2$, $D_k$, $S_1$, $S_2$, $Z$ e $P_m$ ammetteranno una risultante $K$ che, composta col peso incognito $G_f$ del blocco di amarraggio, dovrà dare una risultante passante entro il nocciolo centrale di inerzia della base di quest'ultimo, e ciò allo scopo di evitare delle sollecitazioni di trazione nella muratura. Ossia, se $L$ è la lunghezza del blocco, la risultante $R$ di tutte le forze agenti composte col peso dell'ancoraggio, dovrà passare per il punto che dista di $\frac{L}{6}$ dalla mezzaria della fondazione del blocco (supposta quest'ultima orizzontale). Tra le variabili $L$ e $G_f$ esisterà una relazione

$$G_f = f\left(\frac{L}{6}\right)$$

Questa funzione può essere segnata abbastanza semplicemente nel modo seguente (fig. 2).

Dal vertice $O$ degli assi delle tubazioni 1 (a monte) e 2 (a valle) si tracciano dei raggi arbitrari. Questi ultimi incontrano la orizzontale 3 (linea di fondazione) in punti che distano dalla verticale calata da $O$ di una lunghezza che possiamo supporre sia uno dei valori di $L/6$.

Da $O$ tracciamo pure la risultante $K$ delle forze agenti e dal suo estremo caliamo una verticale.

(1) A rigore non si dovrebbe considerare la forza centrifuga, ma bensì la risultante delle quantità di moto, entrante ed uscente, rispetto al volume liquido delimitato dalla sezione terminale normale del tubo a monte e da quella iniziale (normale) del tubo a valle.

I raggi arbitrari uscenti da $O$, staccheranno su quest'ultima verticale dei segmenti che rappresentano le forze $G_f$ tali che combinate colla $K$ danno una risultante passante per il corrispondente punto distante dalla mezzaria $L/6$. Per quest'ultimo punto, a partire dalla orizzontale tracciata per $O$, si riportano le corrispettive forze $G_f$. L'incontro di queste forze verticali con il raggio arbitrario corrispondente, dà un punto della linea che è l'espressione di

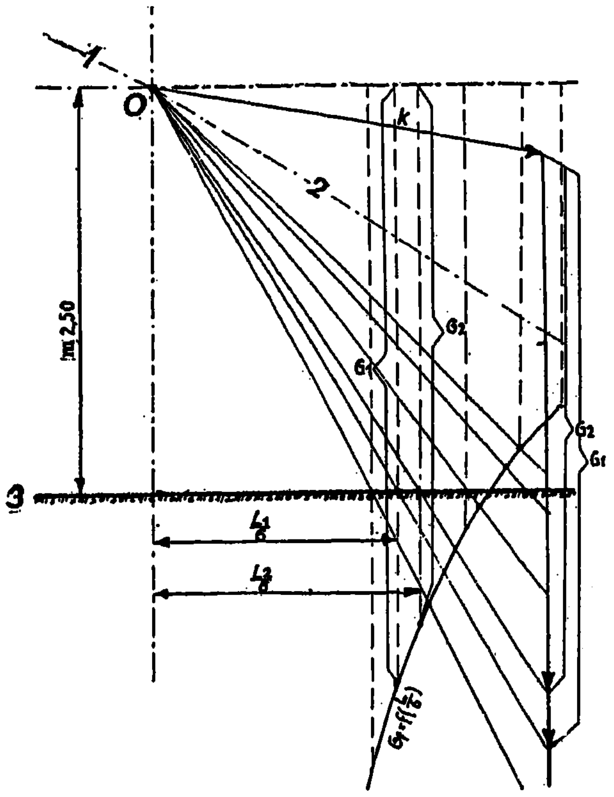



Fig. 2.

1 Asse della tubazione a monte
2 » » » a valle
3 Piano della fondazione

$$G_f = f\left(\frac{L}{6}\right)$$

Tale linea è quindi facilmente tracciabile per punti.

D'altra parte il blocco (che si suppone prismatico in prima approssimazione con altezza e larghezza costante) ha un peso effettivo $G_L$ che è pure funzione di $L$ e quindi di $L/6$. Sarà dunque

$$G_L = f'\left(\frac{L}{6}\right) \qquad (2)$$

Per tracciare questa funzione lineare si fissa la sezione del blocco e si determina un solo punto di essa, per esempio per $L = 1$ m. Collegando questo punto con $O$ si ha l'immagine grafica della funzione (2). L'intersezione della retta così tracciata con la funzione $G_f = f\,(L/6)$ determina il valore di $G_L$ e quindi di $L$ minimo che soddisfa alle condizioni richieste.

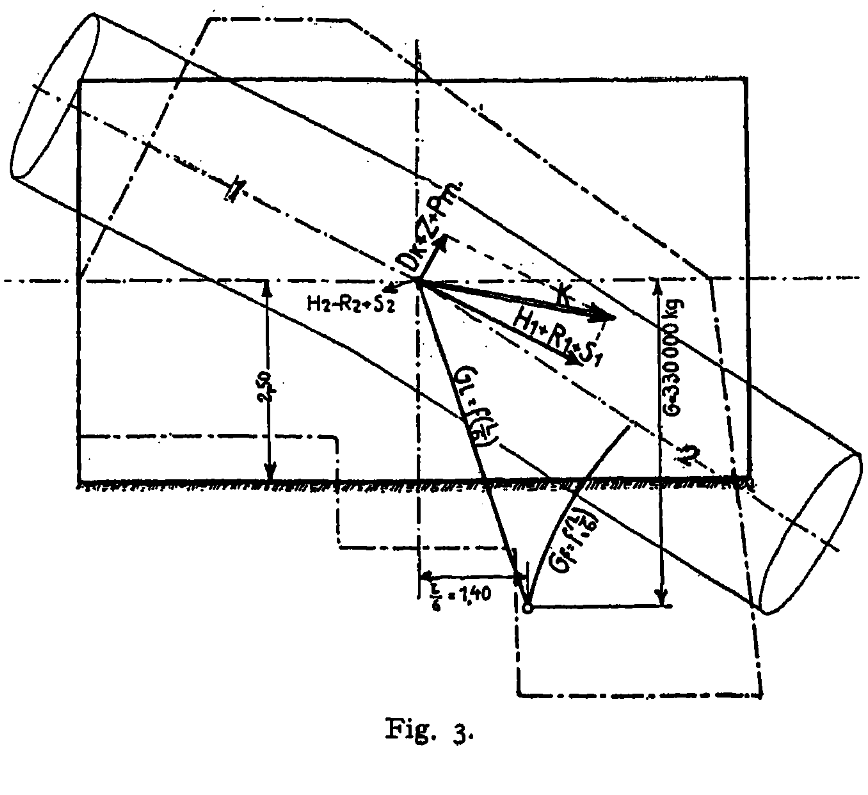



Fig. 3.

Nella figura 3 è riportato un esempio numerico in cui

$$H_1 + R_1 + S = 194\,810 \text{ kg}$$
$$H_2 + R_2 + S_2 = 3\,520 \text{ »}$$
$$D_k + Z + P_m = 57\,000 \text{ »}$$

ed in cui un metro lineare di blocco peso 39 300 kg. Con ciò la funzione (2) diventa:

$$G_L = 6 \times 39\,300 \left(\frac{L}{6}\right) = 236\,000 \left(\frac{L}{6}\right)$$

e può essere tracciata senz'altro.

La funzione (1) viene tracciata graficamente nel modo esposto (fig. 2) ed il punto di incontro delle due dà

$$\frac{L}{6} = \text{m } 1{,}40 \qquad \text{e quindi} \qquad L = \text{m } 8{,}40$$
$$\text{e} \qquad G_t = 330\,000 \text{ kg.}$$

Noto il peso minimo necessario del blocco per una base di lunghezza $L$ determinata, si può modificarne la sezione (lasciandone inalterata la pianta ed il volume) in modo da avere la forma più appropriata per ogni singolo caso.

G. R. M.

---

## f) NUOVO METODO DI MISURA DELLE DEFORMAZIONI DELLE OPERE IN CEMENTO ARMATO MEDIANTE CORDE VIBRANTI.

*Le Génie Civil*, 27 febbraio 1932. – André Coyne.

Se si fissano in due punti della costruzione da osservare, le estremità di una corda tesa, sonora, qualunque allungamento o contrazione del cemento compreso fra i due punti di attacco, e che sia dovuto al ritiro, alle contrazioni o alle dilatazioni termiche, si traduce in una variazione della frequenza propria della corda.

L'influenza della temperatura può essere eliminata scegliendo una corda d'acciaio, che ha, come è noto, un coefficiente di dilatazione quasi uguale a quello del calcestruzzo, e mantenendola in equilibrio termico col suo supporto in calcestruzzo. Questi metodi trovano riscontro in quelli seguiti allo stesso riguardo, dal Dupuy, nella seconda metà del secolo scorso, per l'osservazione delle deformazioni dei ponti metallici.

La corda metallica viene tesa e infilata in precedenza, in un tubo metallico che viene annegato nel calcestruzzo. In queste condizioni la frequenza della corda varia, approssimativamente, come la radice quadrata dell'allungamento del suo sopporto, fatta la deduzione dell'allungamento termico. La misura, ripetuta, di questa frequenza, rivela quindi gli effetti del ritiro e delle contrazioni mettendo in evidenza eventuali deformazioni.

La corda viene influenzata a distanza da un elettromagnete che serve anche ad *ascoltare*, previa amplificazione a mezzo di lampade a triodi, la corrente che vi induce il suo spostamento. Il suono prodotto viene comparato a quello di un frequenziometro controllato da un diapason. Alla misura con mezzi acustici è in ogni caso sostituibile una misura ottica oppure una registrazione a mezzo di un oscillografo.

Una prova soddisfacente è stata effettuata su di una trave in cemento armato lunga 2 metri, a mezzo di due provini o « testimoni sonori ». È da considerare la semplicità dei mezzi messi in opera ed il fatto che il fissaggio dei « testimoni sonori » non varia col tempo, mentre gli apparecchi di osservazione del tipo elettrico a resistenza od a capacità risentono delle modificazioni che si verificano nello stato fisico in conseguenza della temperatura e dell'umidità.

Questo procedimento apre agli ingegneri nuovi campi di ricerche; così si è ancora incerti circa l'importanza del ritiro del calcestruzzo in opera, in rapporto alle circostanze atmosferiche. al tempo, ecc. Incorporate nella muratura e facendo corpo con essa, al riparo di ogni eventuale inconveniente degli agenti esterni, le corde acustiche saranno fedeli testimoni di tutte le vicissitudini di un'opera. Per lo stesso ordine di idee, la quasi simultaneità delle osservazioni fatte da un sol posto centrale, e dallo stesso operatore, offre garanzie di esattezza molto superiori a quelle che si hanno dalle misure che sono praticate nella maggior parte dei casi sui cantieri. L'A. ritiene che con tali sistemi, il controllo sperimentale della stabilità delle grandi opere possa fare notevoli progressi e ciò avrebbe specialmente molta importanza nel caso degli sbarramenti per lo studio e la interpretazione dei vari fenomeni ad essi relativi. Infine il procedimento permette di riconoscere se lo stato di equilibrio dell'opera non rischia di essere turbato da fenomeni, imprevedibili come le lente deformazioni del suolo o le infiltrazioni, molto tempo prima che i sintomi si manifestino in maniera visibile.

Ru

---

## I TRASFORMATORI A QUATTRO AVVOLGIMENTI DELLA CENTRALE DI RYBURG-SCHWÖRSTADT (g

*Revue Générale de l'Electricité*, 5 marzo 1932, N. 10. - T. Pausert

La centrale di Ryburg-Schwörstadt sul Reno fornisce l'energia alle reti di quattro grandi imprese di distribuzione: la Soc Motor Columbus, le Forze Motrici del Nord-Est della Svizzera la Soc. per il Trasporto d'Energia di Rheinfeld ed i Serviz. Elettrici del Baden. La potenza totale delle macchine generatrici installate nell'impianto è di 140 000 HP: l'energia generata a 10,5 kV viene trasformata per alimentare le tre grandi reti a 48, 116 e 145 kV fra le quali dev'essere ripartita a volontà. Una qualunque di queste reti è in grado di alimentare le altre due.

Per soddisfare nel miglior modo alle condizioni di servizio imposte dalla interconnessione delle reti facenti capo alla centrale, i trasformatori a quattro avvolgimenti sono stati prescelti con caratteristiche particolari. Essi sono trifasi a bagno d'olio con refrigerante separato, montati all'aperto. La potenza per cui sono dimensionati i quattro avvolgimenti è di 32 500 kVA a 50 periodi: la potenza massima è di 35 000 kVA. La potenza normale può essere fornita anche ad una tensione inferiore del 6 % a quella di servizio; è ammessa una tolleranza di +10% sulla tensione normale. A vuoto, i rapporti di trasformazione sono:

$$10\,500/48\,000/116\,000 \pm 5\,800/145\,000 \pm 7\,250 \text{ V}$$

I collegamenti del trasformatore sono i seguenti: primario 10,5 kV a triangolo; secondario, terziario e quaternario 48-116-145 kV a stella con neutro uscente. I due avvolgimenti a 116 e 145 kV comportano due prese supplementari ciascuno per una regolazione della tensione del ± 5%.

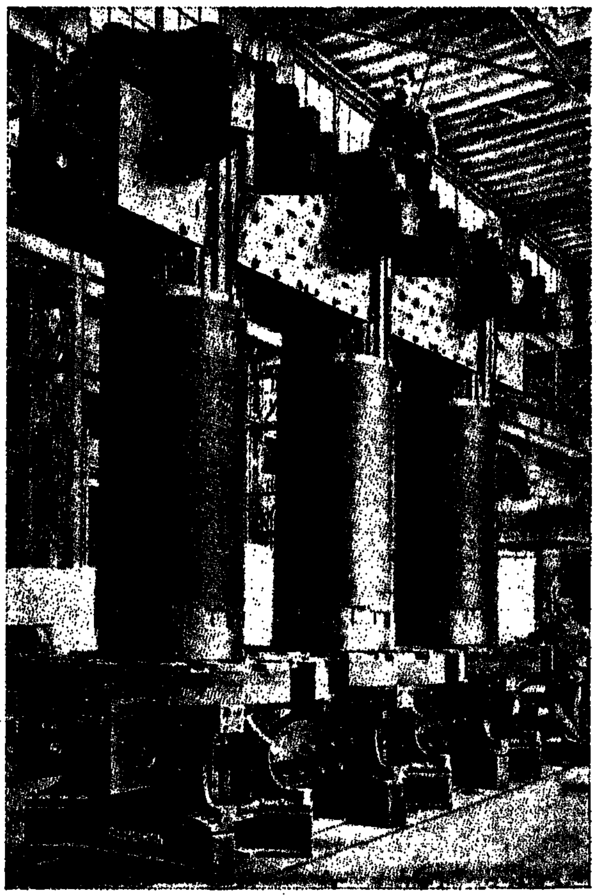


Fig. 1. - Vista di uno dei trasformatori da 70 000 kVA durante il montaggio.

La corrente massima a vuoto è del 5,8%; le perdite massime nel ferro sono di 250 kW; le perdite nel rame, a 80° C, variano da 155 a 183 kW e la tensione di cortocircuito dal 8,8 al 17 %.

Il peso del trasformatore senza olio è di 155 t; l'olio pesa 55 t, il refrigerante completo senza olio 40 t e l'olio di riempimento di quest'ultimo 17 t. Il refrigerante attuale è in grado di smaltire la quantità di calore corrispondente alle perdite di due avvolgimenti in servizio; si prevede, tuttavia, di rinforzarlo quando i quattro avvolgimenti lavoreranno a pieno carico.

I trasformatori sono del tipo a nuclei; le tre colonne ed i gioghi sono costituiti da lamiere da 0,4 mm. È stata sufficiente una sola lunghezza di lamiera per le colonne; ne sono state necessarie due per i gioghi la cui lunghezza si avvicina ai m 5. Il controllo dell'isolamento del circuito magnetico è stato fatto con particolare cura, atteso che la tensione indotta in ciascuna spira può raggiungere i 140 V.

Per migliorare le qualità meccaniche del circuito magnetico, le colonne ed i gioghi sono stati sottoposti ad un trattamento termico e pressati a 400 t di pressione. Il serraggio delle lamiere è, inoltre, assicurato da bulloni e da piastre di materiale non magnetico. Queste ultime evitano le perdite addizionali ed i riscaldamenti locali dovuti alle correnti parassite.

L'eliminazione del calore nel ferro è facilitata dalla presenza di finestre di ventilazione perpendicolari al piano delle lamiere, tanto nelle colonne quanto nei gioghi; le finestre di questi ultimi hanno, peraltro, una sezione minore perchè l'induzione magnetica è ivi inferiore del 15% a quella delle colonne.

Il serraggio dei gioghi sulle colonne è realizzato da tiranti e da traverse in acciaio e si effettua in corrispondenza di ciascuna colonna. Le traverse superiori, disposte a guisa di stella, servono anche a serrare i diversi avvolgimenti (fig. 1).

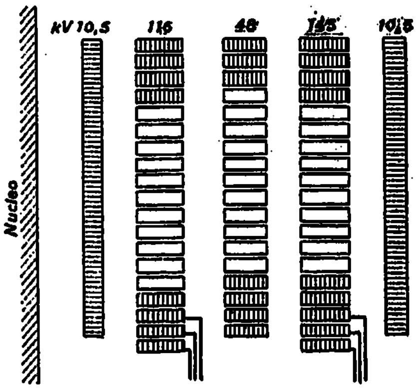



Fig. 2. - Disposizione degli avvolgimenti.

La disposizione degli avvolgimenti (fig. 2) è tale che il rapporto fra le diverse tensioni di cortocircuito non sorpassa 0,5. L'avvolgimento a 10,5 kV è suddiviso in due metà, una interna e l'altra esterna, fra le quali sono disposti successivamente, in senso radiale a partire dal nucleo, gli avvolgimenti a 116 kV, 48 kV, 145 kV. La possibilità di una ulteriore riduzione della differenza fra le tensioni di cortocircuito, realizzabile col sezionamento di un avvolgimento ad alta tensione, non è stata presa in considerazione per motivi di semplicità.

Le bobine degli avvolgimenti sono di forma circolare; quelle dell'avvolgimento a 10,5 kV sono disposte in un solo strato in modo da costituire dei cilindri di grande diametro con uno spessore di rame di 12 mm e rinforzati da fasciature. Gli avvolgimenti ad alta tensione sono disposti in modo da consentire la libera circolazione dell'olio. I conduttori sono isolati in carta: lo spessore dell'isolante delle spire di entrata è tale che i conduttori contigui possono sopportare la piena tensione ai morsetti, mentre le altre spire, con isolamento normale, sono in grado di resistere ad una tensione eguale al 60% della tensione di esercizio ai morsetti.

Le due estremità delle bobine a 116 e 145 kV sono protette da anelli i quali hanno il compito di appiattire le onde a fronte ripido, di ridurre le sollecitazioni sull'isolante originate da cariche elettrostatiche simultanee e di diminuire l'intensità del campo elettrico.

Le bobine sono state trattate in stufa ed impregnate con una vernice resistente agli acidi contenuti nell'olio ed in grado di migliorare le qualità meccaniche degli avvolgimenti. Rinforzano l'isolamento delle bobine, dei cilindri di carta resinosa.

Le prove di isolamento per gli avvolgimenti a 10,5, 48, 116 e 145 kV sono state effettuate, rispettivamente, a 57, 104, 269 e 324 kV per la durata di un minuto.

Il serraggio uniforme delle cinque bobine concentriche di una colonna contro i relativi supporti sul giogo inferiore è stato ottenuto prevedendo per ciascuna bobina un anello indipendente in ferro forgiato sul quale agiscono sei molle regolarmente ripartite. Le molle sono protette contro le violente sollecitazioni di urto, originate dai corto circuiti, mediante un dispositivo speciale di smorzamento ad olio.

Gli isolatori passanti dei trasformatori sono del tipo a condensatore in porcellana e riempiti d'olio. I passanti a 145 e 116 kV sono disposti, coi punti neutri corrispondenti, nel senso della lunghezza, e quelli a 10,5 e 48 kV nel senso della larghezza della macchina. Il montaggio e lo smontaggio dei quindici passanti, il cui peso complessivo è di 4,5 t, non richiede il sollevamento del coperchio. Le tensioni di prova imposte per i passanti sono rispettivamente di 73, 135, 315 e 375 kV sotto pioggia; le tensioni di scarica dovrebbero superare, sotto pioggia, del 10% i valori ora indicati.

Il cassone è stato costruito in due pezzi e munito di robuste traverse di rinforzo. Esso appoggia sopra un telaio di scorrimento costituito da due carrelli con quattro rulli in acciaio

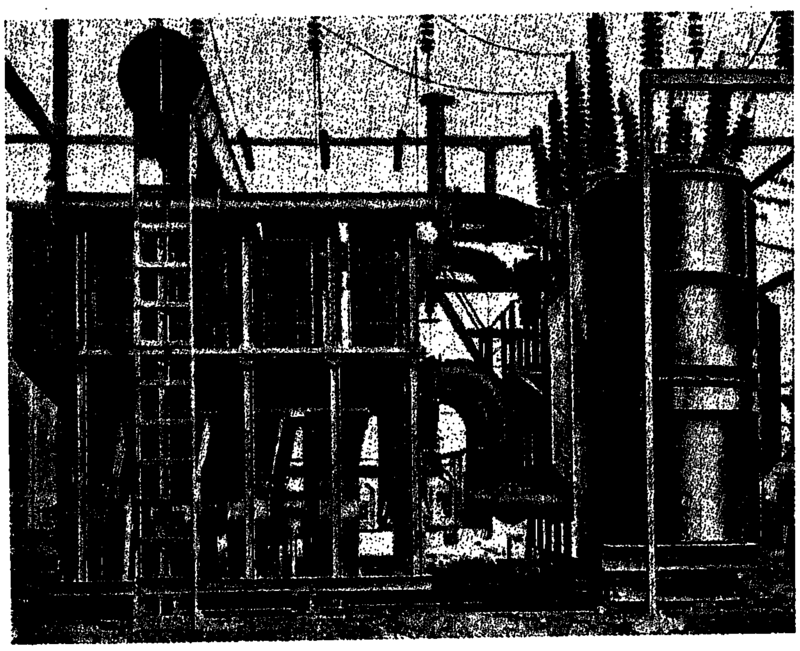


Fig. 3. - Vista laterale di un trasformatore e dei relativi refrigeranti.

colato da 500 mm di diametro. Due piattaforme facilitano il comando delle valvole nelle condotte dell'olio ed il controllo della protezione Buchholz. Il cassone porta, inoltre, gli organi

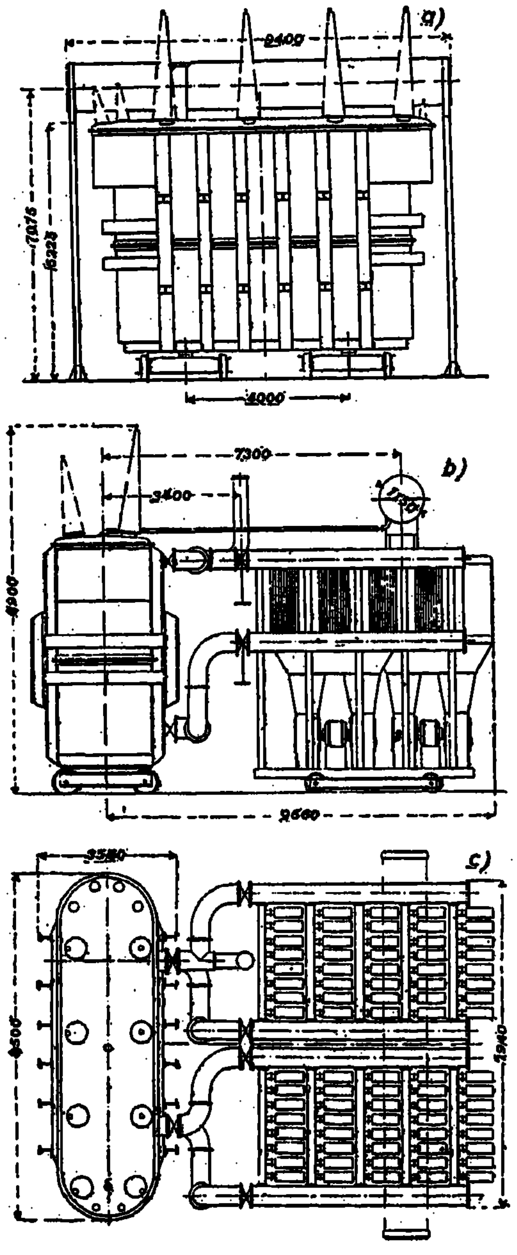



Fig. 4. - Disegno d'ingombro del trasformatore e del refrigerante relativo: *A*, elevazione; *B* profilo; *C* pianta.

di comando dei commutatori di prese per gli avvolgimenti a 116 e 145 kV, da manovrare da terra quando i trasformatori non sono sotto tensione. Il serbatoio d'olio è sostenuto da due supporti sistemati a lato del refrigerante e sovrasta, quindi, quest'ultimo.

Il dispositivo di refrigerazione è stato previsto per smaltire una quantità di calore corrispondente ad una potenza perduta di 560 kW con olio a 35° al disopra della temperatura ambiente. Esso è sistemato presso il trasformatore (fig. 3) a cui è raccordato ed è costituito da due refrigeranti identici che appoggiano sopra carrelli a rulli spostabili in senso longitudinale o trasversale. Ciascun refrigerante, composto di un gran numero di radiatori a tubi ellittici, è provvisto di due ventilatori capaci di una portata unitaria di 620 $m^3$/min ad una pressione di 25 mm d'acqua. I ventilatori soffiano l'aria fresca attraverso un collettore ed i radiatori; l'aria esce poi dalla parte superiore di questi. Dei quattro ventilatori installati, due sono sufficienti in servizio normale e gli altri due costituiscono la riserva. Due condotte collegano ciascun refrigerante al trasformatore: esse sono munite di organi necessari per il controllo della circolazione dell'olio. Quest'ultima avviene naturalmente a termosifone.

Il trasformatore ed il relativo dispositivo refrigerante sono stati provvisti completamente montati in officina. Per il trasporto, il giogo superiore è stato smontato dalla rimanente parte attiva. Il cassone è stato spedito suddiviso in due parti. Per il montaggio, era disponibile in centrale una grue a ponte da 110 t. L'ingombro di un complesso trasformatore-refrigerante è indicato nella fig. 4.

d. m.

---

## h) L'ENERGIA LIBERATA NELL'ARCO DETERMINA LA PRESSIONE NEGLI INTERRUTTORI

*Electrical World*, 26 dicembre 1931, pag. 1138. – W. M. LEEDS.

L'energia liberata dall'arco durante l'apertura di un interruttore è l'integrale dei prodotti dei valori istantanei delle tensioni e delle correnti durante il periodo dell'arco. L'alta temperatura dell'arco produce la decomposizione e la vaporizzazione dell'olio, producendo una quantità di gas all'incirca proporzionale all'energia dell'arco. Se la velocità dei contatti nell'apertura è grande, o se un forte soffio magnetico fa allungare rapidamente l'arco, anche la produzione di gas diviene più violenta e prima che l'inerzia dell'olio possa essere superata, possono generarsi pressioni assai elevate. Si produce così un'onda sferica di pressione che si propaga alle pareti della cassa, diminuendo però rapidamente di ampiezza, talchè la pressione che arriva alle pareti è soltanto una frazione di quella che si genera nella massa di gas. Il valore iniziale della pressione dipende oltrechè dalla rapidità di allungamento dell'arco, anche dalla dissimetria dell'onda della corrente e dallo spessore di olio sopra i contatti.

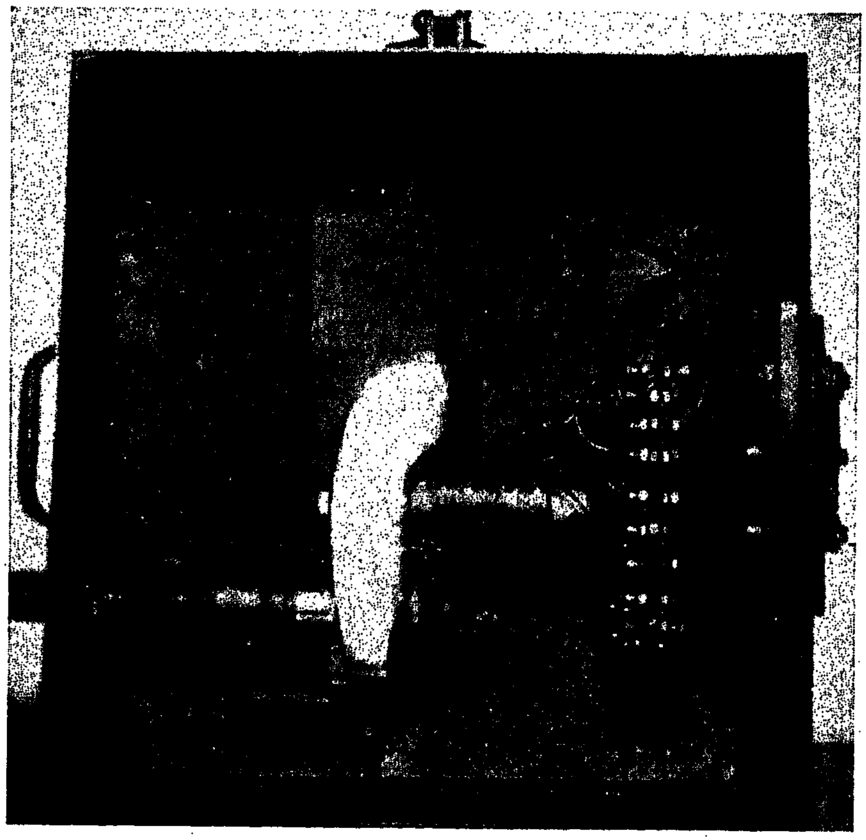


Fig. 1. - Indicatore per motori a gas modificato per l'applicazione alle casse degli interruttori.

L'effetto della rapidità con cui viene generata l'energia è stato determinato sperimentalmente con una quantità di prove di corto circuito di 4000÷15000 A a 13 200 V, con interruzione monopolare. Vennero trovati valori molto discordanti della pressione per uno stesso valore della corrente interrotta: p. es. si ebbero pressioni da 0,23 kg/cm² a 0,95 kg/cm² per migliaio di A, con correnti fino a 15 000 A.

Molto variabile anche è il rapporto fra la pressione massima e l'energia liberata nell'arco durante l'apertura. Si trovarono valori da 0,55 kg/cm² a 1,5 kg/cm² per 100 kW-secondo, per energia d'arco fino a 1200 kW-secondo. La relazione diviene invece quasi lineare quando si metta in rapporto la pressione massima colla energia liberata in ogni mezzo periodo durante l'arco. I risultati di queste prove sono tutti contenuti entro una variazione del 20 % in più o in meno rispetto al valore di 2,5 kg/cm² per ogni 100 kW-secondo per mezzo periodo.

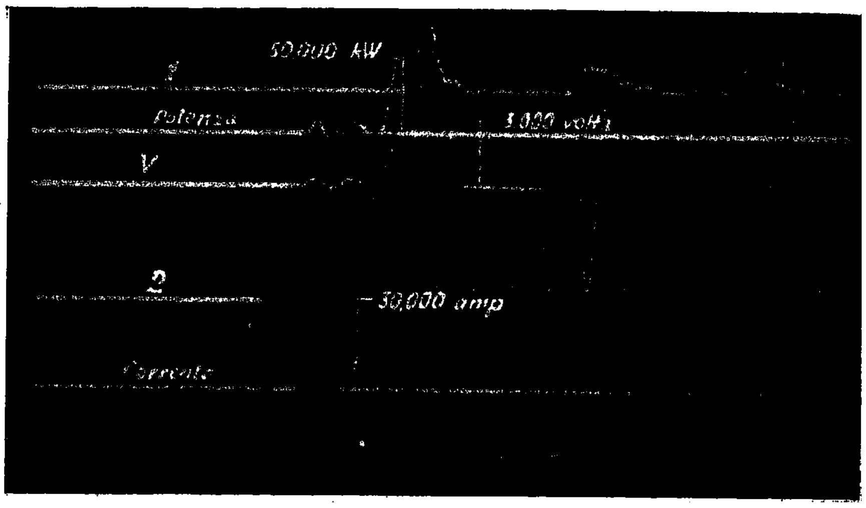



Fig. 2. - Onde di pressione che accompagnano l'interruzione di corrente.

Ne viene che la sollecitazione che si verifica in un interruttore in olio è direttamente proporzionale alla rapidità della liberazione dell'energia nell'arco.

Si poterono ottenere sperimentalmente registrazioni delle variazioni di pressione nella cassa di un interruttore mediante un dispositivo, che è una modificazione di un indicatore per motori a gas veloci.

Se l'indicatore di pressione si collocasse in vicinanza delle bolle di gas che si formano, esso darebbe l'indicazione di pulsazioni di frequenza doppia di quella di linea sovrapposte a un'onda di pressione crescente e dovute alle variazioni dell'energia liberata nelle alternazioni della corrente nell'arco. Nelle casse di media o grande capacità, con velocità dei contatti fra 3 e 5 m/sec, si è osservato che le pareti della cassa sono soggette a una successione di colpi di pressione dovuti a onde a fronte ripido che durano un tempo considerevole dopo l'estinzione dell'arco. Il valore massimo della pressione non è in generale raggiunto, se non breve tempo dopo l'interruzione dell'arco.

Per riconoscere l'origine di queste onde di pressione, si è cercato di rilevare delle registrazioni oscillografiche dei movimenti dell'olio. Venne disposto un disco di micarta sotto la superficie dell'olio, sospeso ad una bacchetta di fibra che attraversava il coperchio della cassa. All'estremità superiore della bacchetta era disposto un contatto scorrevole lungo una resistenza e collegato elettricamente in modo che un oscillografo registrava una tensione proporzionale allo spostamento del disco. Dagli oscillogrammi, di cui la figura 2 è un esempio, si vede chiaramente che si verificano nell'olio oscillazioni di frequenza corrispondente alle onde di pressione susseguenti all'estinzione dell'arco.

Perciò alla concezione di una bolla di gas che si espande e si apre la via attraverso la superficie dell'olio subito dopo l'estinzione dell'arco, bisogna sostituire quella di una oscillazione di una massa d'olio, che si prolunga per parecchi cicli dopo l'interruzione del circuito, e che produce una serie di urti nelle pareti della cassa. Il più forte di questi urti non sempre è dovuto al primo impulso di pressione causato dalla produzione iniziale di gas durante la formazione dell'arco, ma può invece essere dovuto alla brusca compressione della bolla di gas per opera della massa d'olio che precipita in basso subito dopo l'estinzione dell'arco.

Resta a considerarsi che influenza abbiano sul funzionamento degli interruttori queste pulsazioni nella massa dell'olio. Il fattore più importante che determina la possibilità di riaccensione dell'arco è da ritenersi che sia il grado di turbolenza che si verifica nell'ambiente fra i contatti. Bastano piccoli volumi di gas fresco non ionizzato o di vapori d'olio che si mescolino turbolentemente nella zona dell'arco, per produrre una rapida deionizzazione e quindi una rapido ristabilimento della rigidità dielettrica. Perciò l'effetto degli spostamenti dell'olio possono

avere importanza soltanto in quanto producano un aumento della turbolenza.

Le esperienze hanno dimostrato inesatta l'opinione che la massa d'olio spostata dalle bolle di gas e lanciata contro il coperchio sia la ragione degli scuotimenti osservati in interruttori. Si è osservato infatti che gli scuotimenti avvengono prima che l'olio abbia il tempo di raggiungere il coperchio e che anzi la lamiera si inflette verso il basso alla prima scossa. La causa vera sembra essere la reazione della cassa e della struttura portante in seguito all'urto contro il fondo della cassa prodotto da una forza diretta verso il basso dovuta alla sovrapressione generata dalla bolla di gas. La corrispondente forza verso l'alto produce lo spostamento della massa d'olio anzichè esercitare una pressione contro il coperchio. In generale vi è un limite di circa 5 m/sec nella velocità dei contatti, al disopra del quale non è conveniente di andare. Velocità maggiori porterebbero a formazioni di eccessive pressioni nella massa dell'olio. La soluzione di questa difficoltà si è trovata nell'uso degli interruttori tipo Deion che permettono di adottare grandi velocità dei contatti senza aumentare la pressione della cassa dell'olio. Non si deve però ritenere che la riduzione nella pressione sia negli interruttori Deion dello stesso ordine della riduzione che si verifica nell'energia liberata.

Ad esempio le figure 3 (*a*) e (*b*) si riferiscono a 2 oscillogrammi di un grande interruttore nell'apertura di un circuito da 4000 A a 38 kV con caratteristiche di rapido ripristino della tensione, rispettivamente senza e con dispositivo Deion. Sebbene col tipo Deion l'energia liberata sia solo il 5% di quella dell'interruttore normale, la punta di pressione fu di 3,2 kg/cm² in confronto di 5 kg/cm². In generale i colpi di pressione che si manifestano con gli interruttori Deion sono circa del valore di ⅓ di quelli corrispondenti con interruttori normali.

Correnti molto dissimetriche, forti spessori d'olio, velocità eccessive dei contatti o soffiatori magnetici eccezionalmente forti possono dare luogo a pressioni molto elevate. Tuttavia facendo uso di opportuni dispositivi deionizzanti l'importanza di questi fattori può essere molto ridotta.

Ri.

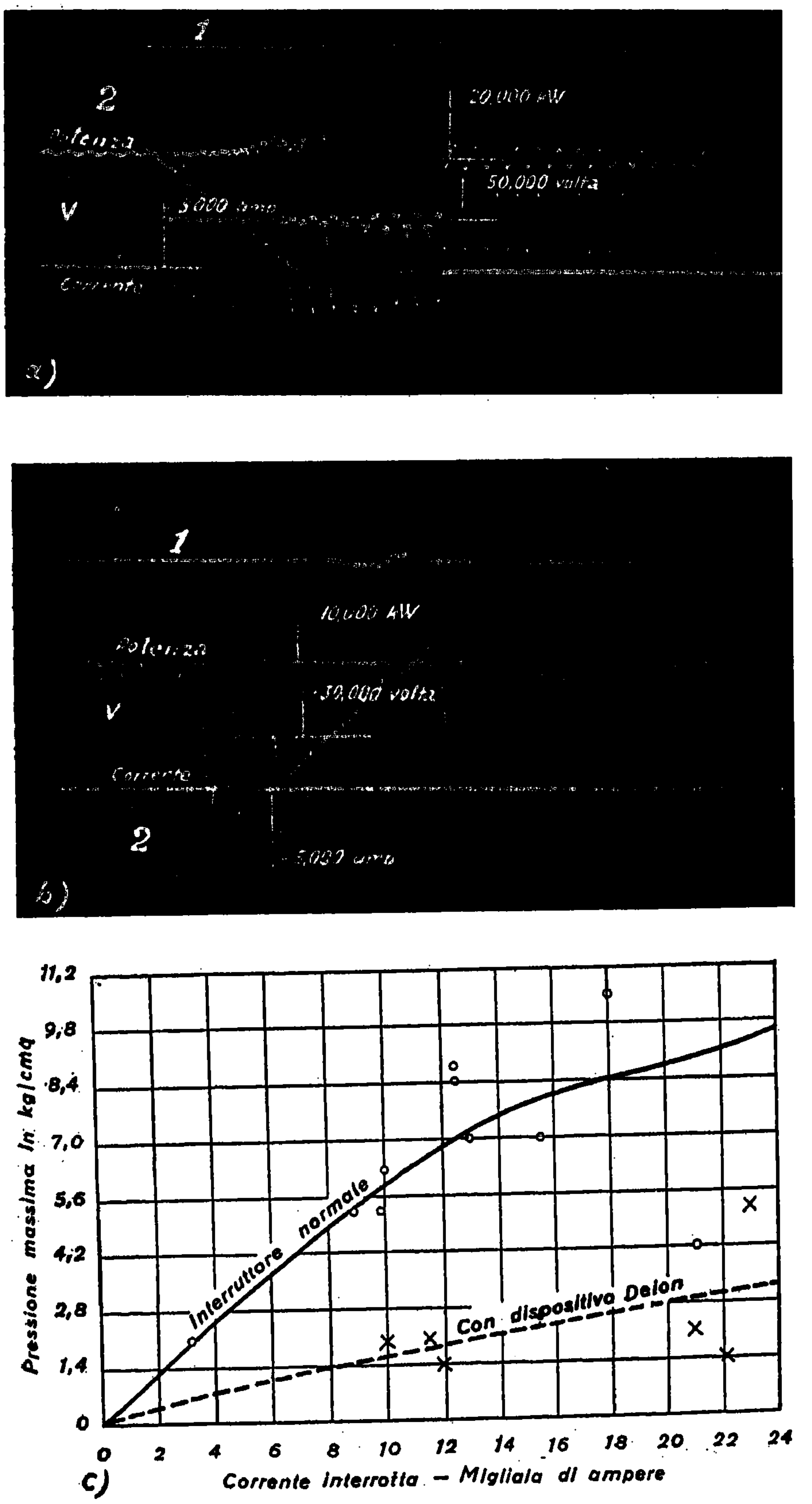



Fig. 3. - Il dispositivo Deion riduce le pressioni massime. Corrente interrotta di 4000 A a 38 kV: *a*) interrutore di tipo normale, *b*) interruttore con dispositivo Deion, *c*) l'interruttore Deion da 15 kV riduce le pressioni a ⅓ di quelle che si verificano con interruttore normale.

---

## UN NUOVO RELAIS A DISTANZA PER LA PROTEZIONE DELLE LINEE AEREE AD ALTA TENSIONE

*Revue Générale de l'Electricité*, 20 febbraio 1932. – R. Dubusc e P. Douce.

### Generalità.

In questi ultimi tempi si è cercato di migliorare la sicurezza dell'esercizio delle forniture elettriche, sia provvedendo i centri di distribuzione di feeders ausiliari, sia cercando di individuare nel più breve tempo possibile eventuali guasti nelle linee.

I primi relais elettrici di protezione erano fondati su misure della impedenza ed erano perciò troppo soggetti a dare indicazioni imperfette a secondo del valore della resistenza ohmica del guasto. Oggigiorno i relais delle protezioni selettive sono invece fondati quasi tutti sulla misura delle variazione della reattanza delle linee.

### Principi del relais a distanza R Z 3.

Questo relais è del tipo citato che misura la reattanza delle linee. Esso garantisce un buon grado di approssimazione nel caso di corto circuito tra fase e fase, finchè la corrente è almeno un quarto di quella normale di esercizio. Per corto circuiti tra fase e terra la sensibilità è però assai maggiore e così pure la attendibilità dei risultati.

Per studiarne il suo funzionamento, bisogna premettere alcune considerazioni generali.

Si tratti di proteggere una linea *ABCD* (fig. 1). A tale scopo converrà istallare un relais in *A* col compito di intervenire soltanto quando il guasto avviene nel tronco *A B*. Questa condizione è assai difficile da realizzare in pratica specie se il guasto è molto vicino al punto *B*. Infatti il relais dovrebbe essere così preciso da intervenire solo quando l'incidente avviene a monte di *B* ed essere insensibile per quelli che si verificassero anche solo immediatamente a valle. Per ovviare a questa difficoltà di realizzazione pratica, si costruisce il relais in *A* in modo che esso funzioni in due tempi successivi. Se il guasto è compreso nel tronco $AA'$ (dove $AA' = \frac{2}{3} AB$) esso interviene dopo 0,2 sec e quando invece il guasto è nel tronco $A'A''$ (dove $BA'' = \frac{1}{3} BC$) allora esso interviene dopo 0,8 sec.

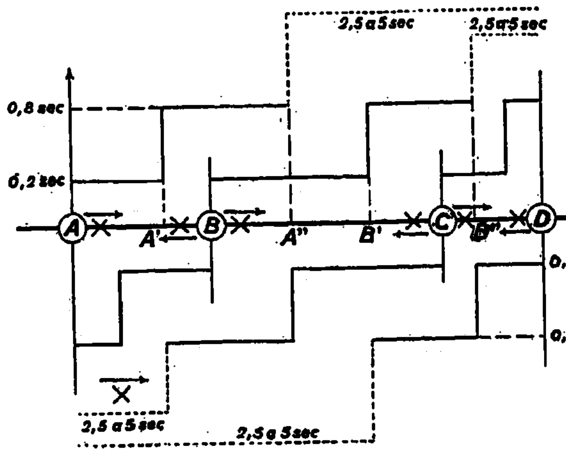



Fig. 1.

In *B* potrà venire installato un secondo relais che agirà in modo simile a quello descritto, ossia che interverrà dopo 0,2 sec per un guasto che si verificasse tra *B B'* (dove $B B' = 2/3\ B C$) e dopo 0,8 sec per un guasto tra *B' B''* (dove $CB'' = 1/3\ C D$).

Qualore il relais in $B$ non funzionasse per un accidente qualunque, interviene quello in $A$ che è previsto con un relais supplementare a tempo fisso $(2,2 \div 2,5)$ sec atto a proteggere l'intera linea e che interviene successivamente e nel solo caso di mancato funzionamento dei relais selettivi.

Questi ultimi constano pertanto di un relais a minima impedenza, di un relais direzionale wattmetrico, di uno che misura la reattanza e dei relais a tempo, atti a scaglionare il successivo intervento degli apparecchi.

Se chiamiamo con

$z_0$ la impedenza asimmetrica o monofase di un circuito
$z_d$ » » diretta sincrona
$z_i$ » » inversa asincrona
$z_1$ » » apparente di una fase con ritorno attraverso il suolo, sarà (1):

nel caso di linee elettriche aeree $z_i \times z_d$ e

$$z_1 = \frac{z_0 + 2 z_i}{3}$$

Inoltre per correnti alternate a 50 periodi, il valore della reattanza inversa risulta essere:

caso *a*) per conduttori disposti ai vertici di un triangolo equilatero di lato $d$

$$X_i = 62{,}8 \log e \frac{1.283\, d}{a} \times 10^{-3}\ \Omega/\text{km};$$

caso *b*) per conduttori disposti in un piano a distanza $d$ l'uno dall'altro contiguo

$$X_i = 62{,}8 \log e \frac{1.615\, d}{a} \times 10^{-3}\ \Omega/\text{km}.$$

Il valore della reattanza monofase $X_0$ è nel caso *a*)

$$X_0 = 0{,}1885 \log e \frac{h}{\sqrt[3]{a\, d^2}} \times 10^{-3}\ \Omega/\text{km}$$

e in quello *b*)

$$X_0 = 0{,}1885 \log e \frac{h}{\sqrt[3]{a\, d^2} \times 1.665} \times 10^{-3}\ \Omega/\text{km}.$$

In queste formole $a$ indica il raggio dei conduttori e $h$ la distanza fra conduttore e terra.

Si ha inoltre $z_i$ = alla metà del valore dell'impedenza del circuito formato da una fase con ritorno attraverso una altra fase,

$z_1$ = al valore dell'impedenza del circuito formato da una fase con ritorno attraverso la terra,

$z_0$ = al triplo dell'impedenza del circuito formato dalle tre fasi in parallelo con ritorno attraverso la terra.

Dette $i_1$, $i_2$, $i_3$ e $i_t$ le correnti istantanee nelle fasi e nel conduttore terra, sarà in caso di guasto:

$$i_1 + i_2 + i_3 + i_t = 0$$

Per un corto circuito ad un estremo di una linea tra due fasi, all'altro estremo sarà allora

$$X_i = z_1 \operatorname{sen} \varphi \times \frac{U_1 - U_2}{I_1 - I_2} \operatorname{sen} \varphi$$

dove $U$ e $I$ sono i valori efficaci all'inizio della linea e $\varphi$ è lo sfasamento tra i vettori $(U_1 - U_2)$ e $(I_1 - I_2)$

Nel caso di corto circuito tra una fase e la terra si ha invece

$$X_i = z_1 \operatorname{sen} \varphi \times \frac{U_3}{I_3 - kI_t} \operatorname{sen} \varphi$$

dove $k$ è un coefficiente.

Il relais a distanza, per quanto abbiamo detto, deve funzionare dopo 0.2 sec e dopo 0,8 sec a seconda della distanza del guasto, ossia a seconda del valore della reattanza. Esso è composto di una bilancia elettrodinamica senza nucleo di ferro, con le bobine fisse percorse da $I$.

Le due bobine mobili sono percorse l'una da una differenza di potenziale proporzionale alla corrente $I$ e l'altra dalla tensione $U$ di linea debitamente sfasata in ritardo di $\frac{\pi}{2}$. Perciò le coppie agenti saranno rispettivamente

$$C_1 = k_1 I^2 \qquad \text{e} \qquad C_2 = k_2\, U\, I \operatorname{sen} \varphi$$

(1) I. Fallou: Calcul des courants de court-circuit dans les réseaux triphasés. — Bullettin de la Société française des Electriciens. — Sett, 1926.

Queste coppie agiscono in senso opposto e si avrà l'equilibrio per

$$S_1 = Z \operatorname{sen} \varphi = \frac{k_1}{k_2}$$

che è una reattanza detta di regolazione.

Quando il guasto succede tra $A$ e $A'$ (fig. 1) interviene il relais che è tarato a 0,2 sec e che agisce in tal caso per opera di un conveniente valore di $S_1$. Se il guasto è invece al di là di $A\ A'$, allora agisce un altro relais a tempo che modifica $S_1$ in un opportuno valore di $S_2$, sicchè il relais principale interviene effettivamente solo dopo 0,8 sec. Al di là del punto $A''$ i guasti non agiscono più sul relais in $A$ che rimane pertanto inattivo.

Consideriamo ora separatamente i vari casi di guasto:

1°) Corto circuito tra le fasi:

In tal caso si tratta di misurare

$$\frac{U_1 - U_2}{I_1 - I_2} \operatorname{sen} \varphi$$

Gli avvolgimenti di ciascuna bilancia elettrodinamica sono eseguiti con due fili in parallelo e percorsi rispettivamente in senso inverso da $I_1$ e $I_2$ o da $I_2$ e $I_3$ o da $I_3$ e $I_1$, affinchè il flusso risultante sia proporzionale a $I_1 - I_2$, $I_2 - I_3$, $I_3 - I_1$.

Le bobine mobili voltmetriche sono percorse da correnti proporzionali a $U_1 - U_2$, $U_2 - U_3$, $U_3 - U_1$ e sfasate di $\frac{\pi}{2}$ in ritardo. Infine le bobine mobili ampermetriche sono alimentate dalla differenza di potenziale tra prese opportune, in modo da avere correnti proporzionali a $I_1 - kI_t$, $I_2 - kI_t$, $I_3 - kI_t$.

2°) Caso di corto circuito fase-terra.

Si tratta di misurare in questo caso $\frac{U_3}{I_3 - kI_t} \operatorname{sen} \varphi$.

perciò le bobine mobili ampermetriche sono alimentate con corrente prelevata da punti opportuni. Un autotrasformatore a prese multiple permette di variare $k$.

### Funzionamento del sistema selettivo.

1°) Relais a minima impedenza e relais ampermetrico.

Chiameremo impedenza di servizio per una data corrente il quoziente tra la tensione di rete e la corrente in regime normale.

L'impedenza di servizio viene diminuita in caso di guasto, pertanto l'avviamento del complesso del sistema avverrà per opera di tre relais di minima impedenza. Questi ultimi sono delle bilance elettrodinamiche senza nucleo, di cui un lato è soggetto

alla coppia $\qquad C_1 = A^2 U^2$

e l'altro alla coppia $\qquad C_2 = B^2 I^2$

Per l'equilibrio delle coppie dovrà essere $A^2 U^2 = B^2 I^2$ ossia $Z = \frac{B}{A}$. Esiste poi un amperometro di terra che agisce in caso di corto circuito a terra. Questo amperometro, a mezzo di relais ausiliari, sostituisce le tre tensioni di fase che alimentavano i relais a minima impedenza con le tensioni stellari $U_1$, $U_2$, $U_3$.

2° Elemento direzionale.

La presenza di un elemento direzionale è necessaria affinchè la potenza che alimenta il guasto faccia intervenire soltanto il relais a monte e non quello a valle. Si tratta di un relais wattmetrico avente la massima coppia agente per uno sfasamento in ritardo di $\frac{\pi}{4}$ della corrente rispetto alla tensione e che è percorso dalle correnti

$$I_1 \text{ e } \frac{I_2 - I_3}{\sqrt{3}} \text{ e dalle tensioni stellari } U'_1 \text{ e } U'_2.$$

### Prove sperimentali.

Furono eseguite numerose prove sperimentali sulla reta a 60 kV della Société Nord Lumière, rete che ha una conformazione ad anello chiuso con una sorgente di alimentazione (Centrale di Gennevilliers, con potenza 160 000 kVA) e 5 sottostazioni di trasformazione. Complessivamente furono eseguite 75 prove di c. c. sia tra le fasi come tra fase e terra. Alcuni esperimenti furono tentati in condizioni particolarmente sfavorevoli, ma nel complesso i risultati ottenuti confermarono il corretto funzionamento degli apparecchi. Alcuni casi di insuccesso furono esaurientemente spiegati dall'analisi degli oscillogrammi; degno di nota è sopratutto la rapidità dell'intervento dei relais anche nei casi peggiori di funzionamento e precisamente per guasti prodottisi su linee a basso carico.

G. R. M.

1)

## UNA LINEA CON MENSOLE GIREVOLI IN LEGNO

*Electrical Engineering*, febbraio 1931. – STANLEY STOKES, L. O. WAITE, H. E. GOVE, L. T. BYARS.

Un tentativo che merita di essere segnalato è stato fatto per aumentare l'isolamento di una linea aerea su sostegni in ferro, ricorrendo a mensole in legno; per queste si è studiato un tipo speciale onde non aumentare il peso del sostegno.

Si tratta della linea Osage-Rivermines nel Missouri, paese molto soggetto a temporali, e per il quale quindi la protezione contro le sovratensioni di origine atmosferica prende un'importanza particolare. La linea, a 132 kV e lunga km 192, è a due terne e porta due fili di guardia; le catene di isolatori sono composte di 11 elementi in sospensione, rispettivamente 13 in amarraggio, per la parte con mensole in legno, e di 16 elementi sulle mensole in ferro. Ogni terna è destinata a trasportare da 50 a 250 milioni di kWh annui.

La costruzione con torri a traliccio è stata scelta per considerazioni economiche; però i particolari compiti della linea richiedevano che il numero delle probabili interruzioni di servizio fosse minore di quello normale per linee consimili. Ecco perchè si è pensato di aumentarne l'isolamento. Le mensole in legno sono state suggerite per conservare alla conduttura su pali in ferro alcuni dei vantaggi delle linee in legno; ma i primi studi rivelarono subito che si sarebbe così avuto un aumento considerevole nel costo di impianto, a meno di ricorrere a qualche provvedimento supplementare. L'unico possibile è risultato quello di ridurre gli sforzi applicati alle mensole e al sostegno quando si rompe un conduttore. Ciò si è ottenuto con mensole del tipo rappresentato in fig. 1, girevoli intorno ad un asse all'estremità verso il sostegno; all'asse si è data un'inclinazione di 20° rispetto alla verticale: in questo modo il movimento di rotazione risulta circoscritto per effetto del peso della mensola e del carico verticale su di questa (peso del conduttore, degli isolatori, ecc.), così che normalmente la struttura si comporta come una mensola rigida. Invece in caso di rottura di un conduttore, la mensola che lo porta subisce un movimento di rotazione dalla campata interrotta verso quella sana, così che ne viene notevolmente ridotto il tiro nel conduttore e per conseguenza anche gli sforzi di flessione e di torsione sul palo.

La costruzione adottata è come si vede assai semplice: per ogni mensola vi sono due tiranti in legno e un puntone costituito da due aste pure in legno bullonate insieme; gli attacchi delle varie parti sono fatti con morsetti in acciaio forgiato. Il dimensionamento delle varie parti è tale che anche con un tirante o con una delle aste del puntone fuori servizio, l'insieme è abbastanza robusto per sopportare i carichi normali.

Si è adoperato legno di abete stagionato, ma non impregnato, pur riconoscendo l'efficacia del trattamento con olio di creosoto per prolungare la vita del legno. Nel caso specifico l'impregnazione presentava però alcuni svantaggi: anzitutto la tensione di scarica sotto impulso viene diminuita nettamente, sia pure di poco; poi l'effetto delle qualità lubrificanti dell'olio è difficile da valutare nei riguardi dell'attrito fra morsetti e legno;

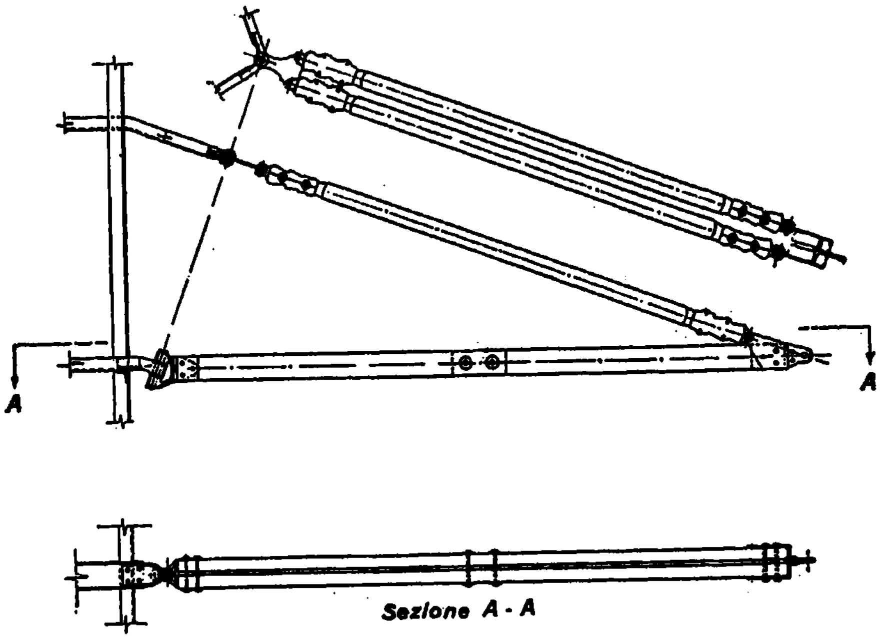



Fig. - Costruzione adottata per la mensola girevole in legno.

infine, a meno di cure particolarissime, vi è la possibilità che per effetto delle temperature raggiunte la resistenza meccanica del legno risulti diminuita. Il legno adoperato ha una resistenza alla tensione di 4,9 kg/mm²; una resistenza al taglio, in direzione parallela alla vena, di 0,63 kg/mm²; e una resistenza alla compressione di 0,35 kg/mm², perpendicolarmente alla vena, e di 2,5 kg/mm² in senso parallelo alla vena.

Secondo i risultati di prove eseguite, l'inconveniente principale che possono presentare le mensole descritte è rappresentato dal pericolo di essere scheggiate o distrutte dalle scariche atmosferiche; si è cercato di ridurre gli effetti di queste studiando

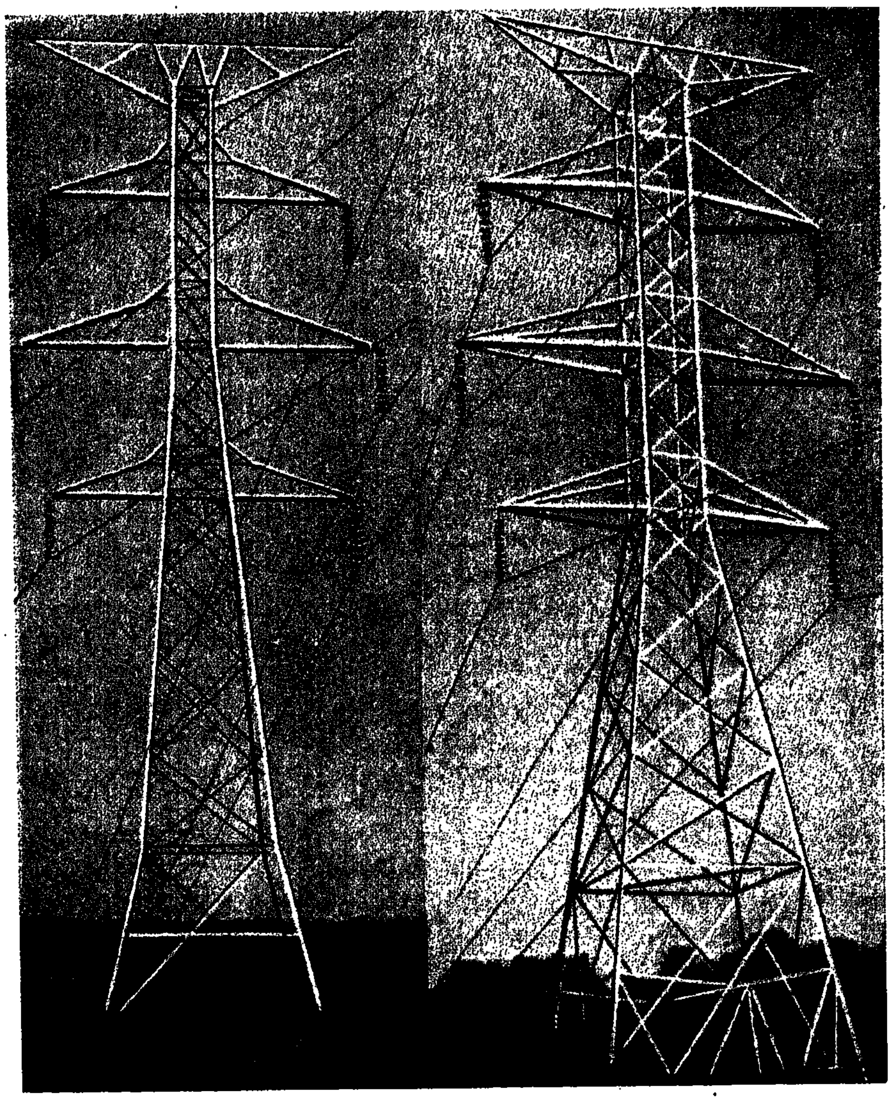


Fig. 2. - Sostegno con mensole girevoli in legno (a sinistra) e sostegno con mensole rigide in legno (a destra). Quest'ultimo è impiegato per gli angoli e per campate più lunghe del normale.

opportunamente le parti metalliche di collegamento, e si è pensato anche di aggiungere occorrendo corna di protezione; ma si fa assegnamento sopratutto sull'effetto dei fili di guardia che, come si vede dalla fig. 2, sono disposti in modo alquanto diverso dal consueto, allo scopo di intercettare i colpi di fulmine diretti lungo la campata e di divergerli al sostegno, senza scariche laterali al conduttore. Inoltre, come si è detto, è previsto che la mensola possa resistere anche in caso di rottura di un tirante o di un'asta del puntone.

L'efficacia dell'adozione del legno nei riguardi dell'isolamento è risultata da prove eseguite con impulsi per i quali la tensione massima era raggiunta in 1,5 $\mu$s, e tornava a un valore metà del massimo in 60 $\mu$s: in queste condizioni la tensione (max) di scarica con 11 isolatori sospesi e mensole in legno è la stessa che con mensole in ferro e con 17 a 23 elementi in sospensione, a seconda della mensola di cui si tratta.

La costruzione con mensole girevoli è stata adottata per tutta la linea, salvo che nelle torri d'angolo e per alcune campate molto lunghe, dove si sono adoperate mensole rigide pure in legno.

È assai importante considerare l'effetto delle mensole girevoli nei riguardi degli sforzi sul sostegno. Le ipotesi di calcolo di queste devono evidentemente essere alquanto diverse che nel caso di mensole rigide. Le forze verticali e trasversali possono considerarsi uguali nei due casi, per quanto col filo rotto la rotazione della mensola cambi il punto di applicazione di alcuni dei carichi, introducendo così degli squilibri che non si hanno con le mensole rigide. La differenza principale si ha tuttavia nella grandezza e punto di applicazione delle forze longitudinali dovute ai conduttori rotti.

Per determinare le forze longitudinali da assumere a base del calcolo nel caso delle mensole girevoli si sarebbe dovuto ricorrere ai risultati dell'esperienza con costruzioni analoghe; data però la scarsità di questi, si son fatte tre ipotesi diverse: i risultati delle prove e dell'esercizio potranno poi servire a stabilire un'ipotesi di calcolo unica, come nel caso delle mensole rigide.

Confrontando le forze longitudinali adottate nel calcolo per la linea in questione e per i due tipi di costruzione si ha:

*Mensole rigide*: tiro unilaterale di due conduttori rotti qualunque con sovraccarico massimo e sforzo di 2550 kg per i conduttori di linea e di 2000 kg per i fili di guardia, moltiplicato per 1,5.

*Mensole girevoli*: Ipotesi I. – Tiro unilaterale di un conduttore rotto con sovraccarico massimo, ridotto alla metà per la rotazione di 90° della mensola, che si porta in direzione della linea; contemporaneamente tiro istantaneo di un conduttore qualunque (rispettivamente 2550 e 2000 kg per conduttori e fili di guardia) moltiplicato per 1,5.

Ipotesi II. – Tiro unilaterale di due conduttori qualunque rotti con sovraccarico massimo, ridotto a metà valore per la rotazione di 90° della mensola (rispettivamente 1275 e 1000 kg), e moltiplicato poi per 1,5.

Ipotesi III. – Tiro unilaterale di un conduttore rotto con sovraccarico massimo, ridotto a metà per la rotazione di 90° della mensola (rispettivamente 1275 kg e 1000 kg) e moltiplicato per 1,5; contemporaneamente tiro unilaterale di un filo qualunque con sovraccarico massimo, ridotto a metà per la rotazione della mensola e tiro istantaneo di ugual valore (2550 kg e 2000 kg) moltiplicato per 1,75. L'effetto di questi sforzi va considerato solo a tutto il primo tronco sotto la mensola.

Il peso totale del sostegno con mensole girevoli è risultato di ca. 5000 kg, che secondo i calcoli sarebbe inferiore di 900 kg al peso di un sostegno equivalente con mensole rigide in legno. Il costo del sostegno descritto risulterebbe pertanto inferiore del 15÷20 per cento a quello del supporto equivalente con mensole rigide.

M. A.

## m) I PROCEDIMENTI PER MISURARE LA SOMMA DELLE GRANDEZZE ELETTRICHE SECONDO LA TECNICA DELLE MISURE A DISTANZA

*Elektrotechnik und Maschinenbau*. - 31 gennaio 1932, N. 5. - W. Stäblein.

Le condizioni fondamentali, alle quali deve soddisfare qualunque procedimento adatto per misurare la somma di più grandezze elettriche, sono le seguenti:

1. Proporzionalità fra la grandezza da misurare e la sua immagine: sono da ritenersi affetti da errore quei procedimenti che realizzano una proporzionalità diretta soltanto approssimata. In questi ultimi casi, è necessario prendere gli opportuni accorgimenti onde mantenere gli errori in limiti ristretti.
2. La somma deve potersi estendere ad un numero qualunque di addendi di grandezza qualsiasi.
3. Dev'essere possibile l'esecuzione, non solo della somma complessiva, ma anche di una qualsiasi somma parziale.
4. L'indicazione singola di ogni grandezza dev'essere possibile.
5. Le somme — totali o parziali — devono potersi trasmettere a distanza.
6. Possibilità di unificazione, al massimo grado, degli apparecchi trasmittenti oppure riceventi.

In relazione ai mezzi impiegati per la realizzazione degli apparecchi riceventi, i dispositivi di misura si basano su di uno dei tre procedimenti seguenti:

1°. Trasformazione della grandezza da misurare in una tensione ad essa proporzionale.

Alcuni dei procedimenti di questa prima categoria comportano l'impiego di strumenti indicatori che assorbono corrente: tali sono i *generatori* accoppiati ai contatori, i quali sono dotati di una velocità proporzionale alla grandezza da misurare e forniscono, quindi, una tensione proporzionale alla grandezza stessa.

Anche il *metodo potenziometrico* richiede l'impiego di un divisore di tensione alimentato a tensione costante e assorbente corrente. La proporzionalità tra le grandezze da misurare e la tensione parziale ottenuta al divisore non è rigorosamente esatta. L'esattezza della misura dipende dai rapporti fra i valori ohmici delle resistenze del divisore e dal carico esterno.

L'indicazione avviene senza assorbimento di corrente e mercè la regolazione automatica di una tensione ausiliaria col *metodo ad induzione*. In una bobina collegata con l'equipaggio dell'apparecchio trasmettitore viene generata una f. e. m. indotta, proporzionale allo spostamento dell'indice. La bobina mobile dell'apparecchio ricevitore, costruito in modo analogo al trasmettitore, si sposta con l'equipaggio libero di quest'ultimo fino a quando il sistema non raggiunge la sua posizione di equilibrio, ossia fino a quando lo spostamento dell'indice dei due apparecchi collegati a distanza non è diventato eguale. La trasmissione di una indicazione, è, quindi, perfetta.

2°. Trasformazione della grandezza da misurare in una corrente, proporzionale ad essa, ma indipendente dalla tensione ausiliaria. Questa trasformazione è ottenuta coi *metodi a compensazione*. Eguagliando il momento, lo spostamento oppure la velocità di un equipaggio a compensazione con quelli di un equipaggio trasmettitore, viene regolata una corrente, proporzionale alla grandezza da misurare, ma indipendente dalla tensione ausiliaria.

3°. Trasformazione della grandezza da misurare in una corrente dipendente da essa e proporzionale alla tensione ausiliaria.

Il *procedimento a resistenza* comporta la regolazione, mediante reostato, della resistenza di un circuito del trasmettitore, alimentato a tensione costante. La misura è ricondotta a quella di una corrente oppure a quella del rapporto fra una tensione ed una corrente.

Il *metodo ad impulsi* richiede l'impiego di condensatori. Il trasmettitore, mediante apposito dispositivo a contatti, trasmette impulsi con una frequenza proporzionale alla velocità del suo equipaggio e quindi proporzionale alla grandezza da misurare. Il relais ricevitore collega le armature di un condensatore alternativamente ai poli di un circuito a corrente continua. Il valore medio della corrente che si stabilisce nel circuito che collega le due armature è, con approssimazione, proporzionale alla grandezza da misurare.

*Somma secondo il procedimento a tensione impressa.*

Questo procedimento consente la misura della somma secondo due metodi ossia col collegamento degli strumenti indicatori in serie od in parallelo.

Col collegamento in serie realizzato nella fig. 1, la corrente somma $i$ si può esprimere in funzione delle tensioni generate da ciascun apparecchio indicatore e delle resistenze dei circuiti di misura, con la formula, deducibile in base ai principi di Kirchhoff:

$$i = \alpha_1 \frac{E_1}{R} + \alpha_2 \frac{E_2}{R} + \ldots\ldots = \frac{1}{R} \Sigma \alpha_m E_m$$

dove i coefficienti $\alpha$ sono espressi da

$$\alpha_m = \frac{\sigma_m}{(\rho_m + \sigma_m)\left(1 + \Sigma \frac{\rho_m \sigma_m}{\rho_m + \sigma_m}\right)}$$

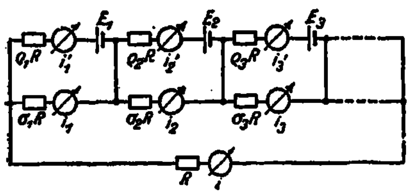


Fig. 1.

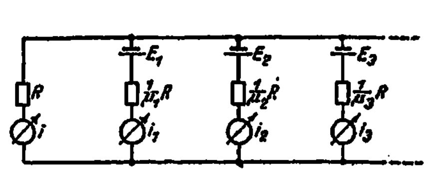


Fig. 2.

Somma con contemporanea indicazione singola secondo i procedimenti a tensione impressa e collegamento in serie (fig. 1) ed in parallelo (fig. 2) degli strumenti indicatori.

Col collegamento in parallelo, tenute presenti le indicazioni della fig. 2, la corrente $i$ risulta espressa da:

$$i = \beta_1 \frac{E_1}{R} + \beta_2 \frac{E_2}{R} + \ldots\ldots = \frac{1}{R} \Sigma \beta_m E_m$$

dove

$$\beta_m = \frac{\mu_m}{1 + \Sigma \mu_m}$$

Le formule che esprimono $i$ dimostrano che i due collegamenti consentono la formazione rigorosamente esatta della somma: il metodo potenziometrico, tuttavia, è soltanto approssimato perchè tale è la presunzione che sussista una proporzionalità fra tensione generata e tensione derivata mediante resistenza potenziometrica.

Quando, oltre che alla formazione della somma, gli strumenti singoli devono servire anche alle indicazioni parziali, occorre tenere presente che queste ultime indicazioni sono affette da un errore imputabile alla reazione della corrente totale sulle misure singole.

Col collegamento in serie della fig. 1, i valori singoli possono essere espressi dalle correnti $i$, $i_2$..... oppure dalle altre $i_1'$, $i_2'$.....

La $i_1$ è ad es. espressa da:

$$i_1 = \frac{E_1}{R} \, \frac{1 - \rho_1 \alpha_1}{\rho_1 + \sigma_1} - \frac{1}{R} \, \frac{\rho_1}{\rho_1 + \sigma_1} \, (\alpha_2 E_2 + \alpha_3 E_3 + \ldots\ldots) = $$
$$= i_{10} - \Delta i_1$$

dalla quale si rileva che $i_1$ non dipende soltanto dalla relativa tensione $E_1$, ma anche dalle tensioni degli altri addendi. L'errore col quale è affetta l'indicazione dello strumento 1 è pertanto

$$f_1 = \frac{\Delta i_1}{i_{10}} = - \frac{\rho_1}{1 + \rho_1 \alpha_1} \, \frac{\alpha_2 E_2 + \alpha_3 E_3 + \ldots\ldots}{E_1}$$

Se l'indicazione singola viene espressa dalla corrente $i_1$, l'errore è, analogamente:

$$f_1' = \frac{\Delta i_1'}{i_{10}} = \frac{\sigma_1}{1 + \sigma_1 \alpha_1} \cdot \frac{\alpha_2 E_2 + \alpha_3 E_3 + \ldots\ldots}{E_1}$$

L'errore di misura col collegamento in parallelo è:

$$f_2 = \frac{\Delta i_1}{i_{10}} = \frac{1}{1 - \beta} \, \frac{\beta_2 E_2 + \beta_3 E_3 + \ldots\ldots}{E_1}$$

Riassumendo, risulta che il metodo a tensione impressa, utilizzante istrumenti che assorbono corrente, è rigorosamente esatto nella formazione della somma; è soltanto approssimato nella formazione di somme parziali oppure nella misura di valori singoli.

Al contrario, il metodo ad induzione che utilizza istrumenti che non assorbono corrente, è rigorosamente esatto, tanto nella formazione della somma totale, quanto nella indicazione di somme parziali o di valori singoli. Occorre, tuttavia, rilevare che l'esattezza delle indicazioni viene influenzata dal numero degli apparecchi riceventi, giacchè l'energia derivante dalle correnti di compensazione si ripartisce fra tali apparecchi.

*Somma secondo il procedimento a corrente impressa.*

La formazione della somma totale, nonchè di somme parziali, può essere ottenuta contemporaneamente alle indicazioni singole, utilizzando lo schema della fig. 3, nella quale $S_1$, $S_2$ .... rappresentano gli strumenti trasmettitori. Questi ultimi imprimono le correnti $i_1$, $i_2$.... proporzionalmente alle grandezze da misurare. Le correnti, mantenendosi la tensione in ciascun circuito compresa in un certo intervallo, sono indipendenti dalle resistenze e sono rigorosamente esatte. Secondo lo schema della fig. 4, la corrente-somma, risulta espressa da:

$$i = \lambda_1 \, i_1 + \lambda_2 \, i_2 + \ldots\ldots = \Sigma \, \lambda_m \, i_m$$

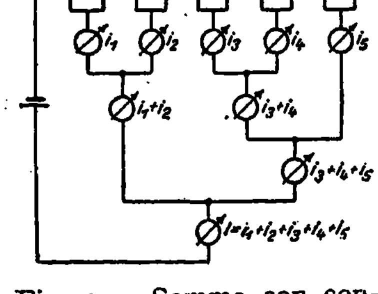


Fig. 3. - Somma con contemporanea indicazione singola e parziale secondo i procedimenti a corrente impressa.

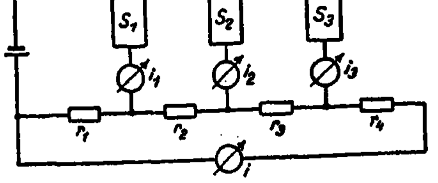


Fig. 4. - Collegamento a divisore per l'esecuzione della somma con contemporanea indicazione singola secondo i procedimenti a corrente impressa.

Il procedimento in questione consente, oltre che la formazione rigorosamente esatta della somma totale, anche l'indicazione rigorosa delle correnti singole. La trasmissione a distanza delle indicazioni della somma totale e delle somme parziali è possibile, perchè, in generale, si dispone di energia in quantità sufficiente che può essere utilizzata completamente senza le preoccupazioni di limitare errori di misura. È da rilevare, inoltre, il fatto che, con la scelta opportuna delle quantità λ, si può scegliere a volontà la scala delle grandezze da misurare: questo consente, ovviamente, la maggior uniformità negli strumenti indicatori e ricevitori.

*Somma secondo il procedimento a resistenza.*

Le resistenze possono essere collegate in serie, secondo lo schema della fig. 5, oppure in parallelo, secondo la fig. 6. Nel primo caso il rapporto $i/I$ fra la corrente proporzionale alla tensione totale e la corrente totale, può essere impiegato per la misura della resistenza somma. La sua espressione, tenute presenti le indicazioni della figura, è:

$$i/I = \varkappa + \rho \sigma \, \Sigma \, \frac{\alpha_m}{\alpha_m \rho + \sigma} \cong \varkappa + \rho \, . \, \Sigma \alpha_m - \frac{\rho^2}{\sigma} \, \Sigma \, \alpha_m^2$$

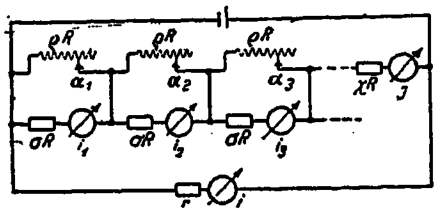


Fig. 5.

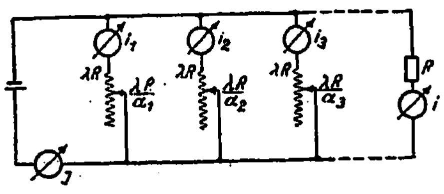


Fig. 6.

Somma con contemporanea indicazione singola secondo i procedimenti a resistenza e collegamento in serie (fig. 5) ed in parallelo (fig. 6) delle resistenze.

La somma è soltanto approssimata e non esprime alcuna legge lineare in funzione di α. Supposto che manchino gli strumenti per le misure singole, si può porre, nella formula sopracitata, $\sigma = \infty$ e dedurre:

$$i/I = \varkappa + \rho \, \Sigma \, \alpha_m$$

Col collegamento in parallelo (fig. 6), si utilizza, invece, il rapporto $I/i$ per la misura della conduttività somma. Tale rapporto è rigorosamente espresso da:

$$I/i = 1 + \frac{1}{\lambda} \, \Sigma \, \alpha_m$$

Le correnti singole $i_m$ si possono ricavare dai rapporti $i_m/I$ oppure $i_m/I$, i quali, nel collegamento in serie ed in parallelo, risultano espressi, rispettivamente, da:

$$i_m/I = \frac{\alpha_m \, \rho}{\sigma + \alpha_m \, \rho} \cong \frac{\rho}{\sigma} \, \alpha_m - \frac{\rho^2}{\sigma^2} \, \alpha_m^2$$
$$i_m/i = \alpha_m/\lambda$$

Risulta pertanto che il collegamento in serie consente l'esecuzione di misure singole rigorosamente esatte, ma non espresse con funzioni lineari di α. La misura rigorosa e lineare è realizzata col collegamento in parallelo.

Il primo collegamento — in serie — presenta l'inconveniente che eventuali difetti di contatto in una resistenza si ripercuotono in tutte le altre resistenze collegate in serie. La necessità di impiegare, col collegamento in parallelo, delle resistenze adatte offre qualche difficoltà. Sono stati, tuttavia, realizzati dei collegamenti immuni da questi inconvenienti, i quali, peraltro, non consentono misure teoricamente esatte, ma pure praticamente accettabili.

*Somma secondo il procedimento ad impulsi con condensatori.*

Lo schema della fig. 7 illustra il procedimento per la misura singola di una delle grandezze. Il relais $S$ è eccitato dal trasmettitore con impulsi di frequenza proporzionale alla grandezza da misurare e, mediante i contatti di commutazione $s$, collega alternativamente le armature del condensatore di misura $C$

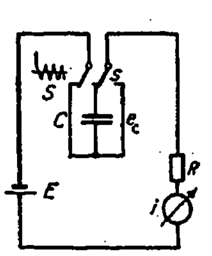


Fig. 7. - Collegamento per l'indicazione singola secondo il procedimento ad impulsi con capacità.

alla tensione ausiliaria costante $E$. Gli impulsi di corrente attraverseranno il milliamperometro $i$ il quale indicherà il valore medio della corrente medesima. Indicando con $e_c$ il valore istantaneo della differenza di potenziale fra le armature del condensatore, $R$ la resistenza del circuito esterno, $C$ la capacità del condensatore, si ha l'equazione di equilibrio:

$$e_c + RC \frac{d\,e_c}{dt} = 0$$

il cui integrale generale è:

$$e_c = K\,e^{-\frac{t}{T}} \qquad \text{dove } T = RC$$

La costante $K$ viene dedotta partendo dalle condizioni iniziali e risulta espressa da:

$$K = \frac{2\,E}{1 + e^{-\frac{1}{fT}}}$$

$f$ essendo la frequenza degli impulsi

La corrente di carica risulterà

$$i = 2\,C\,E\,f\,\frac{1 - e^{-\frac{1}{fT}}}{1 + e^{-\frac{1}{fT}}}$$

La curva $i$ ha l'andamento di una curva esponenziale e, con approssimazione, per $f$ non superiore a $\frac{1}{5\,T}$ si può ritenere:

$$i \cong 2\,C\,E\,f$$

Per $f$ tendente a $\infty$, $i$ tende asintoticamente ad $\frac{E}{R}$ ossia al valor limite della corrente che si avrebbe se il condensatore fosse in corto circuito. La formula dedotta or ora dimostra che non sussiste rigorosamente una proporzionalità diretta fra $i$ ed $f$: la mancata proporzionalità è dovuta alla carica residua del condensatore. Quest'ultima carica, influenzata anche dai fenomeni di compensazione di un altro condensatore, falsa i risultati della somma di due o più grandezze col metodo ad impulsi.

Lo schema della fig. 8 indica i collegamenti impiegati per l'esecuzione della somma di due grandezze. Con procedi-

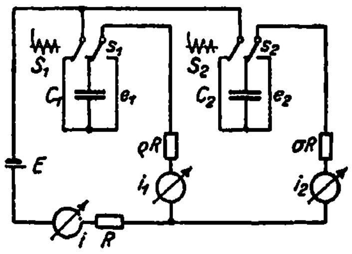



Fig. 8. - Collegamento per l'indicazione somma e singola di due grandezze secondo il procedimento ad impulsi con capacità.

mento analogo a quello impiegato nel caso di un condensatore, si possono dedurre le equazioni che caratterizzano il fenomeno, dalle quali risulta che il procedimento ad impulsi con capacità consente soltanto indicazioni approssimate, tanto di valori singoli, quanto di somme parziali o totali. Per mantenere gli errori di misura in limiti ristretti, è necessario impiegare strumenti con piccola resistenza ed utilizzare una sorgente d'energia sufficientemente dimensionata ed avente una resistenza interna limitata. Con qualche accorgimento è possibile, inoltre, trasmettere a distanza l'indicazione del valore della somma.

Riassumendo si possono trarre le seguenti conclusioni: l'esecuzione della somma di più grandezze è rigorosamente possibile coi procedimenti a tensione impressa, a corrente impressa ed a resistenza: l'indicazione è soltanto approssimata col metodo ad impulsi. Se oltre ai valori somma sono richieste anche le indicazioni di valori singoli o di somme parziali, si ottengono misure rigorosamente esatte col procedimento a tensione impressa utilizzante strumenti riceventi che non assorbono corrente ed a corrente impressa. Gli altri metodi danno indicazioni soltanto approssimate.

Gli errori di misura si possono, peraltro, mantenere in limiti accettabili osservando opportune prescrizioni nei riguardi del dimensionamento delle resistenze degli apparecchi e dei circuiti.

d. m.

## LA SOVRAPPOSIZIONE DI UNA RETE COMPLEMENTARE A CORRENTE ALTERNATA A QUELLA A CORRENTE CONTINUA

*Revue Générale de l'Electricité*, N. 4, 1932. - ASTIER.

Le grandi metropoli che hanno iniziato la distribuzione dell'energia col sistema a corrente continua, devono risolvere notevoli problemi relativi alla sicurezza della installazione ed alla necessità di trovare nuovo spazio per le sottostazioni in vista delle continue aumentate richieste di energia. La soluzione escogitata per la città di Parigi, dopo avere riconosciuta proibitiva la sostituzione dell'antico sistema a corrente continua, consiste nel sovrapporre alla rete a c. c. una a c. a., e ciò forma l'oggetto della nota. Nel sistema a corrente continua la distribuzione è a 5 fili ed a 3 fili, con 115 V fra i conduttori

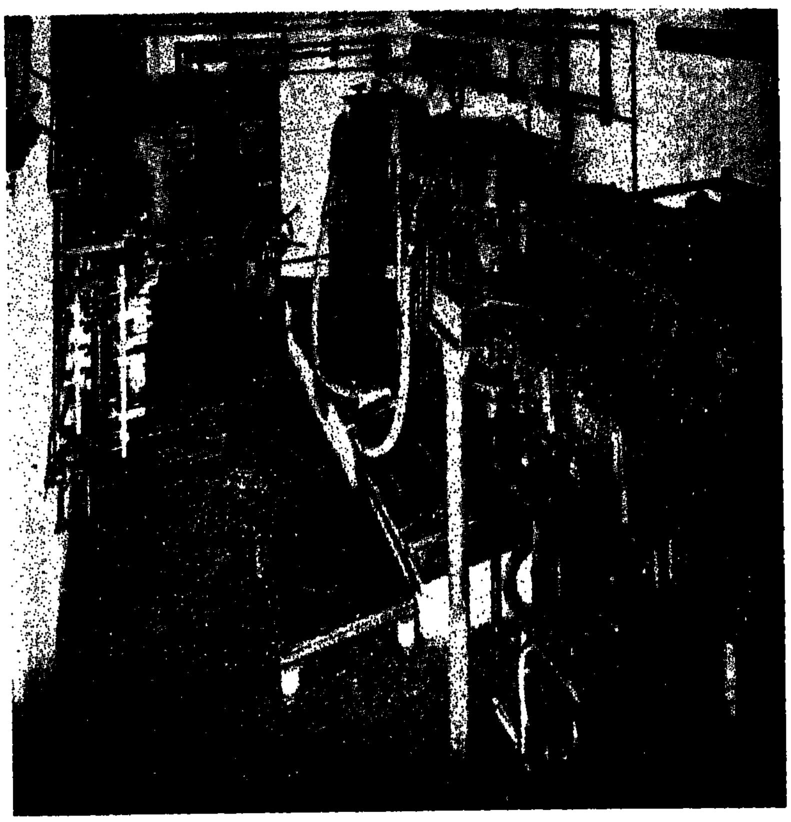


Fig. 1. - Un posto di distribuzione a corrente alternata.

di fase, ed il neutro è a terra; essa negli ultimi tempi ha dato luogo a notevoli disquilibri fra i ponti per le forti variazioni di carico, donde la necessità di ingenti spese per i dispositivi di equilibratura dei carichi con onerosa manutenzione ed esercizio. Nè si poteva ricorrere alle sottostazioni di conversione della corrente alternata in continua, richiedendosi per questo vaste aree che non sono disponibili a prezzi convenienti. Nel 1924 pertanto si aggiunse un sistema a corrente alternata a bassa tensione per l'alimentazione di pochi posti, ma di notevole consumo con una potenza installata di 24 500 kVA. Questa installazione divenne però subito inadeguata ed è stato così deciso di creare una vera rete a corrente alternata a bassa tensione, collegante tutte le vie ora alimentate dalla corrente continua. Sarà così possibile di fare assorbire alla nuova rete tutte le nuove richieste di energia e nello stesso tempo di alleggerire la vecchia rete migliorandone l'esercizio. In base agli studi eseguiti per la scelta della soluzione più conveniente è stato deciso di adottare una suddivisione in posti, con una potenza installata di 500 kVA per posto e di fissare in otto il numero delle derivazioni da ogni posto, da eseguirsi con conduttori di sezione uniforme da 100 mmq, con un raggio d'azione limite di m 350 circa. Per tener conto poi di eventuale messa fuori servizio di qualche posto con sovraccarico, quindi dei posti limitrofi, è stata considerata una potenza utile di 375 kVA. Il grafico di cui a fig. 2 mette in evidenza il fattore economico, la potenza dei posti ed il valore della densità della corrente in partenza; con un sovraccarico anche del 100% la densità della corrente non supera che leggermente il valore di 2 A per mmq, che è perfettamente ammissibile. Questi risultati mostrano che per soddisfare nuove richieste è sufficiente installare altri posti della stessa potenza, con canalizzazioni di raccordo alla rete a 12 000 V della Compagnia parigina di Elettricità. Il nuovo cavo, a corrente alternata bifase 115 V, è a 5 fili con neutro a terra e presenta una ripartizione simmetrica dei 4 conduttori principali col neutro di sezione ridotta, più razionale quindi di quella che si ha nel sistema a corrente continua a 5 fili di sezione uniforme. La rete complementare è suddivisa in zone con collegamento all'alta tensione mediante

4 cavi da 75 mmq per ogni zona, in tal modo ogni cavo potrà alimentare 6 posti; per fronteggiare eventuali inconvenienti od accidenti imprevisti, i singoli posti sono muniti di un'alimentazione di soccorso e sono collegati da un sistema di fili a bassa tensione fra di loro intrecciati e ciò assicura il soccorso

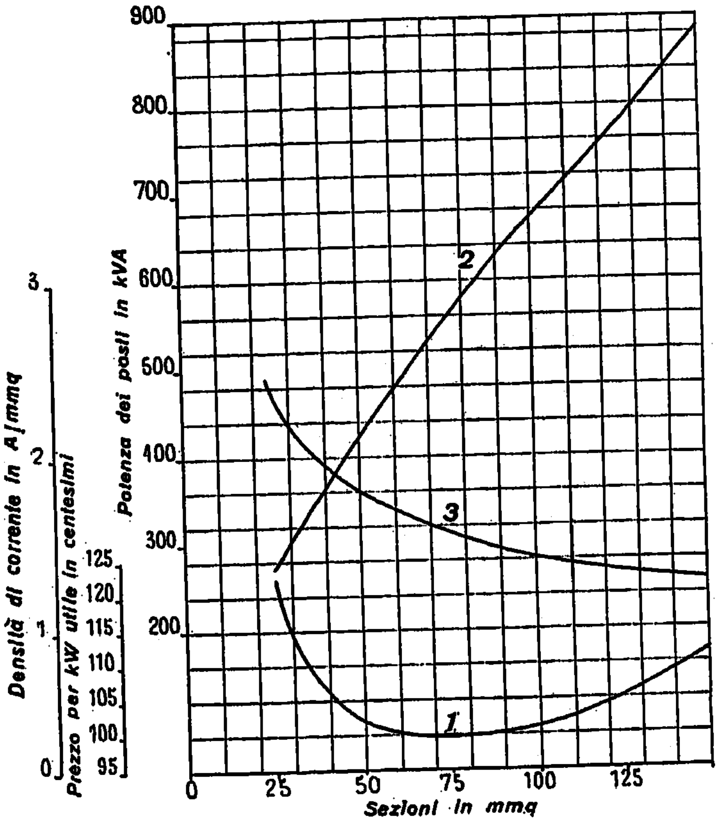



Fig. 2. - Curve caratteristiche dei posti a corrente alternata della potenza di 500 kVA.

dell'energia di riserva nelle migliori condizioni. Adatte bobine disposte all'inizio dei cavi ad alta tensione limitano la corrente di corto circuito a 5000 A, con vantaggio economico dei dispositivi da inserire ai singoli posti e conseguente riduzione d'ingombro.

La regolazione della bassa tensione di 115 V viene effettuata dai centri di ripartizione, che sono frazionati in tronchi della potenza di 20 000 kVA ciascuno, con un sistema proprio di regolazione. Questo comprende un dispositivo di regolazione avente per ogni fase un trasformatore di eccitazione a prese, alimentato dalla tensione della centrale e alimentante lui stesso un trasformatore il cui avvolgimento secondario è in serie col conduttore di fase. Le variazioni di tensione della regolazione sono state limitate ad 1,5 % della tensione nominale, in seguito alle prove che hanno mostrato come le lampade possono funzionare con tali bruschi salti senza produrre nella intensità luminosa fenomeni apprezzabili ad occhio nudo.

Ru.

---

## o) QUALE DEV'ESSERE L'INFLUENZA DELLE PERDITE SUL COSTO DEGLI APPARECCHI?

*Electrical World*, 19 dicembre 1931. – C. W. Guyott.

Avviene talvolta che si verifichi l'apparente paradosso che sia possibile trovare apparecchi elettrici che abbiano prezzo e perdite più basse di quelle di altri apparecchi in concorrenza e pur tuttavia i primi siano più costosi da acquistare in certe condizioni. È quindi necessario procedere con molta attenzione nella capitalizzazione delle perdite per evitare dei facili errori. L'A. propone a questo proposito un metodo abbastanza semplice.

Siano rispettivamente $K_n$ e $K_l$ i valori capitalizzati per ogni kW-anno di perdite per l'apparecchio, a vuoto o sotto carico; sia $C$ il costo dell'energia ai morsetti dell'apparecchio in lire per kWh; siano $H_c$ e $H_l$ rispettivamente le ore nelle quali l'apparecchio sarà inserito e quelle in cui sarà sotto carico, in un anno; sia $F$ il rapporto del carico medio al carico normale; finalmente sia $M$ la spesa fissa addebitabile all'apparecchio (espressa in forma decimale) comprendente interessi, deprezzamento, tasse, assicurazione, ecc.

Siccome le perdite a vuoto sono costanti nel tempo durante il quale l'apparecchio è inserito, si può scrivere:

(1) $M K_n = C H_c$ $\qquad K_n = \frac{C}{M} H_c$ (2)

Inoltre siccome le perdite sotto carico variano col quadrato del carico, si può scrivere:

(3) $M K_l = C H_l F^2$ $\qquad K_l = \frac{C}{M} H_l F^2$ (4)

Una difficoltà insorge nella determinazione di $F$ che tuttavia può essere determinato, perchè in generale si dispone delle tabelle dei fattori di carico.

Evidentemente, siccome $H_c$, $H_l$ e $F$ variano assai, attribuendo dei valori approssimati da considerare costanti in tutti i casi a queste grandezze, si possono fare degli errori notevoli. Tuttavia per un dato impianto i valori di $C$ e di $M$ sono in generale abbastanza costanti così che le formule 3 e 4 possono assumere la forma

$K_n = k\,x$ che è l'equazione di una retta,

$K_l = k\,x\,y^2$ la quale per dati valori di $y$ rappresenta una famiglia di linee rette.

Come esempio sia il costo della energia di dollari, 0,008 per kWh, e le spese fisse siano il 16 %. In tal caso

$$\frac{C}{M} = \frac{0.008}{0.16} = 0{,}05$$

Quindi: $K_n = 0{,}05\,H_c$.

Assumendo diversi valori per $H_c$ si può tracciare la corrispondente retta che deve passare per l'origine: basta quindi determinare un solo punto.

Così pure sarà $K_l = 0{,}05\,H_l\,F^2$ e assumendo diversi valori di $F$ si possono tracciare le corrispondenti rette che devono pure passare per l'origine.

La figura 1 rappresenta le rette così determinate.

Coll'uso di tale diagramma si può ad esempio scegliere il motore più conveniente fra 3 offerti e destinati ad un servizio pel quale il motore resterà inserito per 4800 ore in un anno e sottocarico per 2000 ore. Si valuti il fattore medio di carico in $F = 0{,}5$.

Siano le caratteristiche dei 3 motori le seguenti:

| *Motore* | *Perdite a vuoto* | *Perdite a carico normale* | *Perdite totali* | *Prezzo in opera* |
|---|---|---|---|---|
| N. 1 | 51,2 | 94,2 | 145,4 | 12 350 dollari |
| » 2 | 46,0 | 100,0 | 146,0 | 12 400 » |
| » 3 | 43,1 | 102,9 | 146,0 | 12 500 » |

Dal diagramma si desume $K_n$ = 240 dollari e $K_l$ = 25 dollari.

Eseguendo i calcoli si trova:

Per il motore N. 1: capitalizzazione delle perdite a vuoto e sotto carico rispettivamente dollari 12 300 e dollari 2 350. Cioè le perdite totali annue capitalizzate rappresentano 14 650 dollari, il che aggiunto al costo del motore dà una spesa vera per il motore N. 1, di dollari 27 000.

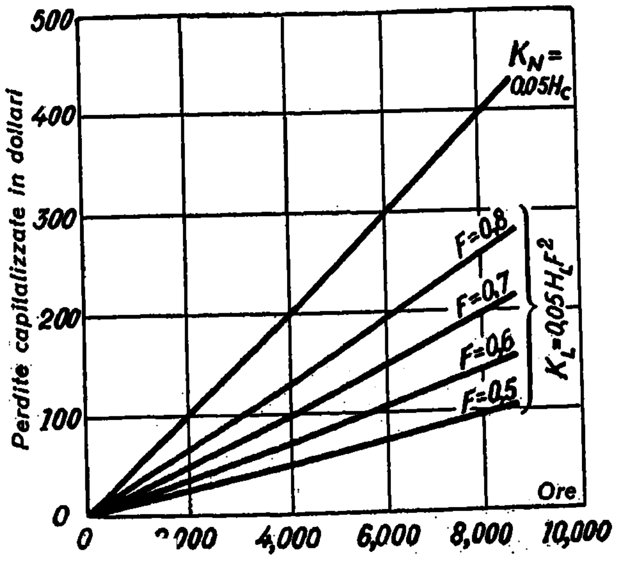



Fig. 1.

Analogamente per il motore N. 2 si trova che le perdite totali annue capitalizzate rappresentano 13 350 dollari, il che corrisponde ad una spesa vera di dollari 25 750 (pari a 13 350+ + 12 400).

Per il motore N. 3 si trova per le perdite totali annue capitalizzate dollari 12 920, il che corrisponde ad una spesa vera di 25 420 dollari (pari a 12 920 + 12 500).

Come si vede, sebbene il motore N. 1 abbia le perdite totali più piccole e il minor prezzo, riesce in realtà il più costoso, portando ad una spesa di dollari 1 580 più elevata che non col motore N. 3 di maggior prezzo. È anche interessante osservare

che mentre i motori N. 2 e 3 hanno le stesse perdite totali, il N. 3 riesce in realtà più conveniente del N. 2, sebbene abbia un prezzo più elevato.

Risulta perciò che perdite a vuoto relativamente alte possono rendere una macchina meno conveniente ad acquistarsi di altre aventi prezzo maggiore e perdite totali eguali. Questo effetto è tanto più spiccato, quanto più basso è il fattore di carico.

Ri.

---

## p) UN FORNO ELETTRICO DA 12 500 kVA IN FRANCIA

*Revue Industrielle*, gennaio 1932, – B. LACAZE.

Viene descritto l'impianto, effettuato di recente dalla Compagnie d'Electricité Industrielle nello stabilimento di Marignac, di un forno per carburo del tipo trifase a elettrodo continuo e della potenza di 12 500 kVA, che è la massima finora installata in Francia. Il forno costituisce un complesso impianto che comprende 3 parti principali: gli apparecchi di alimentazione delle materie prime, il forno propriamente detto coll'apparecchiatura elettrica, i dispositivi di manutenzione del carburo prodotto.

L'impianto è installato in un edificio in cemento armato con copertura metallica. Al centro dell'edificio si trova il forno ed accanto ad esso i trasformatori e la cabina di regolazione; su un lato è disposto l'arrivo, l'immagazzinamento e la distribuzione delle materie prime; sul lato opposto sono disposti i locali di raffreddamento e di immagazzinamento e spedizione del prodotto.

*Apparecchi di alimentazione delle materie prime.* – Queste sono la calce e il coke.

La calce arriva da appositi forni situati a km 3 di distanza, in vagoni ad apertura laterale automatica, che possono scaricare direttamente in 4 tramoggie da t 25 ciascuna. Esse versano la calce su un trasportatore a palette che la porta ai frantumatori, donde viene ripresa da un elevatore che la porta in un setaccio sopraelevato: la parte più grossa viene raccolta in un silos da 100 t, mentre la polvere di calce passa in un altro silos da 40 t e viene venduta per scopi agricoli.

Il coke arriva per ferrovia e viene scaricato con benne portate da una gru a ponte scorrevole che lo portano in una tramoggia da cui passa ai frantumatori e poi, con un elevatore, in un silos da 70 t vicino a quello della calce. Tutto l'impianto per le materie prime è interamente automatico ed un solo uomo basta per sorvegliarlo.

*Il forno.* – Comprende una fondazione in calcestruzzo che porta una struttura metallica di 20 × 30 mq che si eleva fino a m 30 di altezza. Vi sono 7 piani sovrapposti adibiti rispettivamente dall'alto al basso ai seguenti scopi: piattaforma dei silos, piattaforma degli argani, piattaforma di preparazione degli elettrodi e della miscela delle materie prime, piattaforma dei distributori della miscela, piattaforma di caricamento del forno, locale di colata al livello del suolo, sotterranei, con dispositivi ausiliari.

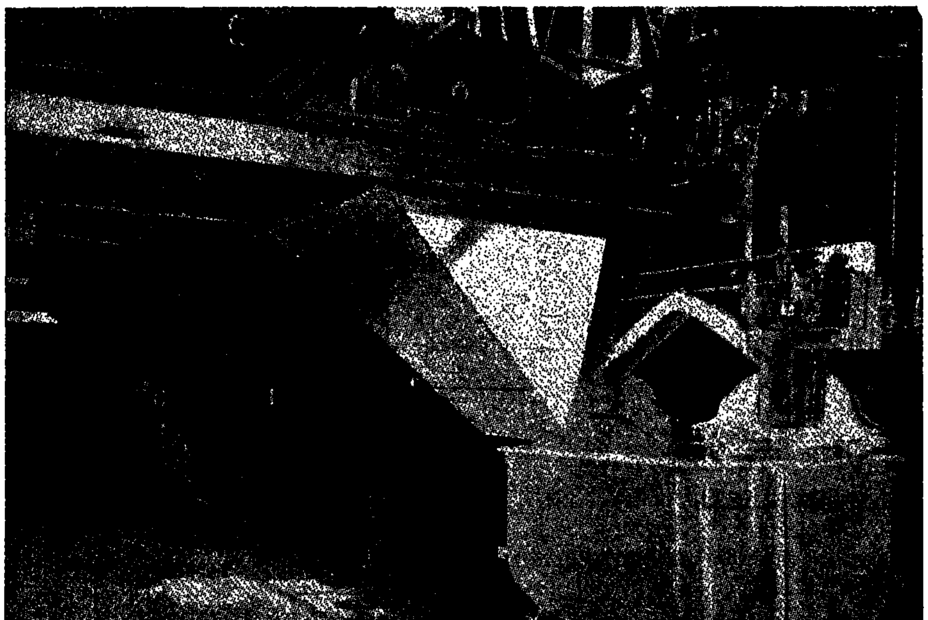


Fig. 1. - Pesatura e distribuzione automatica delle materie prime colla benna.

Il coke e la calce sono estratti dai silos con dispositivi automatici che permettono il controllo dei pesi; il materiale viene versato in 4 gruppi di tramoggie doppie da cui possono esser

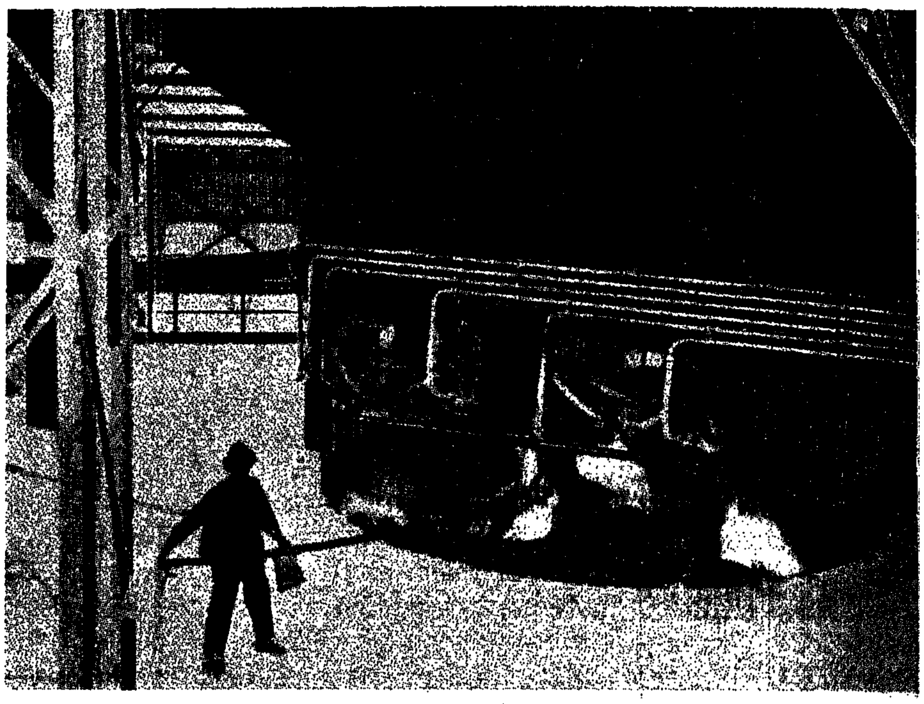


Fig. 2. - Piattaforma di caricamento durante il funzionamento del forno.

fatti precipitare nel forno, con comando a distanza, sopprimendo le manovre penose per il personale.

Il forno propriamente detto è costituito da un corpo cilin-

Fig. 3. - Gli elettrodi Söderberg in azione.

drico in lamiera, rivestito internamente di mattoni refrattari, col fondo costituito da un letto di silice, su cui poggia una suola in grafite. Il recipiente possiede 3 fori di colata, uno per fase; le aperture e le porte di chiusura sono raffreddate a circolazione d'acqua.

*Apparecchiatura elettrica del forno.* – L'energia arriva allo stabilimento con una doppia linea trifase a 60 000 V e viene trasformata sul posto a 10 000 V. Dalla cabina di trasformazione partono dei cavi sotterranei che mettono alla cabina di regolazione, che contiene tutti gli apparecchi ad alta tensione; coltelli, riduttori di misura, trasformatori 10 000/220 V pei servizi ausiliari, ecc.

Altri cavi a 10 000 V portano al locale trasformatori del forno, in immediata vicinanza degli elettrodi. Vi sono 3 trasformatori monofasi a raffreddamento in aria da 4150 kVA costruiti per una corrente secondaria da 35 000 A e una tensione variabile da 60 V a 175 V. Si possono ottenere complessivamente 22 valori diversi della tensione.

Dai trasformatori l'energia è addotta agli elettrodi con 3 fasci di sbarre di rame della sezione di 48 000 $mm^2$ per fase. I 3 elettrodi sono disposti a triangolo e sono collegati alle sbarre con conduttori flessibili formati da un cavo contenuto in un tubo a circolazione d'acqua: è così possibile disporre i conduttori a breve altezza sopra il forno riducendone la lunghezza e migliorando il fattore di potenza.

Gli elettrodi sono del tipo Söderberg. Essi sono fondati sul principio di comprimere in una camicia cilindrica di lamiera la pasta degli elettrodi, prolungandoli così gradatamente man mano che essi si consumano all'estremità inferiore.

I 3 elettrodi hanno un diametro di 1100 mm e sono raffreddati con dispositivi a circolazione d'acqua. Il movimento degli elettrodi si effettua automaticamente con un motore da 7 HP ed è comandato da regolatori Thury a intensità costante.

I fumi sono evacuati con un camino in lamiera di m 30 di altezza.

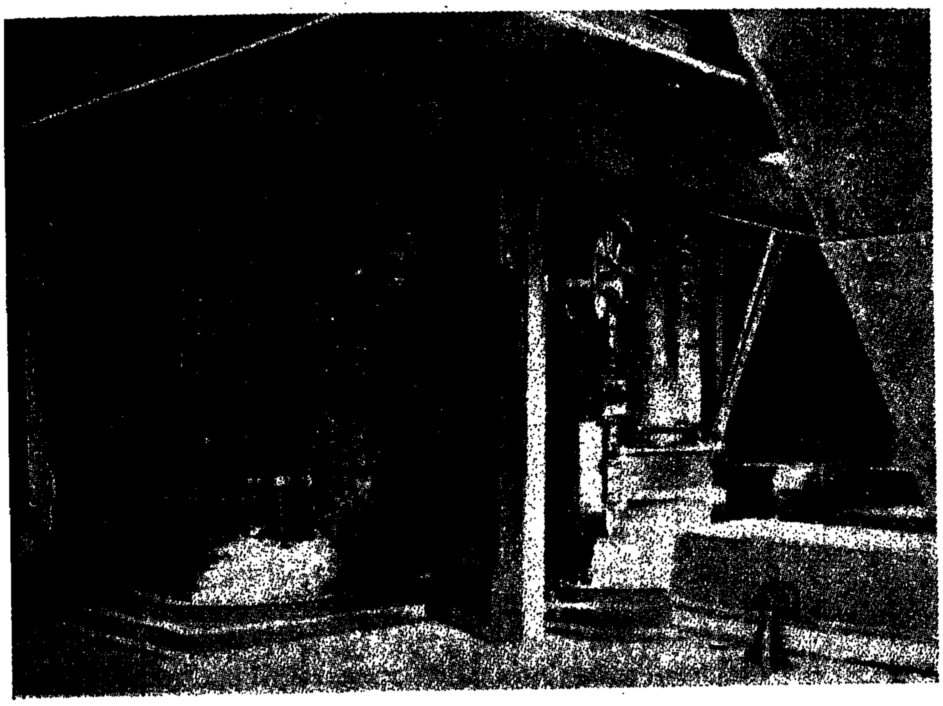


Fig. 4. - Gli elettrodi Söderberg e il loro dispositivo di sospensione.

*Manipolazione del carburo prodotto.* – La colata del carburo viene effettuata da bocche aperte con dispositivo elettrico. Il carburo viene raccolto in lingottiere che vengono spostate automaticamente e pesate. Quando il carburo è abbastanza raffreddato, la lingottiera viene capovolta e il pane di carburo viene trasportato automaticamente nel locale di raffreddamento, costituito da una tettoia metallica che occupa 1500 m². I pani di carburo raffreddati vengono poi macinati nella finezza voluta.

*Esercizio del forno.* – Il forno descritto, oltrechè per la potenza, è notevole anche per la elasticità di funzionamento.

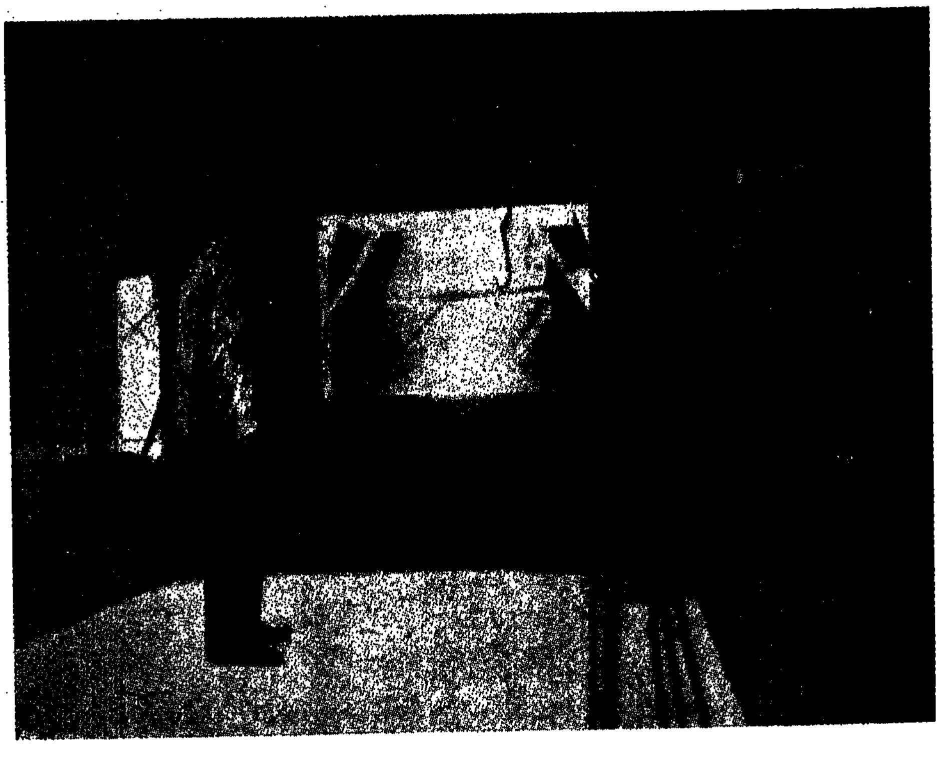


Fig. 5. - Colata di carburo in una lingottiera.

Esso infatti può funzionare con buon rendimento anche con un carico di soli 3000 kW. Il consumo d'energia per tonnellata di carburo è di 3200 kWh a pieno carico, e di 3500 kWh a basso carico.

Questa proprietà è vantaggiosa per la Società fornitrice dell'energia, finanziariamente collegata a quella che esercisce il forno; quest'ultimo infatti serve molto bene come volano per regolarizzare il diagramma di carico della centrale generatrice.

Ri.

## INVERTITORI DI CORRENTE CONTINUA IN ALTERNATA PER LAMPADE DI PROIEZIONE

*A. E. G. Mitteilungen*, N. 1, 1932. - H. Cypra e J. Dantsher.

Nelle macchine per proiezione per cinematografo e nei riflettori da palcoscenico di piccola potenza si usano, in luogo di lampade ad arco, lampade ad incandescenza. In queste conviene adottare tensioni molto basse di 15 e 30 V allo scopo di avere una sorgente luminosa per quanto possibile concentrata e puntiforme: si ha così il vantaggio di usare un filamento corto e grosso e la lampada ha maggior durata.

Queste lampade, di solito da 600 o 900 W, richiedono perciò, per funzionare, un trasformatore, se l'alimentazione è a corrente alternata, e un gruppetto di conversione se la rete di alimentazione è a corrente continua. Questi gruppetti di conversione presentano molti svantaggi, tra i quali vanno ricordati specialmente il basso rendimento e il notevole rumore che essi producono. Invece con un invertitore, come viene descritto nell'articolo, si ha un rendimento del (70÷80) % e, poichè si tratta di un apparecchio statico, non si ha alcun rumore.

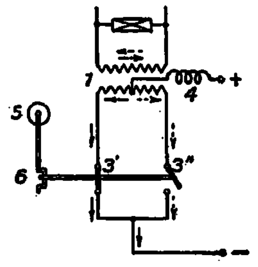



Fig. 1 *a*). - Schema fittizio dell'invertitore.

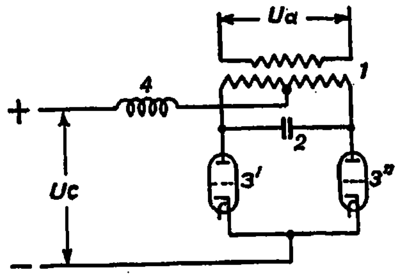



Fig. 1 *b*). - Schema teorico dell'invertitore.

1) trasformatore
2) condensatore di smorzamento
3") 3') interruttori (fig. 1 *a*)) e raddrizzatori (fig. 1 *b*)).
4) bobina di autoinduzione
5) motore
6) comando a manovella

Lo schema della conversione della corrente continua in alternata è dato dalla fig. 1 *a*). Gli interruttori 3' e 3" consentono l'inversione della corrente, mentre alternativamente vengono aperti e chiusi dal motorino 5 per mezzo di un comando a manovella 6. Nella posizione indicata nello schema la corrente passa dal polo positivo della rete, attraverso la bobina di autoinduzione 4, che funziona come accumulatore di energia e facilita il passaggio della corrente da un interruttore all'altro, al punto medio dell'avvolgimento primario del trasformatore 1. Di là la corrente va al polo negativo della rete attraverso la metà sinistra dell'avvolgimento primario per mezzo dell'interruttore 3'. Nel mezzo periodo successivo l'interruttore 3' è aperto e resta invece chiuso l'interruttore 3". Allora la corrente continua passa nella metà di destra del primario del trasformatore.

Se si sostituiscono gli interruttori e il loro comando con raddrizzatori a griglia controllata, si ha lo schema di un invertitore (fig. 1 *b*)). La caratteristica del raddrizzatore consiste nel fatto che per mezzo della griglia si può controllare l'inizio

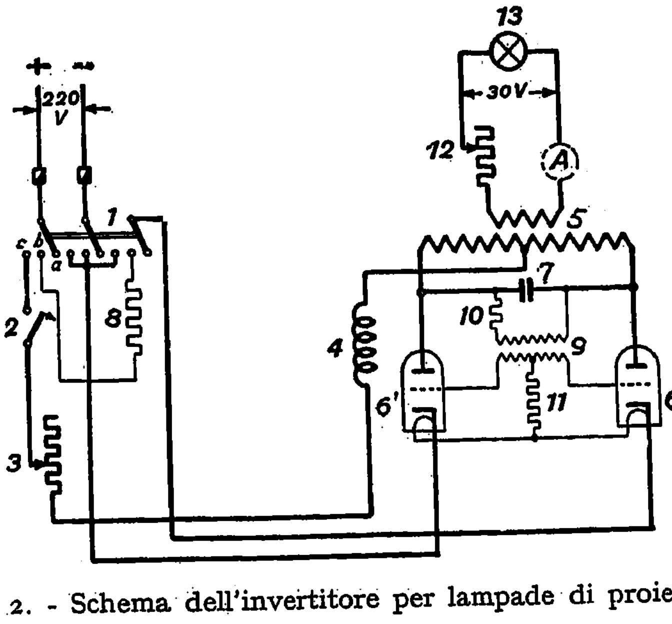



Fig. 2. - Schema dell'invertitore per lampade di proiezione.

1) interruttore tripolare di rete
2) interruttore automatico di massima
3) resistenza di regolazione
4) bobina di autoinduzione
5) trasformatore
6') 6") raddrizzatori
7) condensatore di smorzamento
8) resistenza di preinserzione
9) trasformatore di griglia
10) resistenza di controllo
11) resistenza di griglia
12) resistenza di avviamento
13) lampada di proiezione

del passaggio della corrente: non si può però colla griglia influenzare l'intensità della corrente. L'interruzione della corrente non avviene perciò per mezzo della griglia, ma solo quando con altro mezzo, per esempio una controtensione, si riesce per un breve istante a portare la corrente a zero e nello stesso tempo la griglia viene caricata negativamente. Questo si ottiene collegando il polo positivo di una rete a corrente continua al punto intermedio del primario di un trasformatore attraverso una bobina di autoinduzione, ripetendo il funzionamento già descritto nel caso della fig. 1 *a*) e sostituendo gli interruttori con griglie controllate.

Lo schema dell'invertitore realizzato per l'alimentazione di una lampada di proiezione è indicato nella fig. 2: il suo collegamento colla rete avviene attraverso l'interruttore tripolare 1, che ha tre posizioni di inserzione. I raddrizzatori sono costituiti da tubi a catodo caldo con griglia controllata, riempiti di vapore di mercurio. Se l'interruttore 1 viene spostato dalla posizione *a* alla posizione *b*, esso consente che si effettui il riscaldamento dei due tubi a catodo caldo attraverso la resistenza 8. Finito il riscaldamento, l'interruttore viene messo nella posizione *c*: così viene portata la corrente dal polo positivo della rete all'anodo dei raddrizzatori. Le griglie vengono automaticamente controllate dall'invertitore stesso coll'aiuto del trasformatore di griglia 9.

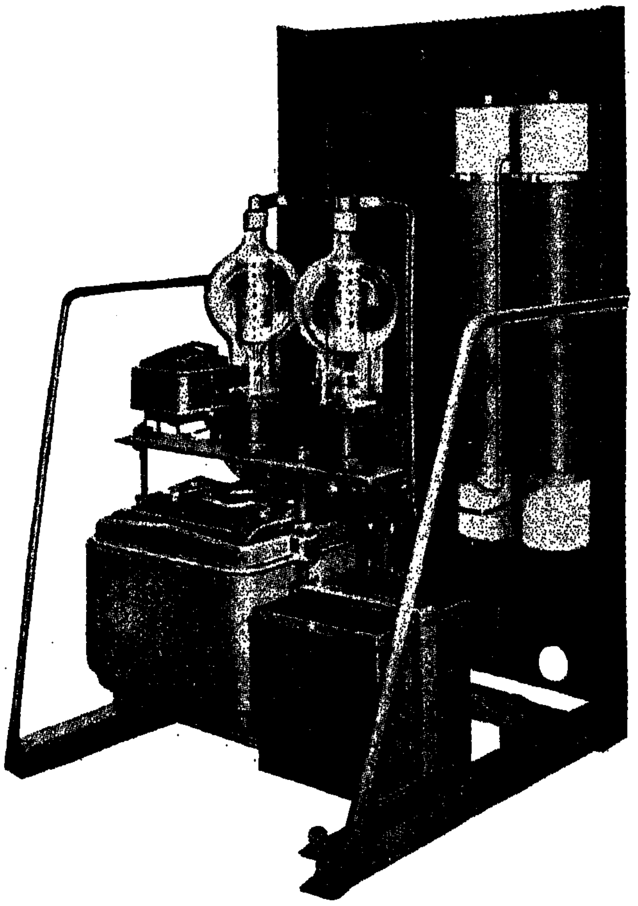


Fig. 3. - Invertitore per lampada di proiezione, aperto, da 900 W, 220 V a c. c., 30 V a c. a., 50 periodi.

Questo invertitore può essere usato, oltre che per lampade di proiezione, quando si presentano condizioni di funzionamento simili a quelle che si hanno nella tecnica dell'illuminazione e quando si deve convertire una data tensione continua in un'altra data tensione alternata. La fig. 3 rappresenta un invertitore del tipo sopra descritto.

T. S.

---

## r) TUTTE LE COMODITA' DELLA CASA PER 60 CENTESIMI ALL'ORA

*Electrical World*, 16 gennaio 1932. – DEAN W. TAYLOR.

È proprio vero che aumentando il consumo dell'energia elettrica si vengono a realizzare forti economie? È stato dimostrato di sì. Moltiplicando per diciassette l'attuale consumo di una comune abitazione, e cioè portandolo dai 600 kWh annuali a circa 10 000 kWh, si constata che il bilancio domestico ne risente tosto sensibili benefici e così tutto il tenore di vita.

L'esperienza è stata fatta nell'abitazione di un utente della Staten Island Edison Corporation.

Durante i primi 5 mesi il servizio era limitato all'illuminazione, all'aspirapolvere e alla macchina da cucire; la media del consumo mensile era di 50 kWh.

Si pensò poscia di apportare maggiori comodità all'abitazione, mediante acquisto di nuovi apparecchi e relative modificazioni nell'impianto. Furono acquistate 2 lampade da 200 W, un armadio frigorifero ed un ferro da stiro.

Il consumo mensile salì tosto a 150 kWh, con la seguente tariffa:

| | | |
|---|---|---|
| Quota fissa mensile per servizio utente | L. | 15,— |
| » » » relativa alla superficie dei locali serviti | » | 24,— |
| Costo dell'energia per kWh | » | 0,80 |

In seguito fu constatato che lo scalda-acqua a gas non era economico e si pensò di sostituirlo con uno scalda-acqua elettrico; ciò importava un incremento nel consumo mensile di 350 kWh; la tariffa subì allora le seguenti variazioni, vantaggiose per l'utente:

| | | |
|---|---|---|
| Quota fissa mensile per servizio reso all'utente | L. | 60,— |
| » » » riferita alla superficie dei locali serviti | » | 30,— |
| Costo dell'energia per kWh | » | 0,40 |

L'istituzione dello scalda-acqua elettrico rese necessario il cambiamento della corrente da monofase a trifase (v. fig. 1

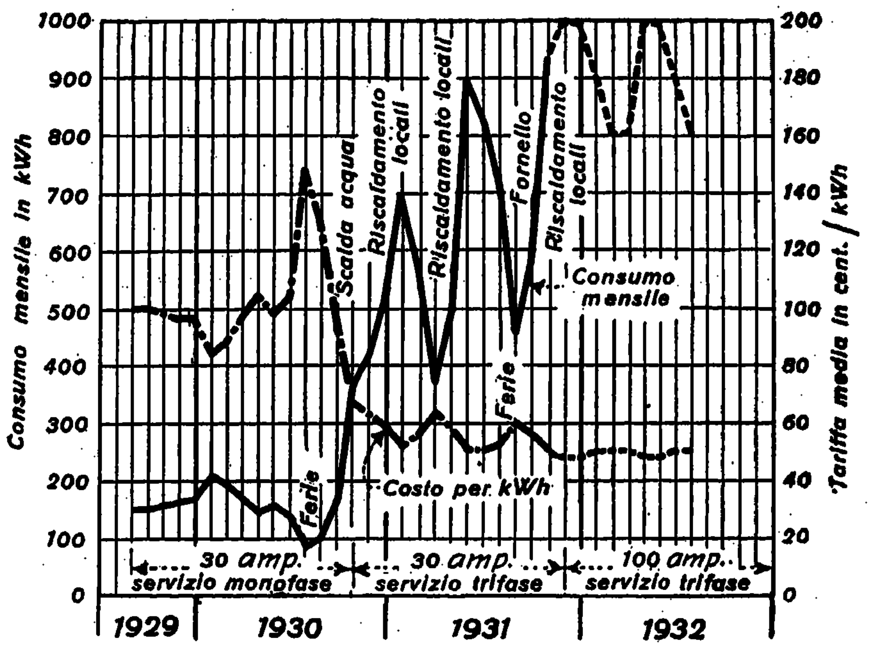



Fig. 1. - Variazioni dei consumi mensili e del costo medio dell'energia dal 1929.

e tabella); contemporaneamente furono allacciati due nuovi circuiti per altri apparecchi e con ciò il consumo complessivo mensile venne portato a 600 kWh.

*Impiego del riscaldamento elettrico ausiliario.*

A primavera inoltrata e nei primi mesi dell'autunno il riscaldamento con la stufa a carbone presentava inconvenienti notevoli. I locali venivano riscaldati insufficientemente durante le prime ore del mattino e le ultime del pomeriggio; invece si verificava un eccessivo riscaldamento nelle ore meridiane. Questa mancata uniformità di riscaldamento era causa di frequenti raffreddori; inoltre il consumo di carbone in questo periodo era circa due terzi di quello che si aveva durante tutto il periodo invernale; dunque, sia dal punto di vista igienico, che nei riguardi dell'economia, il riscaldamento a carbone non era conveniente e quindi si pensò di acquistare due radiatori elettrici portatili da 1000 W, il cui uso si rivelò tosto soddisfacente e portò all'acquisto di altri radiatori portatili per altri locali della casa.

Naturalmente questo riscaldamento ausiliario ridusse da 20 a 11 tonnellate il consumo di carbone, e le spese del trasporto diminuirono in proporzione. Il risparmio complessivo era di circa L. 1600 annue. Siccome poi il riscaldamento elettrico durante lo stesso periodo importava una spesa totale di L. 1200, si realizzava complessivamente un'economia di 400 lire. Poscia, grazie all'aumento concesso di una maggiore intensità di corrente, da 30 a 100 A, fu possibile l'uso di una cucina da 8 kW: mentre la cucina a gas importava una spesa mensile media di

L. 70, quella elettrica ne costava solo 50 e dava risultati assai migliori nella cottura dei cibi, da non paragonare con nessun altro sistema di cottura.

| | Con servizi tutti elettrici | | Servizi non tutti con elettricità | Osservazioni |
|---|---|---|---|---|
| | Cousumi annui energia in kWh | Spesa annuale in L. | Spesa annuale L. | |
| Illuminazione e apparecchi diversi ..... | 1000 | 1480 | 1480 | L'illuminazione è fatta esclusivamente con energia elettrica |
| Armadio frigorifero .. | 500 | 200 | 1200 [1]) | [1]) Spesa per l'equivalente in ghiaccio del refrigerante |
| Cucina ............. | 1500 | 600 | 800 [2]) | [2]) Spesa per il gas |
| Scalda-acqua ....... | 4000 | 1600 | 1800 [3]) | [3]) » » » » |
| Riscaldamento ...... | 3000 | 1200 | 1400 [4]) | [4]) » del carbone |
| | 10000 | L. 5080 | L. 6680<br>» 5080 | |
| Risparmio dovuto all'energia elettrica ...... | | | L. 1600 | |

La casa corredata così bene dal punto di vista elettrico, importava in media un consumo annuale di circa 10 000 kWh, con una spesa annua complessiva di L. 5080 corrispondente a circa L. 14 per giorno (fig. 2). Dalla tabella riportata si rileva

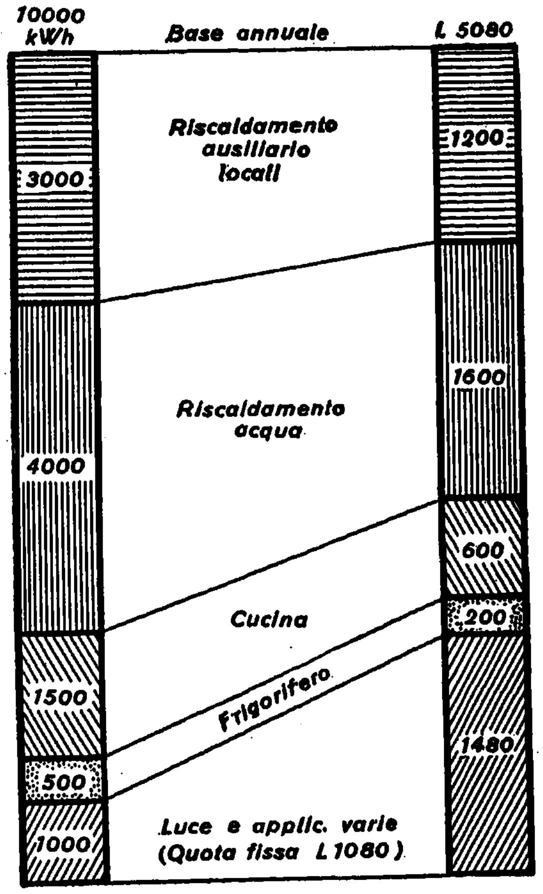



Fig. 2. - Diagrammi dei consumi di energia e degli importi corrispondenti.

il risparmio complessivo dovuto all'uso sompleto di energia elettrica per tutte le applicazioni domestiche, in sostituzione dei vecchi sistemi e la cifra del risparmio merita ogni attenzione.

In conclusione, il riscaldamento elettrico ausiliario, la cucina elettrica, lo scalda-acqua, l'armadio frigorifero, l'illuminazione e tutte le svariate applicazioni di apparecchi elettrici portatili, oltre ad essere di grande conforto e comodità, risultarono anche abbastanza economici.

P. P.

## 8) I PROGRESSI DEL RISCALDAMENTO ELETTRICO NELLE MACCHINE COMPOSITRICI

*Elektrizitätswirtschaft*, ottobre 1931. – F. Mörtzsch.

Un elemento importante della macchina compositrice tipografica moderna è il sistema di riscaldamento che deve provvedere a mantenere la lega metallica fluida e pronta per il getto sulle matrici; il primo brevetto per tale riscaldamento mediante l'elettricità fu accordato nel 1898 alla Linotype Company di Londra. I vari perfezionamenti realizzati in seguito non mutarono essenzialmente la disposizione e novità degne di nota furono la introduzione della regolazione automatica della temperatura e il rivestimento isolante del crogiuolo; la fig. 1 mostra la disposizione fondamentale secondo la quale il metallo viene mantenuto fluido nel crogiuolo e nello stantuffo di spinta per mezzo di un riscaldatore elettrico ricambiabile, munito di apposita guaina così da facilitarne la sostituzione anche quando il metallo si fosse raffreddato. I regolatori di temperatura limitano la variazione da 3° a 5° C. al massimo e ciò è molto importante per la buona riescita del lavoro. Vi sono anche macchine nelle quali la corrente viene inserita automaticamente a una certa ora in modo che il compositore, ritornando al lavoro, trovi il metallo già riscaldato e pronto per il getto. Gli elementi riscaldatori ultimamente costruiti dimostrano di avere una durata di cinque anni ed anche di più.

Allo scopo di giudicare della convenienza economica del riscaldamento elettrico in confronto di quello a gas, sinora il più diffuso nelle macchime compositrici, non solo occorre paragonare le spese per energia, ma tener conto di altri fattori importanti come il costo dell'impianto, la spesa di manutenzione, la durata e la sicurezza dell'esercizio e i vantaggi di ordine igienico.

Il costo dell'energia consumata, elemento principale, dipende dalla grandezza e forma della linea da comporre, dalla scelta del metallo e del suo punto di fusione nonchè dal sistema di costruzione e d'isolamento adottato.

Tabella I.

*Esperienze eseguite nel 1926 nell'Istituto del gas di Karlsruhe*

| | Consumi di | | Rapporto consumi |
|---|---|---|---|
| | elettricità in kWh | gas in mc | |
| *Riscaldamento preliminare* | | | |
| Consumo di energia o di gas . | 2,4 | 0,816 | 2,95:1 |
| *Riscaldamento corrente :* | | | |
| Consumo per kg di composizione ................. | 0,153 | 0,086 | 2,24:1 |
| Consumo orario .......... | 0,96 | 0,431 | 2,23:1 |
| *Consumo complessivo* per otto ore di lavoro ........... | 10,08 | 4,264 | 2,36:1 |

N. B. - La durata del riscaldamento preliminare è stata di 90 e 57 minuti rispettivamente per l'elettricità e per il gas.

Nella tabella I sono riportati i risultati di ricerche comparative eseguite nel 1926; tali cifre non sono integralmente paragonabili perchè il riscaldamento a gas era fatto con gas in pressione e non si era tenuto conto del consumo di energia del compressore; la temperatura di fusione del metallo era di 280° a 290° sia in questo caso che in quello della tabella seguente che raccoglie i risultati di prove fatte in eguali circostanze in una grande stamperia di giornali di Vienna nel 1930.

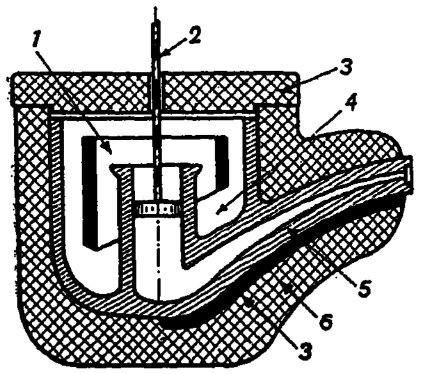



Fig. 1 *a*).

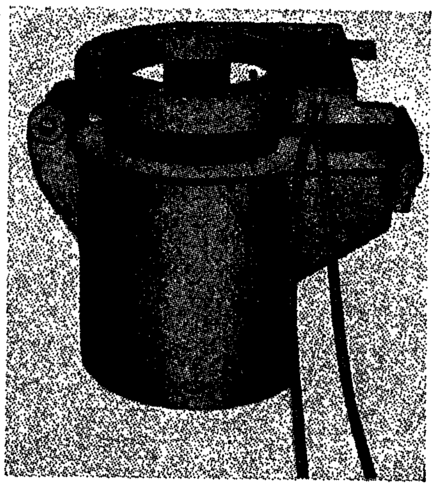


Fig. 1 *b*).

Fig. 1 *a*) e *b*). - Disposizione degli elementi riscaldanti e dei collegamenti in una macchina compositrice.

1) Riscaldatore elettrico ricambiabile.
2) Stantuffo premente.
3) Coibente.
4) Crogiolo.
5) Orificio di getto.
6) Riscaldatore elettrico fisso.

TABELLA II.

*Esperienze eseguite a Vienna nel* 1930.

| | Consumi di elettricità in kWh | Consumi di gas in mc | Rapporto consumi |
|---|---|---|---|
| *Riscaldamento preliminare:* | | | |
| Consumo di energia o di gas . | 1,58 | 0,83 | 1,9:1 |
| *Riscaldamento corrente:* | | | |
| Consumo per kg di composizione .................. | 0,166 | 0,131 | 1,27:1 |
| Consumo orario .......... | 0,587 | 0,45 | 1,30:1 |
| *Consumo complessivo* per otto ore di lavoro ............ | 6,28 | 4,43 | 1,42:1 |

N. B. - La durata del riscaldamento preliminare è stata di 75 ÷ 70 e 105 ÷ 50 minuti rispettivamente per l'elettricità e per il gas.

Esperienze più complete ed esaurienti furono eseguite dal maggio al luglio 1931, presso l'Unione tipografica tedesca a Lipsia, applicando ad una macchina compositrice linotype « Simplex » diversi sistemi di riscaldamento e facendola, volta per volta, funzionare per tre giorni in condizioni assolutamente eguali e cioè con il medesimo compositore e con la medesima composizione. I tre sistemi di riscaldamento elettrico, I, II e III,

TABELLA III.

*Esperienze eseguite dall'Unione tedesca dei tipografi, a Lipsia nel maggio-luglio* 1931.

| | Consumi di elettricità I | elettricità II | elettricità III | gas I | gas II | (+) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Riscaldam. prelimin.* | | | | | | |
| Consumo ....... | 1,247 | 1,177 | 1,207 | 0,96 | 0,726 | 0,28 |
| *Riscaldam. corrente:* | | | | | | |
| Consumo per kg composizione .. | 0,09 | 0,099 | 0,079 | 0,077 | 0,069 | 0,041 |
| Consumo orario .. | 0,555 | 0,586 | 0,482 | 0,469 | 0,406 | 0,244 |
| *Consumo complessivo* per otto ore di lavoro .......... | 5,68 | 5,88 | 5,07 | 4,72 | 3,974 | 2,23 |
| Durata riscaldamento preliminare in minuti ......... | 60 | 65 | 55 | 70 | 68 | |

erano i più moderni, il riscaldamento a gas sistema I era con bruciatore normale ed il riscaldamento a gas sistema II era con gas in pressione; a eccezione di quello a gas in pressione tutti erano muniti di regolatore automatico di temperatura a 280° C. La lega conteneva 3,56 % di zinco, 11,72 % di antimonio e 0,13 % di arsenico e veniva rinnovata ogni giorno; il corpo adoperato era il « cicero 24 ». Nelle otto ore vennero composte in media 636 linee, pari a 48,6 kg; dalla tabella III, appare come praticamente il consumo di energia elettrica in kWh sia pari, o di poco superiore, a quello di gas espresso in mc.

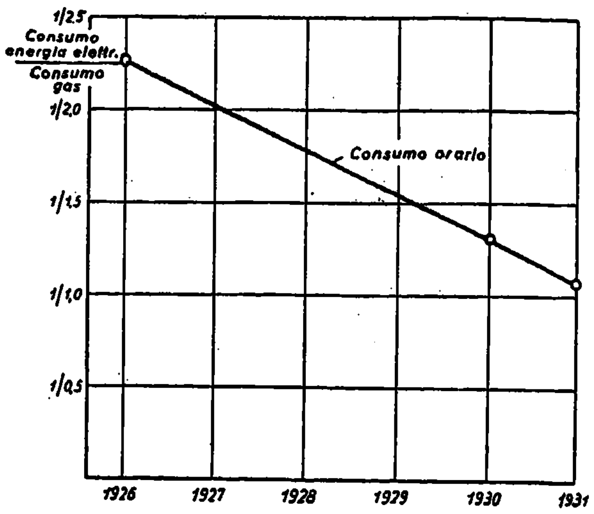



Fig. 2. - Rapporto dei consumi orari di elettricità e di gas, nel riscaldamento delle macchine compositrici (1926-1931).

La fig. 2 fa risaltare l'enorme progresso avvenuto dal 1926 ad oggi, poichè allora ad un mc corrispondevano invece 2 kWh. Col riscaldamento elettrico si ottiene facilmente una ripartizione più uniforme del calore, necessaria affinchè il metallo possa trovarsi nelle migliori condizioni per il getto, mentre col gas occorre magari sacrificare l'economia del consumo.

Oltre al consumo limitato di energia, il riscaldamento elettrico presenta numerosi altri vantaggi, la costanza della temperatura necessaria per un buon lavoro; col gas, si sono applicati dei regolatori automatici di temperatura, ma in pratica essi non possono funzionare: sono sempre da temersi dei colpi di fiamma che, producendo un surriscaldamento locale, possono dar luogo a dannose leghe ferro-piombo. La durata e la sicurezza di esercizio degli apparecchi elettrici, oggi assai semplificati, è almeno eguale a quella degli apparecchi a gas; la manutenzione è maggiore col gas per il frequente ricambio dei becchi. Quanto alle condizioni igieniche è intuitivo che il lavoro, specialmente in caso di parecchie macchine in locale ristretto, si svolge assai più disagiato col gas, anche quando si sia provvista la ventilazione artificiale, con conseguente minor rendimento e maggiori pretese del personale. Viene citato il caso di una stamperia nella quale, col gas, si dovevano almeno ogni anno imbiancare le pareti e il soffitto, mentre, dopo l'adozione dell'elettricità, non occorreva più far ciò che ogni tre o quattro anni.

Il numero delle macchine compositrici riscaldate elettricamente in Germania è andato aumentando progressivamente da 1000 nel 1922 ad 8000 nel 1930. Per un esercizio di otto ore si devono calcolare circa 5 kWh per macchina con un consumo medio annuo di 1600 kWh; siccome la potenza media assorbita è di 1,2 a 1,3 kW per macchina, ciò corrisponde ad una utilizzazione di circa 1300 ore all'anno. In tali cifre non è naturalmente stato tenuto conto della possibilità di lavorare anche con due turni giornalieri, uno dei quali allora capita per lo più di notte; si tratta in conclusione di una buona clientela che le aziende elettriche non dovrebbero lasciarsi sfuggire.

f. f.

---

# Sommarî

---

**Prove sui materiali.** – ING. LEHR. *Zeitschrift des V.D.I.*, 1931/46.

L'A. passa in rassegna i principali metodi oggi in suo per la prova dei materiali da costruzione, illustrando brevemente anche lo stato attuale delle conoscenze relative alla natura e alle proprietà dei materiali stessi. L'articolo comprende quattro parti dedicate rispettivamente: ai metalli (ghise, metalli lavorati ad alta temperatura, resistenza alle vibrazioni ecc.); alle sostanze inorganiche non metalliche (pietre, cementi, calcestruzzo, beton armato); alle sostanze organiche (asfalto, legno; invecchiamento, viscosità, ecc.); a questioni di carattere generale.

**Il moto dell'acqua nei corsi naturali ed artificiali.** – ING. REUTHER. *Deutsche Wasserwirtschaft*, 1931/11.

L'A. tratta successivamente delle condizioni generali di deflusso lungo corsi d'acqua naturali ed artificiali, delle relazioni fra profilo longitudinale di un corso d'acqua, superficie di scolo, portata, velocità e sezione d'efflusso; delle relazioni fra cadente del pelo d'acqua e velocità d'efflusso, e fra portata, sezione bagnata e altezza idrometrica; infine, del moto dell'acqua nei canali aperti e chiusi a pelo libero e delle altezze di rigurgito ammissibili nei canali a profilo chiuso.

***

**Origine e portata specifica di diverse forme di lame stramazzanti.** – ING. KEUTNER. *Die Bautechnik*, 1931/50.

L'A. riporta i risultati di varie esperienze eseguite (nel laboratorio idraulico del Politecnico di Danzica) su stramazzi in parete sottile, allo scopo di stabilire le condizioni che presiedono a diverse modalità di efflusso, con portate crescenti e decrescenti. Ed in base ai risultati ottenuti stabilisce alcuni criteri per la determinazione approssimativa delle portate smaltibili nelle diverse condizioni di regime (più o meno stabile) sperimentate.

***

**L'approvvigionamento del pietrame e della sabbia per la diga del Saidenbach.** – ING. ZSCHELLE. *Die Bautechnik*, 1931/51.

Premesse alcune notizie generali sulla diga in oggetto (prevista in muratura di pietrame e malta cementizia) e sulla natura geologica dei terreni interessati dalle cave di pietrame, l'A. descrive le varie installazioni predisposte per l'estrazione, la vagliatura, la lavatura e il trasporto in opera del pietrame necessario, nonchè per la preparazione della sabbia.

***

**La spinta del calcestruzzo colato sui casseri di gettata.** – INGG. SCHINKEL e SCHONFELDER. *Die Bautechnik*, 1931/51.

Gli AA. riferiscono sui risultati di varie misure e ricerche da essi eseguite in alcuni cantieri tedeschi. I valori delle pressioni misurate sulle pareti dei casseri sono riportati in funzione del tempo e dell'altezza degli strati di calcestruzzo gettati.

***

**L'effetto di uno sbarramento sopra un corso d'acqua ad alveo mobile.** – ING. I SCHREYER. *Die Bautechnik*, 1931/53.

Con riferimento al caso specifico di uno sbarramento mobile a paratoie piane costruito sul fiume Inn nel 1922, l'A. tratta delle ripercussioni di tali opere sulle variazioni dell'alveo, sia per riguardo ai depositi di materiale detritico durante i periodi di invaso, che per riguardo ai fenomeni di trascinamento e di erosione conseguenti all'apertura delle paratoie. La nota è corredata di numerosi dati d'osservazione.

***

**La spinta trasmessa dall'acqua ad una diga di ritenuta, nel caso di terremoto.** – ING. WESTERGAARD. *Proceedings*, 1931/9.

L'A. analizza le sollecitazioni cui può venire sottoposta una diga di ritenuta in caso di terremoto (sia ondulatorio che sussultorio) specialmente in rapporto ad eventuali fenomeni di risonanza dovuti al movimento oscillatorio che tende ad assumere la massa d'acqua del serbatoio.
E stabilisce alcune formule approssimative per il calcolo delle sollecitazioni originate dal movimento dell'acqua.

***

**La costruzione di un impianto idroelettrico nel N. Ontario, durante i mesi invernali.** – INGG. HUTCHINSON e LEGGET. *Eng. News Record*, 1931, Vol. 107, n. 18.

Premesso un breve cenno descrittivo dell'impianto in oggetto, che comprende anche una diga di ritenuta, gli AA. illustrano le condizioni climatiche della località e descrivono ampiamente i metodi costruttivi adottati ed i provvedimenti presi per la protezione, contro il gelo, delle opere in calcestruzzo, durante e subito dopo la loro gettata. Danno inoltre notizia della composizione adottata per i calcestruzzi e dei metodi di confezione dei medesimi.

***

**Il rapporto cemento: acqua e la composizione dei calcestruzzi.** – ING. LYSE. *Eng. News Record*, 1931. Vol. 107, n. 19.

L'A. propone un criterio per la determinazione delle caratteristiche di resistenza e di bontà dei calcestruzzi, basato sopra lo studio dell'influenza del rapporto (in peso) cemento: acqua.

***

**Protezione di una diga in terra contro i terremoti.** – *Eng. News Record*, 1931. Vol. 107, n. 19.

L'A. illustra brevemente i provvedimenti presi — in via sperimentale — per la protezione della diga in terra di Cogoti nel Cile.

***

**L'impiego del cemento spruzzato nella costruzione di opere idrauliche.** – ING. STEWART. *Eng. News Record*, 1931. Vol. 107/21.

L'A. si occupa dell'esecuzione di rivestimenti (di vasche e canali) con malta di cemento spruzzata ed armata e riporta i risultati di varie ricerche di laboratorio e di cantiere sulla composizione, la confezione e la messa in opera delle malte spruzzabili.

---

# Pubblicazioni

---

*I discorsi sulla luce del Signor Simplicio raccolti da Tizio (Uomo della strada)*. Con presentazione dell'ING. CARLO CLERICI. Milano, Arti Grafiche E. Calamandrei, 1932-X, pagg. 161. Prezzo L. 6.

Non è la prima volta che anche fra noi vengono discusse le moderne teorie sulla costituzione della materia e sopratutto sull'essenza dell'energia raggiante: questo libretto, scritto per chi possegga già un buon corredo di idee sui fenomeni fisici, viene in buon punto a soddisfare il desiderio di molti che, non del tutto convinti, hanno « in pectore » molte obiezioni da elevare contro alcune delle nuovissime ipotesi, ma non le sanno concretare con precisione e tanto meno opporre altre spiegazioni.
L'operetta è scritta in forma di dialogo fra il galileiano Simplicio, redivivo, ed un certo Tizio facilmente individuabile in un Ingegnere milanese notissimo nell'ambiente dell'industria elettrica e stimato sia per la sua competenza sullo studio dei fenomeni che interessano l'illuminazione che pel brillante suo spirito che ne fa un volgarizzatore prezioso. È il caso di dire « hodie mihi, cras tibi », perchè il buon Simplicio, che nei celebri dialoghi fa tutt'altro che la parte del più acuto interlocutore, questa volta è invece quello che domina il discorso: la parte da lui recitata trecent'anni or sono è divenuta il ruolo di Tizio, il quale, nonostante una energica difesa della nuovissima filosofia, finisce sempre ad andarsene con le pive nel sacco. Il Simplicio stile 1932 non si limita poi come quello più antico a discutere sul vecchio e sul nuovo sistema, ma introduce egli stesso delle ardite ed ingegnose ipotesi in gran parte nuove.
È un libro che si legge tutto d'un fiato e che mette assai bene in evidenza le più gravi obiezioni che si possono opporre alle teorie della modernissima fisica, in una forma che soddisfa tanto i convinti che i dubbiosi. Esso avrà certo un larghissimo successo nella classe di coloro, e sono molti particolarmente fra gli Ingegneri, che desiderano approfondire questo genere di studi, esaminando spassionatamente il pro ed il contro delle ultime ipotesi sulla struttura dell'universo.

***

GIORGIO MORTARA: *Prospettive economiche*. - Dodicesima edizione, 1932-X (Edita sotto gli auspici dell'« Università Bocconi », Milano), Pag. 615. L. 50.

Il solerte Prof. Mortara ha ancora una volta raccolto e condensato un tesoro di dati statistici del più alto interesse nel volume che Egli pubblica annualmente.

Il momento critico che tutto il mondo attraversa rende più interessante che negli anni precedenti la rassegna che il Prof. Mortara fa di tutte le attività economiche: e la sua lettura riveste un interesse che invano si cercherebbe in altre opere del genere. L'illustre Autore, che si è specializzato in questo genere di lavoro, possiede un altissimo spirito critico che gli permette di fissare per ogni fatto economico una « silhouette » alla quale non si saprebbe nè aggiungere nè togliere una parola per renderla più chiara e persuasiva.

Segnaliamo, al solito, i capitoli sui combustibili e quello sull'energia idroelettrica, che saranno letti con interesse e con profitto da tutti coloro che si interessano alla nostra industria. Anche negli altri capitoli che riguardano i mercati e le industrie, i trasporti, le vicende monetarie e la finanza ognuno può trovare notizie e considerazioni interessanti.

Ripetiamo quanto avemmo a dire altra volta: le « Prospettive » sono un libro che dovrebbe trovarsi sul tavolo di tutti i dirigenti Imprese elettriche.

***

ANGELO DRIGO: *Intorno a un metodo di misura di piccolissime variazioni di resistenza elettrica.* (Venezia, Officine Grafiche Carlo Ferrari, 1931-IX).

ANGELO DRIGO: *Variazioni di resistenza elettrica in fili di nichel per magnetizzazioni trasversali a temperature diverse.* (Venezia, Officine Grafiche Carlo Ferrari, 1932-X).

Si tratta di due memorie presentate al *Reale Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti.*

Nella prima di esse l'A. presenta la trattazione teorico-sperimentale di un metodo da lui studiato per la misura delle variazioni della resistenza elettrica, metodo di speciale esattezza e sensibilità, essendo capace di rivelare variazioni di resistenza anche dell'ordine di $10^{-6}$ ohm.

Il metodo descritto è stato poi applicato dall'A. stesso per le misure descritte nella seconda delle note inviateci: si tratta cioè di misurare piccole variazioni di resistenza in metalli magnetici per effetto di magnetizzazioni trasversali. Prendendo le mosse dalle ricerche di Dorfman, Gerlach e Potter, l'A. ha cercato di spiegare le variazioni di resistenza del nichel in campo trasverso e di trovare nuove relazioni fra magnetizzazione e variazioni di resistenza. Questo studio potrebbe forse contribuire efficacemente alle ricerche sull'andamento della magnetizzazione nei metalli ferromagnetici.

# Libri ricevuti

DR. ING. MICHAEL SEIDNER: *Energiewirtschaft.* Ed. Julius Springer, 1930. Wien u. Berlin.

Studio sugli aspetti economici della produzione di energia elettrica con impianti termici ed idraulici e sull'utilizzazione combinata di tali impianti.

***

DR. ING. RICHARD HOFBAUER: *Osterreichszukunftige Energiewirtschaft.* Ed. Julius Springer, 1930. Wien u. Berlin.

Disponibilità (combustibili e risorse idriche) e fabbisogno d'energia. Utilizzazione presente e futura delle risorse disponibili. Problemi economici relativi alla produzione di energia in Austria.

***

*A T M – Archiv für technisches Messen.*

Segnaliamo ai nostri lettori questa nuova Rivista, che copre il campo così vario e interessante delle misure tecniche.

Ne è direttore il prof. dott. ing. Giorgio Keinath, ben noto specialista per le misure elettriche, e ad essa collaborano numerosi altri tecnici specializzati.

La pubblicazione, edita dalla Casa R. Oldenbourg di Monaco, esce in fascicoli mensili di 30 a 40 pagine di testo; ogni fascicolo costa RM 1,50. Il primo numero è uscito nel luglio 1931.

# Notiziario

## ESITO DEI CONCORSI G. E. FALK PER PROGETTI DI COSTRUZIONI A STRUTTURA DI ACCIAIO.

La Commissione giudicatrice dei Concorsi G. E. Falck banditi dall'Associazione Nazionale Fascista fra gli Industriali Metallurgici Italiani per progetti di costruzioni a struttura di acciaio, ha chiuso in questi giorni i suoi lavori, deliberando le seguenti assegnazioni di premi:

Per il 1º Concorso, per il quale, a termini del bando, si richiedeva una trattazione descrittiva dei tipi e metodi costruttivi con un'indagine comparativa sulla convenienza tecnica ed economica dell'impiego dell'acciaio nelle ordinarie costruzioni di abitazione cittadina, la Commissione ha deliberato l'assegnazione del premio di L. 15 000 al progetto dell'Ing. Bruno Bolis di Milano, ed ha in seguito assegnato *ex aequo* tre premi di L. 4 000 al progetto presentato dagli Ingegneri ed Architetti E. G. Griffini, G. Manfredi, E. Faludi, a quello dell'Arch. E. Ratti ed a quello dell'Arch. G. Crescini.

Per il 2º Concorso che riguardava lo studio architettonico e statico di un fabbricato a struttura metallica per grandi magazzini di vendita del centro di una importante città, la Commissione non ha riscontrato il desiderato equilibrio fra i pregi estetici e statici dei progetti presentati al Concorso: alcuni originali ed encomiabili per le ardite soluzioni planimetriche ed estetiche hanno accusato una non completa preparazione degli autori all'utilizzazione razionale delle strutture metalliche, altri, veramente notevoli per lo sviluppo dato alla parte strutturale in acciaio, si sono mostrati alquanto scadenti nello studio architettonico e distributivo.

La Commissione ottemperando al preciso disposto del Bando di Concorso, faceva obbligo dell'assegnazione del premio, ed a titolo di incoraggiamento per il notevole contributo dato dai concorrenti allo studio dell'importante argomento, ha attribuito il premio di L. 15 000 al progetto presentato dagli Ingegneri ed Architetti G. Minoletti, G. Mazzoleni e M. Cavallè, ed ha in seguito assegnato *ex aequo* due premi di L. 8 000 al progetto degli Ingegneri ed Architetti E. G. Griffini, G. Manfredi, E. Faludi, e a quello degli Ingegneri e Architetti A. Melis e F. Masi, e due premi di L. 6 000 al progetto degli Ingegneri ed Architetti G. R. Padoni, F. Chiesa, G. Crescini, A. Mella, e a quello degli Ingegneri e Architetti F. Chiaromonte e A. Galli.

## CONGRESSO ELETTROTECNICO SUDAMERICANO

Il Presidente del Congresso, Ing. N. Besio Moreno, ci prega di comunicare che circostanze diverse hanno fatto decidere al Comitato esecutivo di rimandare la data della riunione, stabilita nel mese di luglio prossimo, al mese di aprile del 1933.

## CONCORSO A PREMIO PER LO STUDIO DI UN PROGETTO DI TRASFORMAZIONE FONDIARIA E DI COLONIZZAZIONE DI UNA ZONA DELLA PROVINCIA DI SASSARI

Il concorso, bandito dal Consiglio Provinciale dell'Economia Corporativa di Sassari il 30 marzo u. s., stabilisce un premio di L. 3000 per il concorrente vincitore. Il progetto sarà di massima e comprenderà una descrizione dei terreni (natura geologica, morfologica e attitudine agraria) e delle opere idrauliche, stradali e di trasformazione agraria di interesse generale, tratterà della costituzione di centro colonico o di appoderamento o di entrambi, del finanziamento e dei rapporti tra Ente colonizzatore e coloni.

Ogni monografia sarà presentata alla Segreteria del Consiglio in busta sigillata con due esemplari dattilografati e firmati con un motto e in altra busta vi saranno indicati, il nome, paternità, luogo ed anno di nascita, domicilio e motto del concorrente.

Una apposita Commissione esaminerà le monografie presentate non oltre il 31 ottobre 1932-XI e in base alle Sue proposte il Consiglio proclamerà inappellabilmente il vincitore.

Le monografie presentate restano di proprietà del Consiglio, che può disporne anche per stamparle; in tal caso spettano al concorrente cinquanta copie della sua monografia.

La partecipazione al Concorso implica la conoscenza del bando e del regolamento per l'assegnazione del premio.

SEN. PROF. O. M. CORBINO, *Direttore*
ARTI GRAFICHE E. CALAMANDREI & C. - MILANO
Fotoincisioni della « ZINCOGRAFICA » - MILANO
ING. ETTORE CESARI, *Redattore-Capo responsabile*

MILANO
Maggio 1932 - Anno X

Fascicolo V
Volume IX

# L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTICHE (FENAGRIEL)
*Direttore:* SENATORE O. M. CORBINO

Le opinioni espresse dagli autori e dai redattori non impegnano nè la Direzione, nè le Associazioni di cui la Rivista è l'organo

O. M. CORBINO

## La nuova meccanica (1)

Le controversie sulla natura corpuscolare od ondulatoria delle radiazioni costituiscono la parte più movimentata della Storia della Fisica. In alcuni casi, come per il suono e per le onde elettriche di bassa frequenza, il carattere vibratorio è direttamente percepibile dai nostri sensi; la grandezza di cui si percepisce la vibrazione ha un significato fisico concreto, ed essa resta ben definita e anzi più facilmente misurabile quando le vibrazioni, facendosi sempre più lente, conducono a un valore statico della grandezza medesima; esempio la pressione dell'aria nei fenomeni acustici, il campo elettrico nelle onde elettromagnetiche. Ma quando la frequenza diviene sempre più alta, come nei raggi luminosi, negli ultravioletti, nei raggi X e infine nei raggi $\gamma$ del radio, il carattere ondulatorio si rivela solo in modo induttivo attraverso il fenomeno dell'interferenza; mentre van sorgendo, col crescere della frequenza, dei nuovi fenomeni che la nostra mente non sa concepire se non come manifestazioni tipiche di natura corpuscolare. Così l'effetto fotoelettrico, che rivela la concentrazione in un punto, quello nel quale si sprigiona l'elettrone, di tutta l'energia che dovrebbe essere distribuita nell'intera e talvolta vastissima onda emanata dalla sorgente. Così l'esperienza di Compton e Simon, nella quale si *vede*, per quanto può aver senso la parola *vedere*, il punto nel quale il corpuscolo di luce incontra un atomo e lo ionizza.

Mentre il carattere corpuscolare diventa incontestabile, continuano però a verificarsi le manifestazioni ondulatorie, come le interferenze, e con tutte le particolarità previste dalla teoria classica; dal che si è dovuto concludere che le equazioni di Maxwell continuano a esser valide, con la sola variante che la grandezza $F$, la quale nelle basse frequenze rappresenta i valori oscillanti del campo elettrico, finisca col rappresentare una semplice probabilità che nel punto considerato si manifesti un quanto di luce. Con ciò i simboli della teoria ondulatoria perdono il loro ordinario significato fisico; ed essa si converte in un algoritmo di misteriosa efficienza, atto a prevedere la legge di distribuzione seguita dai quanti di luce nell'addensarsi o diradarsi nei vari punti dello spazio.

Sorge allora un quesito. Ci sono delle radiazioni sulla cui natura corpuscolare non è permesso alcun dubbio; per esempio i raggi catodici costituiti da elettroni, ovvero i raggi X, e i raggi canale costituiti addirittura da atomi, cioè da materia ordinaria in movimento.

Le prove che abbiamo della natura corpuscolare di questi raggi non sono però più sicure di quelle che ci sono fornite dai raggi luminosi di alta frequenza, che tuttavia sono legati a quel processo ondulatorio che ne determina e regola l'addensamento o la rarefazione nelle figure d'interferenza o di diffrazione. Ma tali figure d'interferenza o di diffrazione per esperienze recenti si sono anche ottenute coi raggi elettronici e perfino coi raggi di materia; nulla permette dunque di escludere che anche questi siano dominati da un corrispondente algoritmo ondulatorio, come lo sono i raggi di luce; con la semplice differenza che mentre questi ci sono conosciuti con tutti i valori della lunghezza d'onda, compresi quelli molto grandi che ne rendono per così dire tangibile il carattere ondulatorio, i raggi di materia possiedono un rango di lunghezze d'onda così piccole da manifestarsi normalmente e prevalentemente col carattere corpuscolare.

In queste considerazioni risiede il substrato fondamentale della Nuova Meccanica. Non si creda però che tali considerazioni possano condurre a ritenere che, a parte il rango di lunghezze d'onda, i raggi di luce e quelli di materia siano la stessa cosa, così come a parte la frequenza sono la stessa cosa le onde hertziane e i raggi ultrarossi. Nel caso degli elettroni in moto e dei quanti di luce identità di algoritmo non vuol dire identità di natura. Bastano a differenziarli due caratteri essenziali. L'elettrone trasporta una carica elettrica, e sotto l'azione di un campo elettrico può prendere tutte le velocità, con un solo limite superiore, la velocità della luce. Invece il quanto di luce non trasporta cariche, ed è perciò insensibile all'azione dei campi elettrici o magnetici; inoltre esso nel vuoto non può assumere che una sola velocità, quella della luce, e si manifesta con quella velocità fissa e inalterabile a qualunque osservatore in quiete o in movimento, e qualunque sia lo stato di quiete o di moto della sorgente che lo ha espulso. Queste entità, l'elettrone e il protone da una parte, e il quanto di luce dall'altra, sono quindi essenzialmente diverse, pure avendo in comune, come vedremo, il formalismo matematico della teoria ondulatoria.

***

L'analogia fra l'andamento di un fascio di luce e la traiettoria di una particella materiale (percorso rettilineo, riflessione su un ostacolo, ecc.) apparve così suggestiva nei tempi anteriori a Huyghens da far sorgere la teoria corpuscolare della luce, assimilante la luce a un flusso di corpuscoli con grande velocità. Il fatto che una particella materiale può procedere, se agiscono

(1) Conferenza promossa dal locale Seminario matematico e fisico, e tenuta il giorno 23 aprile 1932, nell'Aula di Fisica del Palazzo delle Scienze di Milano.

delle forze, secondo delle linee curve ha una specie di analogo in ottica geometrica qualora un fascio sottile si propaghi in un mezzo di cui l'indice di rifrazione vari con continuità, come naturalmente avviene nell'aria atmosferica a diverse altezze.

Ci si può anzi porre il problema di far corrispondere a una traiettoria qualunque di una particella la forma di un fascetto di luce. Se la particella, di massa $m$ e velocità $v$, non si muove rettilineamente ciò è dovuto all'intervento di forze che nei sistemi conservativi dipendono da un potenziale. L'energia totale $E$ della particella, composta della forza viva $\frac{1}{2} m v^2$ e dell'energia potenziale $U$, sarà costante nel movimento. Orbene: se si fabbrica un mezzo nel quale la luce abbia una velocità $V$ di propagazione mutevole da punto a punto, data da

$$\frac{1}{V} = \text{cost.} \times \sqrt{\frac{1}{2} m\, v}, \qquad (1)$$

e un indice di rifrazione corrispondente, allora la traiettoria della particella e la forma curvilinea assunta dal fascio di luce si identificano. Il mezzo così costruito e il fascio di luce che lo attraversa costituiscono pertanto un modello della traiettoria della particella.

La costruzione del modello non richiede la conoscenza preliminare del movimento di questa; poichè avendosi

$$E = \frac{1}{2} m\, v^2 + U = \text{costante}$$

basterà sapere come è distribuito $U$ nello spazio per dedurne la distribuzione dei valori di $v$, e quindi della velocità $V$ della luce in base alla (1) che diventa:

$$\frac{1}{V} = \text{cost.} \times \sqrt{E - U} \qquad (1')$$

Noi vogliamo adesso perfezionare il modello in modo da renderlo più comodo e più aderente alla realtà. Intanto si osservi che se con la stessa distribuzione spaziale del potenziale la particella possiede inizialmente, in una nuova esperienza, una diversa forza viva, data l'espressione (1') di $V$ si dovrebbe a ogni nuova esperienza cambiare la struttura del mezzo ottico, poichè $V$ dipende da $E$. Inoltre noi possiamo proporci che il modello non soltanto ci dia coi suoi raggi curvilinei la forma della traiettoria della particella, ma ci riveli anche la posizione che essa occupa nei successivi istanti. Questo può essere ottenuto facendo corrispondere alla particella, che occupa una piccola porzione di spazio, non una massa di luce di grande estensione, ma un pacchetto di luce.

Si immagini un proiettore che emana un fascio sottile monocromatico e che sia munito di un otturatore il quale si apra e si richiuda in un tempo estremamente breve, così da lanciare, una volta tanto, uno spezzone corto e sottile di luce. Noi vogliamo che questo globulo luminoso, muovendosi nello spazio, riproduca il movimento della particella. A prima vista ciò appare impossibile perchè mentre questa si muove con la velocità $v$, le onde luminose della luce del proiettore viaggiano con la velocità $V$ già fissata e che come si vede dalla (1) è del tutto diversa da $v$.

E qui soccorre una interessante proprietà dei raggi di luce. Le teorie classiche hanno dimostrato, e le esperienze di Foucault hanno confermato, che quando uno spezzone di luce si propaga in un mezzo dispersivo, esso procede non più con la velocità $V$ del fascio non interrotto, ma con velocità differente. Si dimostra che la velocità $a$ di uno spezzone di luce in un mezzo dispersivo è legata alla velocità $V$ della luce continua dalla relazione

$$\frac{1}{a} = \frac{d \frac{\nu}{V}}{d \nu}$$

dove $\nu$ è la frequenza della luce del fascio continuo.

Basterà allora servirsi di un mezzo avente una legge di dispersione conveniente perchè $a$ coincida con $v$. E poichè mutando il colore della luce del proiettore cambierà il tragitto del globulo nel mezzo, essendo con la nuova luce adoperata diverso l'indice di rifrazione; e poichè, d'altra parte anche la traiettoria della particella cambia se essa parte con una energia totale $E$ differente, sarà *comodo* allo scopo di adoperare sempre lo stesso mezzo come modello di tutti i casi in cui la particella si muove nello stesso campo di forze, ma con energia $E$ differente, far corrispondere a ogni valore di $E$ un colore adatto della luce del proiettore; così che in qualunque esperienza il globulo di luce segua la particella nel suo movimento. Orbene: questo risultato si ottiene assumendo come legge di dispersione e come corrispondenza fra $E$ e $\nu$ quelle stabilite dalle leggi seguenti:

$$\frac{1}{V} = \frac{m\, v}{E} = \frac{\sqrt{2\, m\, (E - U)}}{E} \qquad (2)$$

$$E = b\, \nu, \qquad (3)$$

dove $b$ è una costante.

Siamo così in grado di costruire un modello ottico che riproduce in tutti gli aspetti macroscopici tutte le particolarità meccaniche del moto di una particella dotata di massa $m$ e di una energia potenziale derivante da una qualunque distribuzione di forze.

Naturalmente il trasporto al problema meccanico dei risultati forniti dal modello ottico va fatto con cautela. Per esempio alla superficie di separazione di due mezzi con diverso indice di rifrazione corrisponde una superficie sulla quale il potenziale subisce una variazione discontinua; ora nel linguaggio dell'ottica la luce che arriva alla superficie di separazione di due mezzi si *divide* in due parti; e cioè una parte si riflette e l'altra penetra nel secondo mezzo. Questo non significherà che la particella materiale davanti ad una zona di discontinuità del potenziale si spezzi in due. Del problema ottico va invece presa l'interpretazione quantistica già accennata: che cioè l'intensità della luce nel caso di processi elementari e isolati è sostituita dal concetto di probabilità. E perciò le proporzioni d'intensità della luce riflessa e rifratta diventeranno nel problema meccanico probabilità che la particella ritorni indietro nella prima regione o che invece penetri nella seconda. È quello che effettivamente si pensa che avvenga nei quanti di luce.

Si osservi ora che il modello ottico in talune condizioni sperimentali non obbedisce più alle leggi dell'ottica geometrica, ma rivela tutta la fenomenologia dell'ottica fisica (interferenza e diffrazione). Orbene: Schrödinger ha avuto la singolare concezione di ammettere che anche in quei casi esso continua a essere il modello della realtà meccanica, e che perciò la particella darà in quei casi delle manifestazioni diverse da quelle previste dalla Meccanica classica.

Ho già detto che in generale il modello ottico è alquanto complicato, per la circostanza poco consuetudinaria che si ha da fare con un mezzo a indice di rifrazione variabile. Ma alcuni particolari problemi meccanici hanno come analogo degli schemi ottici il cui funzionamento è già noto o è facilmente intuibile. Trovando così bell'e pronta la soluzione del problema ottico, essa ci servirà per prevedere, almeno qualitativamente, l'andamento del problema meccanico. Diremo anzi che poichè le equazioni dell'ottica geometrica e fisica sono sostanzialmente comuni a tutti i fenomeni di propagazione per onde, e in particolare si hanno equazioni identiche per la trasmissione del suono in un mezzo con velocità $V$, si potrà talvolta ricorrere a un analogo acustico, anzichè a un ottico, come modello del ricercato processo meccanico.

Come primo esempio consideriamo un elettrone che venga accelerato in un campo elettrico e poi, con la velocità acquistata, si propaghi in uno spazio libero da forze e con potenziale zero. Il suo modello ottico sarà un pacchetto di luce di frequenza

$$\nu = \frac{\frac{1}{2} m v^2}{b}$$

che si propaga in un mezzo di indice di rifrazione

$$n = \frac{C}{V}$$

Si ha, per la (2) e la (3)

$$V = \frac{b\nu}{mv}$$

In questo mezzo la luce del modello avrà quindi una lunghezza d'onda

$$\lambda = \frac{V}{\nu} = \frac{b}{mv} \qquad (4)$$

ed essa darà luogo a fatti di interferenza e di diffrazione corrispondenti a questa lunghezza d'onda.

A chi conoscesse solo le leggi dell'ottica geometrica l'osservazione dei fenomeni di diffrazione procurerebbe la sorpresa di trovare luce dove l'ottica geometrica non ne prevede; ciò che solo l'ottica fisica giustifica.

Analogamente se il posto dove può trovarsi una particella ovvero un elettrone è determinato dal modello ottico, lo si deve poter trovare là dove la meccanica classica, che corrisponde all'ottica geometrica, non permetterebbe affatto di prevedere.

Ora la realtà sperimentale conferma questa singolare e inattesa conseguenza della Nuova Meccanica. Se si ripete infatti l'esperienza di Laue sul passaggio attraverso una lamina cristallina di un fascio di raggi X adoperando, invece di questi, un fascio di elettroni in moto (raggi catodici) si trovano dei diagrammi di diffrazione analoghi. E la corrispondenza è perfetta se si ricorre a raggi catodici di velocità convenientemente scelta in confronto alla lunghezza d'onda $\lambda$ dei raggi X. Le esperienze fatte da Davisson e Germer, e poi da molti altri, rivelano che per avere identità di diagrammi, cioè similitudine fra raggi X di lunghezza d'onda $\lambda$ e raggi elettronici di velocità $v$ deve essere

$$\lambda = \frac{6{,}55 \times 10^{-27}}{m\,v}$$

Cioè dev'essere verificata la (4) *dando a $b$ il valore della costante $h$ di Planck.*

Così ad elettroni di 100 Volt, di velocità $6 \times 10^8$ cm/sec corrispondono raggi X di lunghezza d'onda $\lambda = 1{,}2$ Angstrom.

Si può dire perciò che anche gli elettroni, e perciò la materia, danno fenomeni di diffrazione e d'interferenza come la luce; pur presentando, come questa, manifestazioni di carattere corpuscolare. Ma l'esperienza ci fornisce in più una nuova indicazione. E cioè mentre la riproduzione che l'ottica geometrica dà della Meccanica classica è fedele, secondo l'equazione (2), con la posizione

$$E = b\nu$$

e per *qualunque valore* di $b$, l'estensione della analogia e l'efficacia del modello nel campo dell'ottica fisica da una parte e della Meccanica nuova dall'altra richiede che nella (4) la costante $b$ che era arbitraria sia scelta proprio eguale alla costante $h$ di Plank.

Questa circostanza è particolarmente significativa. Tutte le volte invero in cui un fenomeno si manifesta con caratteri tali da non essere facilmente spiegabile con gli schemi della fisica classica l'andamento del fenomeno è tale da essere quantitativamente connesso con una grandezza $h$ di valore numerico specificatamente determinato.

Citiamo: la ripartizione dell'energia nello spettro del corpo perfettamente nero, la relazione fra la forza viva degli elettroni espulsi nel fenomeno fotoelettrico e la frequenza della luce incidente; la relazione fra l'energia di un elettrone in moto e la frequenza della luce emessa da un atomo quando è colpito dall'elettrone stesso; la relazione fra la lunghezza d'onda dei raggi X diffusi da un corpo e quella minore dei raggi X incidenti (effetto Compton); la distanza fra le componenti di una riga scomposta da un campo elettrico (effetto Stark); i valori delle costanti nelle serie delle righe spettrali, ecc. In tutti questi casi si manifesta insieme con alcune costanti naturali, come la carica e la massa dell'elettrone, un numero che risulta dall'esperienza sempre eguale a $6{,}55 \times 10^{-27}$, e che è la costante $h$ di Planck.

L'avere nel nostro caso trovato che il procedimento di Schrödinger applicato al moto libero di un elettrone conduce a un fenomeno non classico, la diffrazione degli elettroni e della materia nei reticoli cristallini, fenomeno che è sperimentalmente legato ancora a quel valore di $h$, è sufficiente per dare una base di grande attendibilità al procedimento medesimo. Ma lo studio del moto della particella fatto col considerare, in vece di questa, un pacchetto di luce ci rivela un'altra particolarità di grande importanza.

L'equivalenza cinematica fra pacchetto di luce e particella presuppone che il primo sia stato fabbricato di dimensioni assai piccole, paragonabili con quelle della particella, senza di che il modello non ci darebbe con sufficiente precisione la posizione di questa. Occorre perciò servirsi di un frammentino assai corto di raggio luminoso. Ma quando un raggio luminoso monocromatico viene così spezzato prendendone un frammento esso perde il carattere della monocromaticità. Esaminato allo spettroscopio il raggio continuo darebbe una riga estremamente sottile, lo spezzone darà una riga *espansa*, come se alla luce della frequenza primitiva se ne fossero aggiunte delle altre contigue di frequenza leggermente diversa. Si deve anzi a questa diffusione laterale della frequenza primitiva se il pacchetto, nel suo insieme, si muove in un mezzo dispersivo con velocità diversa da quella del raggio continuo, circostanza di cui ci siamo opportunamente serviti per poter imporre al pacchetto la velocità della particella di cui esso è il modello.

Ne consegue che se noi vogliamo fissar bene la posizione della particella dobbiamo fare assai corto il frammento; ma più lo spezzone è corto più è grande l'espansione spettrale della riga, e impura la frequenza. Ora alla frequenza abbiamo fatto corrispondere rigorosamente l'energia della particella; e pertanto se è mal determinata la frequenza del pacchetto sarà mal determinata la sua corrispondenza con l'energia e quindi con la velocità della particella. Si vede da ciò che il modello presenta un difetto intrinseco: di non permettere cioè che una previsione imprecisa del moto della particella; nel senso che se fornisce fedelmente la posizione di questa non ce ne prevede esattamente la velocità, e viceversa.

Orbene: questo inconveniente del modello non è un difetto del metodo ma corrisponde a una realtà intrinseca del moto di una particella che costituisce il « principio di indeterminazione ». Per virtù di questo la posizione e la velocità di una particella non possono essere fissate, con qualunque procedimento di misura, se non con una certa approssimazione che non è difetto dei metodi di misura ma barriera insuperabile e naturale della nostra conoscenza. Heisenberg ha dimostrato che con qualunque artificio una esperienza dalla quale siano eliminate anche tutte le imperfezioni strumentali e di osservazione non può mai condurre alla determinazione contemporanea ed esatta della posizione e della velocità dell'elettrone. E perciò se il pacchetto di luce che abbiamo preso a modello del moto della particella ci dà le incertezze di cui abbiamo parlato, tali incertezze non sono introdotte dal modello, ma esso riproduce anche in ciò la realtà.

Queste considerazioni hanno un peso tanto maggiore in quanto quella imprecisione prevista teoricamente e valutata

direttamente in molte esperienze concettuali da Heisenberg è connessa, nel suo valore numerico, alla costante $h$ di Planck; e questa circostanza che non può essere accidentale è estremamente suggestiva, forse più per un fisico sperimentale che per un teorico.

Esaminiamo altri esempi. Per il primo ci serviamo di un modello acustico. Si abbia una particella $A$ mobile liberamente

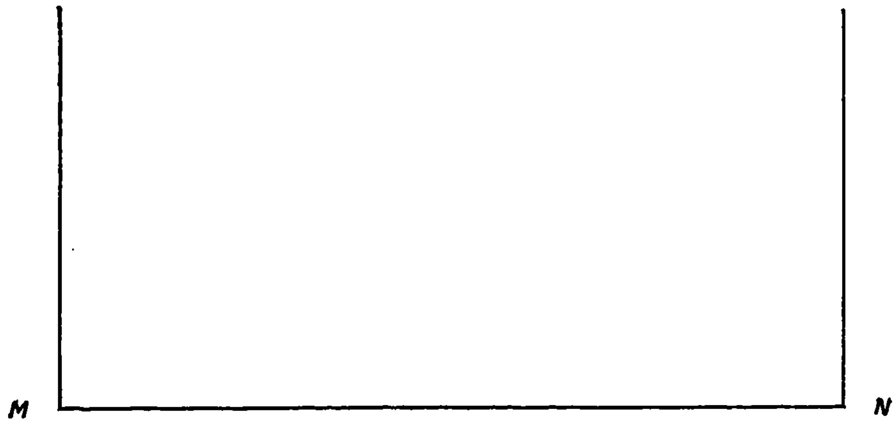



Fig. 1.

e senza attrito lungo il segmento $MN$, limitato da due pareti elastiche tali che la particella debba rimbalzare con pari velocità appena giunta sulla parete. Si potrà esprimere ciò dal punto di vista meccanico dicendo che il potenziale delle forze è costantemente nullo lungo $MN$, ma che in $M$ e in $N$ diventa bruscamente elevatissimo, cosicchè la particella appena vi giunge converte rapidamente la propria forza viva in energia potenziale, si arresta, e poi torna in senso opposto con la stessa velocità di prima ma invertita. Poichè abbiamo fatto corrispondere al potenziale punto per punto la velocità di propagazione $V$, ciò significa che nell'analogo acustico $MN$ equivarrà a una corda lungo la quale le onde si propagano con velocità costante, ma l'onda giunta in $N$ trova un mezzo con assai alta velocità di propagazione dove si riflette integralmente. Ciò equivale ad avere una corda con gli estremi $M$, $N$ fissati rigidamente. Si sovrappongono allora lungo $MN$ l'onda diretta a quelle riflesse su $M$ e su $N$ e il risultato, come è ben

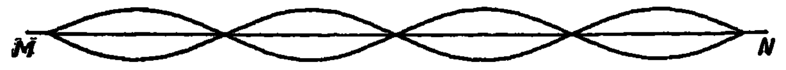



Fig. 2.

noto, è la formazione di onde stazionarie lungo la corda, per le quali, con due nodi agli estremi, si ottengono o un ventre, o due o tre, ecc. distribuiti lungo la corda che si divide in *fusi*. Nella figura abbiamo quattro fusi, con quattro ventri e cinque nodi in totale; ma potremo avere uno, due, tre fusi ecc. dipendentemente dalla frequenza con cui vibra ogni punto della corda. La corda, di lunghezza $l$, dev'essere perciò un multiplo di semilunghezze d'onda. Quindi nell'analogo acustico del nostro problema meccanico le frequenze non possono essere qualunque, poichè dev'essere

$$l = n \frac{\lambda}{2}, \text{ con } n \text{ numero intero.}$$

Esse possono coesistere.

Ma lungo $MN$ il moto della particella è libero, e perciò la lunghezza d'onda del modello è data dalla (4)

$$\lambda = \frac{h}{m\,v}\;;$$

avremo perciò

$$l = n \frac{h}{2\,m\,v}$$

e anche

$$v = \frac{h}{2\,l\,m}\,n$$

Si vede così che la velocità della particella, nel problema meccanico, non può avere che dei valori determinati, discreti, e cioè quelli corrispondenti a $n = 1, 2, 3$ ecc.:

$$v = \frac{h}{2\,l\,m}\,,\quad 2\frac{h}{2\,l\,m}\,,\quad 3\frac{h}{2\,l\,m}\ \text{ecc.}$$

E perciò l'energia corrispondente non può assumere che i valori

$$\frac{h^2}{8\,l^2\,m}\,,\quad 4\frac{h^2}{8\,l^2\,m}\,,\quad \ldots\; n^2\frac{h^2}{8\,l^2\,m}$$

Così la quantizzazione dei valori della velocità e anche dell'energia della particella viene naturalmente dal procedimento di Schrödinger. È importante notare che agli stessi valori dell'energia si giunge procedendo alla quantizzazione del movimento della particella col metodo di Bohr-Sommerfeld.

Naturalmente i gradini successivi dei valori dell'energia sono in generale molto vicini tra loro e quasi inavvertibili, dissimulando la discontinuità quantistica, a causa della piccolezza di $h$; ma ciò fino a quando la massa $m$ e la lunghezza $l$ non diventino anch'esse estremamente piccole. Così se si tratta di un elettrone che rimbalzi periodicamente tra due pareti in un ampiezza pari alle dimensioni di un atomo d'idrogeno ($10^{-8}$ cm) e se ne valuta l'energia in Volt, i gradini più bassi rappresentativi dell'energia che l'elettrone può assumere distano fra loro di circa 90 Volt, e i successivi ancora di più. Il primo gradino è a circa 30 Volt, e perciò è impossibile avere un elettrone che rimbalzi periodicamente tra due pareti a quella distanza se esso è provveduto di un'energia inferiore a 30 Volt. Se le pareti sono a distanza molto grande, il problema si converte in quello esaminato dalla teoria cinetica dei gas. Un elettrone solo dà fenomeni di quantizzazione impercettibili; ma se sono molti, come gli elettroni liberi in un metallo, interviene un nuovo principio, quello detto di *esclusione* di Pauli, in virtù del quale ogni gradino di energia può essere posseduto da un solo elettrone. Ne risulta una legge statistica di distribuzione delle energie diversa da quella di Maxwell. È la statistica di Fermi. L'esempio che segue, e nel quale adotteremo un modello ottico, è ancora più importante per l'applicazione che se ne è fatta nella teoria della radioattività.

La particella di massa $m$ e di energia totale $E$ possa muoversi lungo la retta $x$, dove il potenziale eguale a $U_0$ è costante da sinistra fino ad $A$, e qui subisce un brusco salto fino a $U_1$

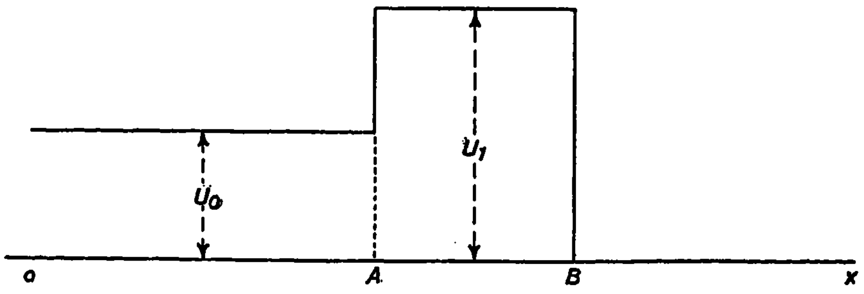



Fig. 3.

per ridiscendere a zero al di là di $B$. Il mezzo ottico del modello avrà indici di rifrazione diversi tra $O$ e $A$, tra $A$ e $B$, e oltre $B$. Consideriamo un sistema di onde luminose propagantisi verso $A$. Giungendo in $A$ esse incontrano un mezzo di diverso indice di rifrazione, per il che in parte penetrano nel secondo mezzo, e in parte vengono riflesse. Quelle penetrate

fino a $B$ subiscono ivi la stessa sorte, e vengono in parte ricacciate indietro, mentre una frazione prosegue oltre $B$ e questo *qualunque sia la frequenza*. Questo risultato era inattendibile nel problema meccanico secondo la dottrina classica; poichè esso dice che la particella ha in ogni caso una certa probabilità di essere riflessa ma ne ha anche una, sia pure piccola, di passare, calcolabile con le leggi che danno i coefficienti di rifrazione e di riflessione in base agli indici di rifrazione dei due mezzi. Invece con la meccanica classica se la particella ha un'energia $E$ inferiore al potenziale $U_1$, della regione oltre $A$, non può attraversarla, poichè la sua energia si esaurisce prima di raggiungere il vertice, come una pietra lanciata dal fondo di un vulcano non può scavalcare l'orlo del cratere se il lavoro di sollevamento fino all'orlo è superiore all'energia posseduta dalla pietra. Questa paradossale conseguenza della Meccanica ondulatoria trova un'applicazione importante nella spiegazione del fatto singolare per cui una particella alfa dell'interno del nucleo atomico può superare la cresta di potenziale esistente alla periferia del nucleo, e venir fuori con l'energia che possedeva nel nucleo, pure essendo questa inferiore alla cresta di potenziale determinata con misure indirette di Rutherford. È questa la base della teoria della radioattività di Gamow che ha delle conferme sperimentali molto notevoli.

Come abbiamo detto non sempre è facile prevedere intuitivamente il funzionamento del modello ottico corrispondente a un processo meccanico; naturalmente occorrerà allora applicare le teorie dell'ottica, tenendo presenti le circostanze e le condizioni in cui il processo si svolge. Ora quelle teorie, sia per i fatti dell'ottica geometrica che per quelli di natura interferenziale, si riassumono nella teoria di Maxwell, la quale permette di interpretare la luce come un processo vibratorio, e precisamente come la vibrazione di un campo elettrico $F$ dominato dalla equazione

$$\Delta F = \frac{1}{V^2} \frac{\partial^2 F}{\partial t^2} \qquad (5)$$

attribuendo a $F$ un carattere oscillatorio fatto di una o più componenti sinusoidali con frequenze diverse, e a $V$ il significato di una velocità di propagazione. Questa equazione permette di risolvere qualunque problema di ottica, sia geometrica che interferenziale, nel senso che per luce monocromatica di qualunque frequenza essa fornisce, col quadrato medio di $F$, l'intensità della luce in qualunque punto dello spazio. Ovvero, qualora si tratti di processi elementari in cui il quanto di luce ci si rivela isolato, il quadrato medio di $F$ fornisce la probabilità di osservare un quanto di luce nel punto indicato. Quando i processi elementari sono estremamente numerosi e frequenti, quella probabilità si trasforma naturalmente nell'intensità globale della luce osservata in quel posto.

Se è vera la concezione di Schrödinger il modello ottico, che per l'ottica geometrica, come per quella interferenziale è dominato dalla (5), deve lasciar prevedere la meccanica di una particella materiale in ogni caso. E quindi anche per questa si potrà scrivere un'equazione analoga alla (5) relativa a una grandezza periodica $\psi$; soltanto che per riprodurre anche i fenomeni della Meccanica ordinaria si dovrà porre

$$V = \frac{E}{m v} = \frac{h \nu}{m v}$$

e per avere rappresentati i fenomeni di tipo interferenziale occorre inoltre che sia $h$ eguale alla costante di Plank.

L'equazione (5) può quindi esser scritta ponendo al posto di $F$ la grandezza $\psi$ che ricorderà aver noi di mira un problema di meccanica, e al posto di $V$ l'ultima espressione. Si ha così:

$$\Delta \psi = \frac{m^2 v^2}{h^2 \nu^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$$

Si può mettere in evidenza in questa equazione l'energia potenziale $U$ che con la forza viva forma l'energia totale della particella:

$$E = \frac{1}{2} m v^2 + V$$

e scriverla

$$\Delta \psi = \frac{2m}{E^2} (E - V) \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = \frac{2m}{h^2 \nu^2} (h\nu - U) \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$$

È questa la forma comune della equazione di Schrödinger, nella quale alla funzione $\psi$ si attribuisce un andamento periodico sinusoidale di frequenza $\nu$.

La ricerca delle soluzione della equazione di Schrödinger nei vari casi è un problema puramente matematico ed è, come tale, irto spesso di difficoltà tecniche, ma non più concettuali. Diremo solo che in molti casi la soluzione esiste a condizione che l'energia totale della particella abbia dei valori particolari *discreti*, cioè a salti dall'uno all'altro. Da ciò trae origine, in quei casi, il fatto della quantizzazione dell'energia che viene ammesso come postulato nelle precedenti teorie.

Così per risolvere il problema dell'elettrone dell'atomo di idrogeno occorrerà porre invece di $U$ l'espressione

$$U = -\frac{e^2}{r}$$

che dà l'energia potenziale della carica dell'elettrone rispetto al nucleo di eguale carica, e situato alla distanza $r$. L'equazione ottenuta, abbastanza complicata a risolvere, ammette soluzioni solo nel caso che l'energia $E$ abbia valori distinti e discreti, e cioè con dei salti dall'uno all'altro. Essi corrispondono esattamente a quelli dati dalla teoria di Bohr-Sommerfeld. Ma che la corrispondenza sia esatta è soltanto causale. Inoltre, a differenza di questa, non si ha più a fare con traiettorie vere e proprie dell'elettrone interno al nucleo; si trova solo una distribuzione di valori di $\psi$ intorno al nucleo, e il quadrato medio di $\psi$ in ogni punto dà *la probabilità* che in quel punto si trovi, a un certo istante, l'elettrone. La nozione di traiettoria di un elettrone nelle dimensioni di un atomo perde ogni senso, così come in ottica quantistica non ha senso parlare di traiettoria di un quanto di luce, quando si tratti di fenomeni d'interferenza e e di diffrazione.

Dal punto di vista concettuale l'estensione alle particelle materiali della interpretazione probabilistica nella previsione del moto è della più grande importanza filosofica. Già nel campo dell'ottica il dire che un quanto di luce può trovarsi teoricamente in qualunque punto dello spazio, ma che ha maggiore probabilità di trovarsi nei posti dove il quadrato medio di $F$ è più grande, toglie i fenomeni luminosi, considerati nei processi elementari isolati, al dominio del principio di causalità. E cioè nessuno saprà mai perchè di due quanti identici l'uno finisce in un posto l'altro in un posto diverso dello spazio. Si può solo conoscere il valore della probabilità di trovarne uno qualunque nell'uno o nell'altro posto. Per la particella materiale avviene la stessa cosa; nel microcosmo dell'atomo nessuna previsione categorica è possibile della posizione in cui un elettrone si trova o della traiettoria che percorre; si può soltanto conoscere, dal valore medio di $\psi^2$ in un punto, qual'è la probabilità di trovare ivi l'elettrone; ma lo si può trovare anche altrove per quanto ciò sia meno probabile. L'elettrone si muove come fosse in possesso di una specie di libero arbitrio; e noi possiamo prevedere ciò che farà non con la certezza assoluta che deriva dalle leggi della Meccanica classica, ma con lo stato d'animo col quale si assiste al volo di una mosca intorno a un vasetto di miele.

La Nuova Meccanica ha avuto sviluppi importantissimi, anche in base a un formalismo matematico del tutto diverso (Meccanica quantistica di Heisenberg). Sono stati trattati i problemi più complessi relativi non a un solo punto materiale ma a un

qualsiasi sistema meccanico. In particolare lo studio del caso di due elettroni intorno a un nucleo (caso dell'elio) o di due elettroni intorno a due protoni (caso della molecola d'idrogeno) ha condotto a risultati del più grande interesse. Oltre a giustificare il singolare comportamento spettroscopico dell'elio, che appariva inesplicabile con la teoria di Bohr e Sommerfeld, si è riusciti a trovare l'origine della forza che tiene uniti i due atomi di idrogeno nella formazione della molecola $H_2$, dando così ragione in generale della esistenza di molecole con due atomi eguali. E poichè la teoria prevedeva che nel caso dell'idrogeno debba esser possibile la formazione di due varietà di questo elemento, con caratteristiche fisiche differenti, e capaci di tramutarsi l'una nell'altra, l'esperienza ha potuto confermare la previsione riuscendo a isolare l'idrogeno in una di queste due varietà. È sorta così, come per l'atomo, la fisica della molecola che ha iniziato con successo lo studio della spettroscopia molecolare (spettri di bande), e della energia di associazione degli atomi nella molecola, cioè la spiegazione della valenza e la previsione a priori dei risultati sperimentali ottenuti nella Termochimica.

Si è poi considerato il caso di un atomo che si trovi in presenza di una radiazione, riguardando l'insieme come un unico sistema meccanico cui si possa applicare il metodo di Schrödinger. Ne è derivata, per merito di Dirac e Fermi, una teoria degli scambi di energia fra luce e materia che giustifica il postulato fondamentale di Bohr e risolve praticamente il dissidio fra la teoria corpuscolare e quella ondulatoria della luce. Tutte le conseguenze deducibili dalla vecchia teoria dei quanti, che confrontate con l'esperienza avevano dato così brillanti risultati, sono deducibili con le nuove teorie, con minore disagio logico che nella prima quantistica; mentre dove si manifesta una divergenza tra la quantistica di Bohr e la nuova, la realtà sperimentale è sempre conforme alla nuova che ha già al suo attivo la scoperta di alcuni importanti fenomeni.

Se i procedimenti usati dalla Moderna Fisica teorica sono tali da sconcertare qualunque mente abituata ai metodi della Meccanica classica, la fecondità di quei procedimenti e l'aderenza perfetta dei risultati alle più delicate particolarità dei fatti sperimentalmente accertabili devono imporre la convinzione che la Scienza è già in possesso di uno strumento d'indagine capace di svelare i più profondi misteri delle leggi dell'Universo.

O. M. Corbino.

AVV. UGO DE FRANCESCO

# Sull'esercizio intermittente degli impianti idraulici e la tutela del demanio fluviale nelle sue utilizzazioni agricole ed industriali

1. – L'illustre Senatore Fantoli ha, nel profondo suo studio pubblicato nel precedente numero de *L'Energia Elettrica*, posto sul tappeto una questione di rilevante interesse, sia dal punto di vista tecnico, che da quello giuridico, quella cioè dell'asserta necessità di ovviare alla « permanente svalutazione dei corsi d'acqua sottostanti » ripristinando, in presenza di possibilità sia attuali che future di sviluppo, « il diritto intrinseco del fiume inferiore » ad un minimo intangibile dell'efficienza naturale originaria.

Secondo le direttive, dall'illustre scienziato poste, pel raggiungimento del fine prefissosi, dovrebbesi, in sostanza, con apposite norme legislative, prescrivere per l'avvenire l'obbligo di non peggiorare, con l'esercizio di opere d'invaso, il diagramma naturale del deflusso di magra, quale preesisteva nelle condizioni originarie del corso d'acqua, imponendo per di più, ove si tratti di concessioni riguardanti opere di accumulazione stagionale, la devoluzione, con deflusso continuo, di una quota parte del miglioramento della portata di magra, a vantaggio degli utenti inferiori.

Questo per il futuro. Quanto poi alle concessioni già esistenti ed attuate senza obbligo alcuno di compensare, in un qualsiasi modo, la regolazione dei deflussi dipendente dall'esercizio di superiori impianti, il Senatore Fantoli riafferma ripetutamente il suo concetto che il diritto alla intangibilità del deflusso originario di magra sia, per sua personale convinzione, « *intimo e sottinteso* », anche se ha formulazione inadeguata o inesatta, nelle discipline di questa o di quella concessione, per cui si possa, ove risulti necessario, imporre ai concessionari la correzione parziale della variabile erogazione giornaliera, mediante le apposite capacità compensatrici a valle degli impianti, sì da restituire almeno il minimo intangibile della magra ordinaria, oppure la limitazione, o le intese circa il minimo di erogazione a valle.

Se, in tesi, l'allarme destato dal Senatore Fantoli, può riguardarsi pienamente giustificato, non così, a mio avviso, appare semplice l'adozione dei rimedi che egli ha concretati e suggeriti: e poichè dalla sua alta parola trarre possono conforto le permanenti doglianze degli utenti a valle e le loro conseguenti pretese di risarcimento, il più delle volte eccessive, credo di esporre, mantenendomi nel campo più strettamente giuridico, alcuni modesti rilievi.

2. – Nei riguardi della futura regolamentazione della materia, il Senatore Fantoli riconosce la necessità della emanazione di apposite norme legislative di carattere generale, informate ai criteri da lui, come sopra, propugnati. Ora, la questione non mi pare possa essere risolta in via generale, si bene essa va risolta caso per caso, come attualmente avviene, per trattarsi di condizioni di fatto che variano da regione a regione, da bacino a bacino, da impianto ad impianto, secondo le particolari condizioni di ognuno rispetto alle ulteriori utilizzazioni esistenti nel tratto del corso a valle influenzato, siano esse attuali o soltanto potenziali.

La prescrizione di carattere generale sollecitata dal Senatore Fantoli avrebbe certo un immediato effetto, quello cioè di annullare, se non nella totalità, nel maggior numero di casi, ogni economica possibilità di attuare gli impianti con accumulazione, che pure sono voluti e favoriti dalla legge, mentre pur tanti e gravi incognite essi presentano dal punto di vista tecnico e specialmente economico. Il compenso alla sregolazione dei deflussi dipendenti dalle opere di invaso, implicherebbe infatti, nella maggior parte dei casi, la costruzione di opere d'ingentissimo costo, di vasche di compenso, dell'ordine di migliaia e centinaia di migliaia di metri cubi, tali da rendere assolutamente antieconomico l'impianto, oppure la erogazione di un minimo, che se inteso tale da conservare la portata originaria di magra, importerebbe sovente una insostenibile sottrazione alla portata effettivamente utilizzabile.

D'altra parte l'attuale legge organica preordina già un sistema efficace di tutela dei diritti che competono agli utenti, non solo nel tratto del corso d'acqua sotteso, ma anche in quello influenzato. Siffatta legge infatti parte dal principio direttivo, imposto nell'evoluzione della materia da alte ragioni economiche e sociali, quale è quello della migliore e più integrale utilizzazione dei corsi d'acqua, che si consegue, ove riesce possibile, appunto con gli impianti ad accumulazione, coi quali, si tenga ben presente, oltre al completo sfruttamento di un determinato bacino o d'un complesso di bacini, si raggiungono altre importanti finalità di generale pubblico interesse pel buon regime dei corsi d'acqua, la sistemazione idraulica forestale, le bonifiche ecc. Nell'esame particolare di ogni singola domanda o complesso di domande concorrenti, s'instaura, da parte dell'autorità competente, un severo giudizio inteso all'indagine di ciascuno degli impianti proposti, al confronto tra le varie soluzioni prospettate, per poi decidere, avuto riguardo all'interesse generale, e caso per caso, se e quale sia l'impianto da concedere in via preferenziale, e se ed in qual modo sia da tener conto degli interessi attuali o potenziali del corso inferiore, per la conseguente sregolazione del deflusso. Sulla base di un'ampia e completa istruttoria pubblica, vengono vagliati i reclami e le opposizioni degli utenti a valle, e la concessione viene in definitiva assentita con apposite clausole e prescrizioni intese, se del caso, anche alla tutela della integrità del corso inferiore: a volte viene prescritto l'obbligo di lasciar defluire una portata costante a valle; in pochissimi casi poi s'impone l'obbligo della costruzione di bacini di compenso, in

vista di specialissime condizioni che rendono necessario di addossare al concessionario un così grave onere.

In sostanza l'Amministrazione concedente, quale tutrice del demanio fluviale e dei rilevanti interessi generali e particolari che al suo sfruttamento si connettono (interessi propri e dei terzi, dell'oggi e del futuro, come dice il Senatore Fantoli) compie, concessione per concessione, una attenta disamina nella quale, partendo dal criterio base della legge, che mira a conseguire la migliore utilizzazione idraulica, promuovendo per fini di generale interesse le regolazioni delle portate con ingente aumento del coefficiente di esercizio, decide, sui risultati di una completa istruttoria e su parere del più alto Consesso tecnico, se quel determinato impianto con accumulazione sia da consentire (in sè e per sè, o in quanto anche giovi al regime idraulico del fiume, alle bonifiche, alla sistemazione idraulica forestale, od alla irrigazione), e se, in qual misura, e con quali norme, sia da tutelare il diagramma naturale del deflusso di magra a valle dell'impianto che si concede.

La difesa degli altissimi interessi posti in evidenza dal Senatore Fantoli, trova dunque la sua concreta espressione nel sistema della legge attuale, la quale per di più consente, con apposita previdenza, la imposizione della riserva sui corsi d'acqua in presenza di preminenti interessi pubblici o di pubblici servizi, ed ammette, ove trattisi di grandi derivazioni, che anche potenzialmente riguardino rilevanti interessi pubblici, la inclusione nei relativi disciplinari della facoltà di riscatto da parte dello Stato. In forza di una tale norma l'Autorità concedente può quindi giuridicamente intervenire anche in confronto di concessioni già assentite ed attuate, là dove l'esercizio di queste contrasti con preminenti ragioni di pubblico generale interesse.

3. – Nei riguardi poi delle derivazioni esistenti non è, a me pare, in alcun modo sostenibile che, in mancanza di apposite e concrete prescrizioni negli originari atti di concessione, possa riguardarsi come « *intimo e sottinteso* » l'obbligo di mantenere integro il primitivo deflusso di magra, e tanto meno la potestà di imporre limitazioni o addirittura l'obbligo di costruire appositi serbatoi di compenso.

Anche a prescindere che ogni concessione trova negli atti che la determinano la sua ragione ed il modo di esercizio, quali furono concretati dall'Autorità concedente, in seguito al completo esame dei possibili interessi in contrasto, *certo si è che i concessionari sono investiti di un diritto quesito intangibile, per cui all'evidenza antigiuridico sarebbe il sostenere che essi dovessero sottostare a limitazioni od imposizioni di opere di compenso, di rilevante entità economica, in confronto di atti di concessione che nulla prescrivono al riguardo.*

Non si tratta di una « libertà o più o meno sopportata, o tacitamente non vietata di erogare in modo discontinuo, interamente arbitrario, il deflusso naturale del corso d'acqua in un dato punto del medesimo » ma sì bene di una concessione che reca in sè tutte le norme che l'Amministrazione ha ritenuto necessarie per il suo esercizio: nessuna sopportazione e nessun arbitrio, sempre quando l'utente non violi le prescrizioni essenziali che gli sono prefisse.

Che del resto non possa parlarsi di implicito obbligo per gli impianti esistenti di mantenere o ripristinare il minimo originario del deflusso nel corso sottostante, conferma lo stesso studio che esaminiamo, là dove accenna alla necessità di una conferma di un tale obbligo con apposita espressione giuridica. Un obbligo implicito non esiste e non può neppure pretendersi che, al di fuori dei patti di una concessione conseguita ed attuata, si impongano, per effetto di nuove norme legislative, diverse e maggiori condizioni le quali implichino sostanziale spostamento delle basi tecniche, e specialmente economiche, insite nella concessione quale fu chiesta, conseguita ed attuata.

La tesi, per questa parte, affermata dal Senatore Fantoli, collima con quella che la Società dell'Alluminio, esercente l'impianto di Mori, s'è fatta recentemente a sostenere, con ricorso promosso dinanzi al Tribunale Superiore delle Acque avverso la concessione del Noce ed affluenti, fra Mollaro e Mezzocorona, accordata alla Società Generale Elettrica Tridentina.

Anche la Società dell'Alluminio pretende sia chiarito che l'atto di concessione impugnato importa implicitamente l'obbligo per la concessionaria di non alterare con l'esercizio del serbatoio, le condizioni di normale deflusso del corso d'acqua, costruendo opportune opere di compenso per reintegrare il deflusso alterato: che se ciò non si consenta, invoca l'annullamento dell'atto di concessione per la sua pretesa illegalità.

Il dibattito è ancora aperto dinanzi al Superiore Tribunale delle Acque, e non è lecito fare prognostici, ma è certo che se l'assunto della Società dell'Alluminio, il quale è contraddetto da fondatissime ragioni pregiudiziali e di merito, dovesse trionfare, ne deriverebbe l'assurdo che la concessionaria, la quale prima di qualsiasi domanda della ricorrente aveva conseguito regolari concessioni di varie importanti accumulazioni nell'Alto e Medio Noce ed affluenti, e che inoltre, prima della concessione all'Alluminio (la precedenza cronologica, sia di giorni o di anni non muta, non è nei confronti degli utenti criterio fallace come afferma il Senatore Fantoli) aveva, in base ad istruttoria del tutto distinta e separata, conseguito la propria concessione, si vedrebbe costretta a ripristinare condizioni di deflusso le cui alterazioni, per effetto delle opere di invaso conseguite ed in corso di concessione, erano ben note alla Società dell'Alluminio allorchè essa progettava il proprio impianto, con l'aggravante che si tratterebbe della costruzione, in condizioni tecnicamente ed economicamente pressochè impossibili, di un bacino di compenso dell'ordine di un milione di metri cubi ! !

D'altro canto non è da ultimo a tacere che, senza violare i patti delle concessioni esistenti, e senza imporne arbitrariamente o, in ogni caso, iniquamente dei nuovi, numerosi accorgimenti consentono nelle particolari situazioni di cui è questione di reintegrare il diagramma uniforme, ovviandosi all'inconveniente, per gli utenti del tratto sottostante influenzato, di ricevere l'acqua sfasata nella giornata.

Ma su questo e su altri punti di carattere tecnico che possono essere oggetto di discussione, la parola è ai competenti, che non mancheranno di interloquire su un argomento di così alto rilievo.

Io ho creduto, in queste affrettate note, di prospettare soltanto alcune considerazioni che investono, più propriamente, il lato giuridico della questione, che, pur fondata in astratto, va studiata seguendo direttive estremamente guardinghe e caute, sia in vista della difficoltà di attuare previdenze rispetto agli impianti esistenti, sia in considerazione del pericolo di promuovere pel futuro norme che aggraverebbero in modo insostenibile il carico già oneroso degli aspiranti alla attuazione di impianti di accumulazione, mentre la tutela del corso sottostante è già nel sistema della vigente legge organica.

*Roma, maggio* 1932.

AVV. UGO DE FRANCESCO.

ING. MARIO MARCHETTI
ASSISTENTE PRESSO IL R. POLITECNICO DI MILANO

# I valori massimi del colpo di ariete nelle condotte forzate

## I – PREMESSE.

Le recenti « Norme (Anno 1931) (1) per la costruzione e il collaudo delle condotte metalliche forzate ad alta pressione » a proposito del calcolo del colpo d'ariete da introdurre nei calcoli di resistenza del materiale contengono soltanto la frase generale, ma al tempo stesso generica, di « soprapressione dovuta al colpo d'ariete più sfavorevole fra quanti si possono verificare nelle condizioni normali e di esercizio » ed aggiungono che il calcolo deve essere eseguito cogli abachi di Allievi (2).

È universalmente riconosciuto come detti abachi siano il compendio di tutti i risultati pratici della geniale trattazione matematica del moto perturbato nelle condotte forzate; ma è noto che per la ricerca a mezzo degli abachi dell'anzidetta manovra, più sfavorevole, è necessario l'uso ripetuto di numerosi grafici che, per essere applicati con sicurezza, richiedono uno studio preventivo che non può essere considerato del tutto semplice.

Inoltre gli abachi non si prestano facilmente ad essere riportati nei manuali d'ingegneria dove invece trovano il loro posto le formule ed i metodi di facile applicazione, i quali, se in qualche caso comportano una approssimazione, sono tuttavia da preferirsi e sono generalmente preferiti ai metodi esatti, ma complicati, e ciò in special modo quando l'applicazione si riferisca a calcoli non definitivi.

Per le precedenti considerazioni sono state compiute molte ricerche per dare alla tecnica formole semplici atte a fornire i valori massimi della soprapressione e della depressione che possono verificarsi nell'esercizio di una condotta forzata.

Dal Vensano (3) in America, dall'Ing. Fossa-Mancini (4) in Italia e dal Gariel (5) in Francia è stata proposta l'espressione conosciuta sotto il nome di *formula di Michaud* (6) per il calcolo della massima soprapressione: tale formula semplicissima si può scrivere:

$$\Delta p_{\text{max. ass.}} = \frac{2\,\rho\,L\,V_{\text{max}}}{T_{\text{max}}} \tag{1}$$

in cui:

$\Delta p_{\text{max. ass.}}$ è la massima soprapressione che può verificarsi per effetto della manovra più sfavorevole dell'otturatore in una condotta forzata di lunghezza $L$ e per la quale l'otturatore è tale da compiere la completa chiusura dalla completa apertura, a cui corrisponde la velocità $V_{\text{max}}$ nella condotta, nel tempo $T_{\text{max}}$; $\rho$ è la densità del liquido.

Il Vensano ed il Fossa-Mancini hanno giustificato la espressione del Michaud in base a considerazioni che non ci sembra stabiliscano in modo preciso i limiti di applicazione di essa. Il Gariel, invece, considerando il *sistema condotta-otturatore* che corrisponde ad una condotta alimentante una sola macchina con determinato organo di regolazione e prendendo in esame tutte le manovre lineari che si possono compiere con velocità unica, per qualsivoglia manovra di quell'organo di regolazione, è giunto alla stessa formula partendo dalle formule approssimate del De Sparre (1) che valgono fino a che la soprapressione di colpo di ariete si mantiene inferiore alla metà del carico statico.

Per il calcolo della massima depressione dovuta alla manovra più sfavorevole il Gariel stesso propose una formula analoga a quella soprascritta valevole per le chiusure: in ciò che segue sarà dimostrato che l'espressione proposta per il calcolo di questa massima depressione dà risultati in difetto.

Tenendo conto delle considerazioni svolte dal Fossa-Mancini, seguendo il metodo di analisi adottato dal Gariel e con le ipotesi ammesse dallo stesso Gariel a proposito delle manovre dell'otturatore, ma servendoci dei risultati dello studio rigoroso dell'Allievi, siamo ancora pervenuti a giustificare l'espressione (1) di Michaud per il calcolo della massima soprapressione.

Invece abbiamo trovato che occorre applicare la formula $\Delta p_{\text{min. ass.}} = -\,2\,\rho\,L\,\frac{V_{\text{max}}}{T_{\text{max}}}$ per il calcolo della massima depressione che può verificarsi nella condotta in conseguenza delle manovre dell'otturatore.

Per avvalorare le formule precedenti, sarà necessario qualche richiamo agli sviluppi analitici dell'Allievi e si renderanno pure utili pochi rilievi intorno alle ipotesi poste a base della propria teoria dall'Allievi stesso.

Implicitamente nella presente nota resterà provato che la legittimità del proporre l'espressione del Michaud per stabilire la massima sovrapressione che si può verificare con un dato sistema *condotta-otturatore*, non può essere disgiunta dai risultati contenuti nelle classiche « *cinque note ecc.* » venute alla luce

(1) Vedi anche *L'Elettrotecnica*, 5 marzo 1932.
(2) L. ALLIEVI: « Teoria del colpo d'ariete ». Note 1, 2, 3, 4, 5. Atti dell'Associazione Elettrotecnica Italiana. 1903 e 1913.
(3) Transaction of the A.S.C.E. - H. C. VENSANO: « Pulsation in pipe lines ». Vol. XLXXII. Anno 1918, dicembre.
(4) *L'Elettrotecnica*, 25 febbraio 1922.
(5) CAMICHEL EYDOUX et GARIEL: « Etude théorique et expérimentale des coups de bélier ». 1919.
(6) MICHAUD: *Bulletin de la Société Vaudoise des Ingenieurs et Architectes* 1878 N.° 3 e 4 ed anche MICHAUD: *Bulletin tecnique de la Suisse Romande* 10-25 febbraio 1923.

(1) JOUGUET, RATEAU et DE SPARRE: « *Etude théorique et expérimentale sur le coup de bélier* ». Rapport à l'occasion du II congrès de la Houille Blanche, 1914.

nel 1913. Ciò contrariamente alla opinione espressa di recente dall'Ing. Du Bois (1) il quale ritiene che il Michaud, per avere introdotto nei propri antichi studi sull'argomento le idee prime circa l'elasticità del tubo e del liquido come elementi determinanti dei fenomeni di colpo d'ariete, abbia risolto fino all'epoca di detti studi il problema generale del moto perturbato trovandone in particolare conseguenza la formula che porta il suo nome. Tale opinione è inesatta anche perchè la espressione del Michaud non ha valore del tutto generale potendo essere adoperata per il calcolo della massima soprapressione solo nel caso che si tratti di sistemi di condotta-otturatore rispondenti alle condizioni di funzionamento poste recentemente dal Gariel. Inoltre a chi scrive sembra inutile discutere circa la priorità di un'idea che è stata veramente feconda solo quando ha permesso di impostare correttamente la teoria e, specialmente, di interpretare detta teoria sistematicamente in modo rigoroso. La teoria definitiva e l'interpretazione rivolta agli scopi tecnici sono meriti di Allievi che nessuno può negare.

La presente nota è tratta dallo studio inedito che lo scrivente compiè nel 1924 sotto la guida del Prof. De Marchi (2).

## II – Richiamo alla teoria generale.

In breve e soltanto per quanto serve alla chiarezza di questa nota si richiameranno alcuni concetti della memoria di Allievi che tratta della teoria generale. Per la maggior semplicità, in quanto sarà possibile, verranno usate senza particolare richiamo le stesse locuzioni di Allievi allorquando esse siano adoperate nel modo identico a quello usato da questo autore e quindi in modo assai noto.

L'Allievi ha posto che la velocità $u$ nella sezione immediatamente a valle del distributore sia fornita dalla relazione:

$$u^2 = \frac{2g}{\gamma}(p_0 + \Delta p) \tag{2}$$

ossia che (fig. 1), essendo $p_0$ la pressione di regime nella sezione della condotta immediatamente a monte del distributore e $\gamma$

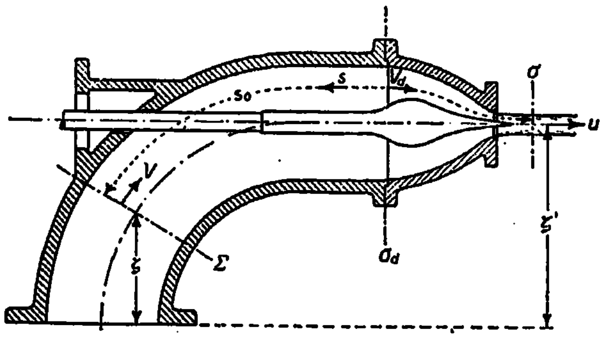



Fig. 1.

il peso specifico del liquido, $u$ sia in ogni istante la velocità torricelliana corrispondente al carico dinamico $\frac{p_0 + \Delta p}{\gamma}$: l'Allievi ha supposto cioè, implicitamente, che il moto fra le sezioni considerate possa considerarsi permanente in qualsiasi istante.

A rigore il principio della conservazione dell'energia nel caso particolare non potrebbe applicarsi nel modo anzidetto: si ammettono in esso le approssimazioni che risultano dalle considerazioni che seguono.

Siano (fig. 1) $V$, $p_0 + \Delta p$, $\zeta$ in un dato istante e nella sezione a monte la velocità, la pressione e la quota geometrica sopra un determinato piano orizzontale di riferimento; e $V'$ $p'$, $\zeta'$ le quantità analoghe della sezione a valle.

Consideriamo il segmento di filetto fluido di lunghezza $s_0$ fra le sezioni dette e se ne indichi con $V_d$ la velocità in un punto generico. Si avrà:

$$\frac{V'^2}{2g} + \frac{p'}{\gamma} + \zeta' = \frac{V^2}{2g} + \frac{1}{\gamma}(p_0 + \Delta p) + \zeta - \frac{1}{g}\int_{s_0}\frac{\partial V_d}{\partial t}ds \tag{3}$$

dove l'ultimo termine tiene conto dell'inerzia locale.

Per le turbine ad azione la sezione da considerarsi a valle del distributore è la sezione contratta del getto nella quale i filetti sono sensibilmente paralleli e dove si ha $\frac{p'}{\gamma} = 0$.

Inoltre per le turbine ad azione che funzionano in generale con carichi molto elevati si può ritenere $\zeta' = \zeta$ e $\frac{V^2}{2g}$ trascurabile di fronte a $\frac{p_0 + \Delta p}{\gamma}$ per modo che in tal caso la (3) diventa, ponendo in luogo di $V'$ la $u$, come si è già detto, velocità di efflusso alla pressione atmosferica:

$$\frac{V'^2}{2g} = \frac{u^2}{2g} = \frac{1}{\gamma}(p_0 + \Delta p) - \frac{1}{g}\int_{s_0}\frac{\partial V_d}{\partial t}ds \tag{3'}$$

Per le turbine a reazione non vediamo come si potrebbe scrivere una relazione del tipo (3) valevole per ogni possibile manovra dell'otturatore, giacchè per esse lo scarico avviene dalla valvola sincrona, o dal diffusore, o contemporaneamente dalla valvola sincrona e dal diffusore, a seconda che la manovra sia di completa chiusura o di completa apertura o di chiusura parziale.

In ogni modo, quando anche si considerassero solo le manovre di chiusura totale e si scrivesse la (3) fra la sezione della condotta in cui è derivata la valvola sincrona ed una sezione del tubo di scarico della stessa valvola sincrona in cui i filetti si potessero considerare paralleli, poichè le turbine a reazione sono destinate a funzionare con salti limitati, non si potrebbe in generale trascurare $\frac{V^2}{2g} - \frac{p'}{\gamma}$ di fronte à $\frac{1}{\gamma}(p_0 + \Delta p)$ per giungere ad una relazione semplice del tipo (3').

Quindi si deve ritenere che scrivendo la relazione:

$$\frac{u^2}{2g} = \frac{1}{\gamma}(p_0 + \Delta p) \tag{4}$$

si possa fare riferimento in modo generale alle sole macchine ad azione.

Si trascura inoltre, scrivendo la (4), anche il termine $-\frac{1}{g}\int_{s_0}\frac{\partial V}{\partial t}ds$ che tiene conto dell'inerzia del liquido contenuto nel distributore. Quando la condotta alimenti una sola macchina, essendo $\Sigma$ la sezione della condotta in cui la velocità è $V$ e $\sigma$ la sezione libera generica del distributore in cui la velocità è $V_d$, si può scrivere (fig. 1):

$$\frac{1}{g}\int_{s_0}\frac{\partial V_d}{\partial t}ds = \frac{1}{g}\frac{\partial}{\partial t}\int_{s_0}V_d\,ds = \frac{1}{g}\frac{\partial}{\partial t}\int_{s_0}\frac{V\Sigma}{\sigma_d}ds =$$

$$= \frac{\Sigma}{g}\frac{\partial V}{\partial t}\int_{s_0}\frac{ds}{\sigma_d}$$

Appare di qui chiaro che nella (3') può non essere trascurabile l'ultimo termine quando $\frac{\partial V}{\partial t}$ sia abbastanza grande, ossia

(1) *Bulletin Technique de la Suisse Romande*, N. 23, 24, 25, 26. 1932.

(2) «Idraulica». Hoepli 1930. Uno dei risultati di questa nota è citato a pag. 300.

quando la manovra dell'organo di chiusura avvenga in un tempo brevissimo, oppure quando $\int_{s_0} \frac{ds}{\sigma_d}$ non sia piccolo, il che avviene quando il distributore ha lunghezza abbastanza grande e forma tale che la corrente deve attraversare sezioni aventi area molto piccola.

Occorre però osservare che le manovre a cui corrispondono valori di $\frac{\partial V}{\partial t}$ assai grandi non interessano molto, perchè in generale esse sono manovre rapidissime dell'otturatore per le quali come è noto il colpo di ariete è indipendente dalla legge di variazione della velocità nella condotta.

Riteniamo invece abbia maggiore interesse riguardare i casi a cui, pur con valori normali di $\frac{\partial V}{\partial t}$, corrispondono valori considerevoli del termine $\int_{s_0} \frac{ds}{\sigma_d}$, perchè allora, come si è detto, dovendo la corrente contenuta nel distributore passare fra pareti vicinissime fra loro, più che l'effetto dell''inerzia locale (1) acquista importanza certamente notevole per l'efflusso l'effetto delle resistenze al moto trascurate nel porre la (3).

Da quanto precede si conclude che l'ipotesi di cui la (4) è l'espressione non può ritenersi del tutto e in ogni caso rigorosa: si ritiene che sarebbe più opportuno scrivere:

$$u^2 = c^2_V \frac{2g}{\gamma} (p_0 + \Delta p) \tag{5}$$

essendo $c_V$ il coefficiente di riduzione della velocità torricelliana, coefficiente che può variare da macchina a macchina e per ogni macchina col grado di apertura dell'otturatore ed a rigore col carico.

Cogli stessi elementi varia anche il coefficiente di efflusso $c = c_V\, c_c$, essendo $c_c$ il coefficiente di contrazione della vena effluente. Non conosciamo esperienze che pongano in relazione $c$ con il carico a monte del distributore, però ci sembra ammissibile ritenerli fra loro indipendenti, analogamente a quanto avviene nelle luci dove, con carichi non limitati, il coefficiente di efflusso risulta indipendente praticamente dal carico. Nel caso degli impianti con macchine ad azione ciò deve ammettersi con maggiore ragione perchè in esse si utilizzano in generale alte cadute con lunghe condotte per le quali interessa più che altrove contenere l'entità del colpo d'ariete entro limiti percentuali assai bassi ($\Delta p_{max} \cong 10\%\ p_{max}$).

Si considererà quindi che il coefficiente $c$ dipenda esclusivamente dal grado di apertura dell'otturatore.

Si abbia un impianto formato da una condotta azionante una sola macchina ad azione e siano $p_0$ la pressione nella sezione a monte dell'otturatore prima che si inizi la manovra di esso e $\Sigma$ l'area della sezione trasversale della condotta.

Siano $\sigma_0$ e $\sigma$, $c_0$ e $c$, $u_0$ e $u$ le aree libere di efflusso, i coefficienti di efflusso e le velocità nelle sezioni contratte del getto, nell'istante iniziale della manovra dell'otturatore e nell'istante generico $t$ di essa; $\Delta p$ la soprapressione — che si verifica nell'istante $t$ nella sezione a monte del distributore — rispetto alla pressione di regime iniziale $p_0$; $V_0$ e $V$ rispettivamente la velocità di regime e la velocità all'istante $t$ nella sezione sopradefinita della condotta.

Trascurando la comprimibilità del liquido contenuto nel distributore, per la continuità si deve avere:

$$c\, \sigma\, u = V\, \Sigma \quad ; \quad c_0\, \sigma_0\, u_0 = V_0\, \Sigma$$

e quindi per la (5)

$$V = V_0 \frac{c\,\sigma}{c_0\,\sigma_0} \sqrt{2g \frac{p_0 + \Delta p}{p_0}} = V_0\, B\,(t) \sqrt{2g \left(1 + \frac{\Delta p}{p_0}\right)} \tag{6}$$

avendo posto:

$$B\,(t) = \frac{c\,\sigma}{c_0\,\sigma_0}$$

e raggruppando così in un unico simbolo la funzione del tempo che tiene conto delle caratteristiche meccaniche dell'otturatore, della modalità con cui si effettua la manovra e delle caratteristiche idrauliche dell'efflusso dal distributore.

Data la (6), che è facile conoscere per ogni determinata macchina, le equazioni concatenate di Allievi permettono di calcolare il valore della soprapressione e della velocità, nella sezione della condotta a monte del ditributore, per effetto della manovra dell'otturatore definita dalla stessa $B\,(t)$ in tutti gli istanti della manovra.

### III – Massimo colpo di ariete consecutivo ad una manovra dell'otturatore.

Gli studi dell'Allievi permettono di conoscere le vicende della pressione nella sezione della condotta che precede il distributore quando si conoscano la legge di manovra dell'otturatore e le caratteristiche idrauliche di esso.

È evidente però, che per la pratica generale, nei calcoli riguardanti le condotte, basta conoscere l'entità della soprapressione massima e della massima depressione che si verificano nella condotta per effetto della manovra stessa.

Cronologicamente ad occuparsi dell'argomento fu primo l'Allievi giungendo ad una formula che egli stesso riconobbe non essere sempre valida.

Un contributo importante è dovuto al De Sparre e l'ultimo importante studio è ancora dell'Allievi (1) il quale, limitandosi alle particolari manovre di chiusura dell'otturatore dette lineari (cioè definite da una funzione lineare $B\,(t) = \frac{c\,\sigma}{c_0\,\sigma_0} = 1 - \frac{t}{T_c}$ dove $t$ è un istante qualunque della manovra e $T_c$ è il tempo necessario per la chiusura totale, a partire dalla apertura $\sigma_0$), trattò in modo laborioso, ma esauriente, il problema.

L'ipotesi della chiusura lineare equivale ad una relazione, fra la portata di regime $Q_0$ iniziale e la portata $Q$ di regime corrispondente alla posizione dell'otturatore all'istante $t$ del tipo:

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{c\,\sigma}{c_0\,\sigma_0} = B\,(t) = 1 - \frac{t}{T_c} \tag{6'}$$

Ci sembra di poter ritenere che l'ipotesi contenuta nella (6') permetta di avvicinare meglio alla realtà i risultati che si ricavano dagli svolgimenti dell'Allievi il quale ammise invece la variazione lineare, col tempo, dell'area della sezione di efflusso per effetto della manovra dell'otturatore, ritenendo costante il

(1) È facile riconoscere che l'errore che si commette trascurando il termine relativo alle inerzie locali ha in generale valore trascurabile nei casi reali di condotte per forza motrice abbastanza lunghe, funzionanti con carichi medi e alti e con manovre normali dell'otturatore.

Nei casi di condotte brevissime e con salti assai limitati l'errore percentuale può invece essere sensibile; naturalmente a pari valore della espressione $\frac{\Sigma}{g} \frac{\partial V}{\partial t} \int_{s_0} \frac{ds}{\sigma_d}$ detto errore percentuale è tanto maggiore quanto minore è il salto; in particolare, per lo stesso sistema condotta-otturatore, esso è maggiore quando si producono delle depressioni nella condotta rispetto a quando si verificano delle soprapressioni.

(1) Op. cit. - Nota 2.

coefficiente di efflusso per tutti i gradi di apertura. Tale costanza in pratica non può sussistere (1).

Anche il De Sparre (2) fornisce le formule atte al calcolo diretto dei valori massimi delle soprapressioni, e delle depressioni, consecutivi ad ogni manovra dell'otturatore; formule valevoli anche esse nell'ipotesi di manovra lineare, posta dall'Allievi, limitatamente alle manovre che producono variazioni di pressione inferiori al 50 % del carico $\frac{p_0}{\gamma}$ che esiste alla base della condotta nel regime che precede la manovra.

È noto che per trattare l'argomento occorre distinguere le manovre brusche $T_c \leq \frac{2L}{a} = \tau$ da quelle lente $T_c > \frac{2L}{a}$, essendo $T_c$, come al solito, la durata di una manovra generica dell'otturatore, $L$ la lunghezza della condotta, $a$ la *celerità* delle perturbazioni idrodinamiche (3) e infine $\tau = \frac{2L}{a}$ la *durata della fase.*

a) *Massima soprapressione dovuta ad una chiusura brusca.*

È indipendente dalla legge di chiusura. Per la manovra che provochi la variazione $V_0 - V$ di velocità nella condotta si ha:

(7) $$\Delta p = \rho\, a\, (V_0 - V)$$

risulta quindi che il massimo colpo di ariete viene raggiunto solo al termine della manovra ed è dato dalla (7).

Fra tutte le chiusure brusche che si iniziano dalla condizione per cui la velocità di regime è $V_0$, quella a cui compete il valore massimo della soprapressione è la chiusura totale per cui si ha $V = 0$ e

(8) $$\Delta p_{max} = \rho\, a\, V_0$$

od anche introducendo la notazione di Allievi:

$$R = \frac{\rho\, a\, V_0}{2\, p_0} = \frac{a\, V_0}{2\, g\, H_0}$$

in cui $H_0 = \frac{p_0}{\gamma}$ è il carico nella sezione che si considera all'inizio della manovra; si ha:

(9) $$\frac{\Delta p_{max}}{p_0} = 2\, R$$

Cioè fra le infinite chiusure brusche che si possono compiere, iniziandosi dall'apertura a cui corrisponde la velocità $V_0$ di regime nella condotta, quella a cui corrisponde il valore massimo del colpo di ariete è la chiusura totale per cui si ha in generale:

$$\Delta p_{max} = \rho\, a\, V_0 = 2\, p_0\, R$$

espressione indipendente dalla legge e quindi dal tempo di chiusura. Per le manovre di chiusura totale che si compiono nel tempo pari alla durata della fase $\left(\text{cioè per } T_c = \tau = \frac{2L}{a}\right)$ la precedente si può scrivere in particolare:

$$\Delta p_{max} = \frac{2\, \rho\, L\, V_0}{T_c} \quad \text{(espressione di Michaud)}$$

valore indipendente dalla celerità $a$ e quindi anche dalle caratteristiche elastiche della condotta.

b) *Chiusura lenta* $\left(T_c > \frac{2L}{a}\right)$.

Si considerano ora le manovre lente lineari dell'otturatore, ossia quelle alle quali corrisponde la espressione (6) della $B\,(t)$, per le quali l'Allievi adottò per unità di misura dei tempi di durata $\frac{2L}{a} = \tau$ della fase, ponendo:

$$\frac{T_c}{\tau} = \frac{T_c}{\frac{2L}{a}} = \Theta$$

e prese per unità di misura delle pressioni la pressione $p_0$ ponendo:

$$Z^2 = \frac{p}{p_0} = \frac{p_0 + \Delta p}{p_0}.$$

Con questi simboli (1) la formula di ricorrenza di Allievi si scrive:

(10) $$Z^2_n + Z^2_{n-1} - 2 = 2\, R\, (B_{n-1}\, Z_{n-1} - B_n\, Z_n)$$

essendo per le chiusure lineari:

$$B = B\,(t) = 1 - \frac{t}{\Theta}$$

e $Z^2_n = \frac{p_0 + \Delta_n p}{p_0}$ il valore percentuale della pressione all'istante $t_n$, per cui si verifica la soprapressione $\Delta_n p$, $Z^2_{n-1}$ il valore analogo al tempo $t - \tau = t - \frac{2L}{a}$, $B_n$ e $B_{n-1}$ i valori della funzione $B\,(t)$ agli istanti $t$ e $t - \tau$ rispettivamente (1):

*Osservazione.* – Dalla (10) risulta che le vicende del colpo di ariete per manovre lente dipendono dalle condizioni di efflusso nell'istante $t$ che si considera e negli istanti omologhi $\left(t - \frac{2L}{a},\ t - \frac{4L}{a}, \ldots \text{ ecc.}\right)$ delle fasi precedenti, ossia influisce eminentemente il tipo della funzione $B\,(t) = \frac{c\, \sigma}{c_0\, \sigma_0}$.

È quindi bene rilevare ancora una volta (2) che tanto le formule del De Sparre come la parte della trattazione dell'Allievi che si occupa della ricerca della massima (o della minima)

(1) Effettivamente la diminuzione del valore del coefficiente di efflusso $c$ che si verifica per i piccoli gradi di apertura è in parte compensata dal fatto che, col diminuire del grado di apertura e quindi della portata scaricata, diminuiscono pure le perdite di carico continue nella condotta mentre dette perdite non sono messe in conto dalla teoria di Allievi. Però la compensazione totale per valori piccolissimi dell'area di efflusso non può verificarsi. Invece la relazione (6) superiore può essere sensibilmente realizzata con i consueti organi di chiusura della macchina ad azione; si noti che anche per le manovre da essa rappresentate rimangono inalterati tutti gli svolgimenti dell'Allievi e pure inalterate rimangono tutte le loro conseguenze anche particolari.

(2) Opera citata.

(3) Il valore della celerità $a$ per i tubi sottili si può calcolare colla espressione proposta dall'Allievi nella nota 1, oppure vedi anche De Marchi: « Idraulica ». Hoepli, pag. 278.

$$a = \frac{a^*}{\sqrt{1 + k\,\frac{D}{e}}} \quad (a^* = \text{velocità del suono del liquido: per l'acqua } a^* = 1425 \text{ m/sec.})$$

dove $D$ ed $e$ sono il diametro e lo spessore del tubo,
$k = 0.01$ per il ferro e l'acciaio,
$k = 0.02$ per la ghisa.

(1) L'Allievi ha posto $\rho = \frac{a\, V_0}{2\, g\, H_0}$ ed ha indicato con $\zeta^2$ i valori percentuali del carico dinamico. Si sono cambiati questi simboli per non ingenerare confusione essendo $\rho$ e $\zeta$ rispettivamente adoperati, in generale, per indicare la densità del liquido e le quote geometriche.

(2) In altro modo ciò è dimostrato dall'Ing. Fossa-Mancini, *Elettrotecnica*, 25 febbraio 1931, pag. 121 e risulta molto evidente anche dalla costruzione grafica del prof. Conti: « Condotte forzate ». Roma, 1922, dispense litografate e De Marchi « Idraulica », op. cit. pag. 299.

sopraressione conseguenti ad una manovra dell'otturatore, possono accettarsi solo quando almeno approssimativamente si tratti delle manovre che, corrispondendo alla (6), sono state chiamate lineari.

Dalla (10) risulta che le vicende del colpo di ariete sono governate dalle quantità:

$$R = \frac{\rho\, a\, V_0}{2\, p_0} \quad ; \quad \Theta = \frac{T_c\, a}{2\, L} = \frac{T_c}{\tau}$$

dove tutti i simboli sono noti.

Due condotte differentissime fra loro, per manovre pure esse assai differenti, agli effetti del colpo di ariete si comportano, cioè, in modo identico, purchè corrispondano loro valori uguali delle quantità $R$ e $\Theta$ e ciò si può verificare in una triplice infinità di modi.

L'Allievi, per le manovre di chiusura, riassunse tutti i risultati di indagine analitica nel grafico che denominò « Abaco generale del colpo d'ariete in chiusura » in cui nel sistema di assi cartesiani $R$ e $\Theta$ rappresenta le funzioni del tipo:

$$(11) \qquad \psi\,(R,\, \Theta) = \text{cost.}$$

ossia tutti i casi di colpo di ariete che godono della proprietà rappresentata algebricamente da una funzione del tipo (11).

In particolare tutti i casi a cui compete lo stesso valore massimo della sopraressione percentuale $\frac{\Delta p_{max}}{p_0}$ per i quali si ha cioè:

$$(12) \qquad Z^2_{max} = 1 + \frac{\Delta p_{max}}{p_0} = \psi\,(R,\, \Theta) = \text{cost.}$$

sono rappresentati in una curva nel sistema cartesiano $(R,\, \Theta)$.

Le curve che, per i diversi valori della costante, rappresentano le funzioni (12) o, quello che è lo stesso, le

$$Z^2_{max} - 1 = \frac{\Delta p_{max}}{p_0} = K = \text{cost.}$$

sono le più interessanti dal punto di vista pratico e sono quelle tracciate con tratto pieno in fig. 2.

Come è noto la striscia parallela all'asse $R$ compresa fra $\Theta = 0$ e la $\Theta = 1$ è la zona di *brusca chiusura*, ossia contiene tutti i punti rappresentativi per cui il colpo d'ariete è indipendente dal tempo di chiusura e per i quali il colpo di ariete massimo percentuale è rappresentabile dalla formula unica:

$$Z^2_{max} - 1 = \frac{\Delta p_{max}}{p_0} = \frac{\rho\, a\, V_0}{p_0} = 2\,R$$

c) *Confronto dell'abaco del colpo d'ariete di chiusura dell'Allievi con la espressione del Michaud* (1) (fig. 2).

Per rendersi conto del significato del confronto che si istituisce si osservi che introdotte le variabili $R$ e $\Theta$, il valore della sopraressione fornita dalla espressione del Michaud, in percentuale della pressione statica, si può scrivere:

$$\frac{2\,\rho\, L\, V_0}{p_0\, T_c} = \frac{2\,\rho\, a\, V_0}{2\, p_0} : \frac{T_c}{2\, L/a} = 2\,\frac{R}{\Theta}$$

Quindi nel piano cartesiano $R$, $\Theta$ ogni retta uscente dall'origine rappresenta il luogo geometrico dei casi di chiusura per i quali la espressione del Michaud dà un unico e determinato valore.

Cioè tutti i casi di colpo d'ariete di chiusura per cui l'applicazione di tale formula conduce allo stesso risultato $K$, si trovano nel raggio uscente dall'origine a cui compete il coefficiente angolare:

$$\frac{R}{\Theta} = \frac{K}{2}$$

(1) Il modo di rappresentazione della funzione $\frac{R}{\Theta}$ = cost. è stato già adottato per il colpo di ariete di chiusura da G. B. Ugolini, *Annali dei Lavori Pubblici*, gennaio-febbraio 1924.

Con le considerazioni che precedono resta facile il confronto fra i risultati che fornisce l'abaco dell'Allievi e quelli forniti dalla espressione del Michaud (fig. 2).

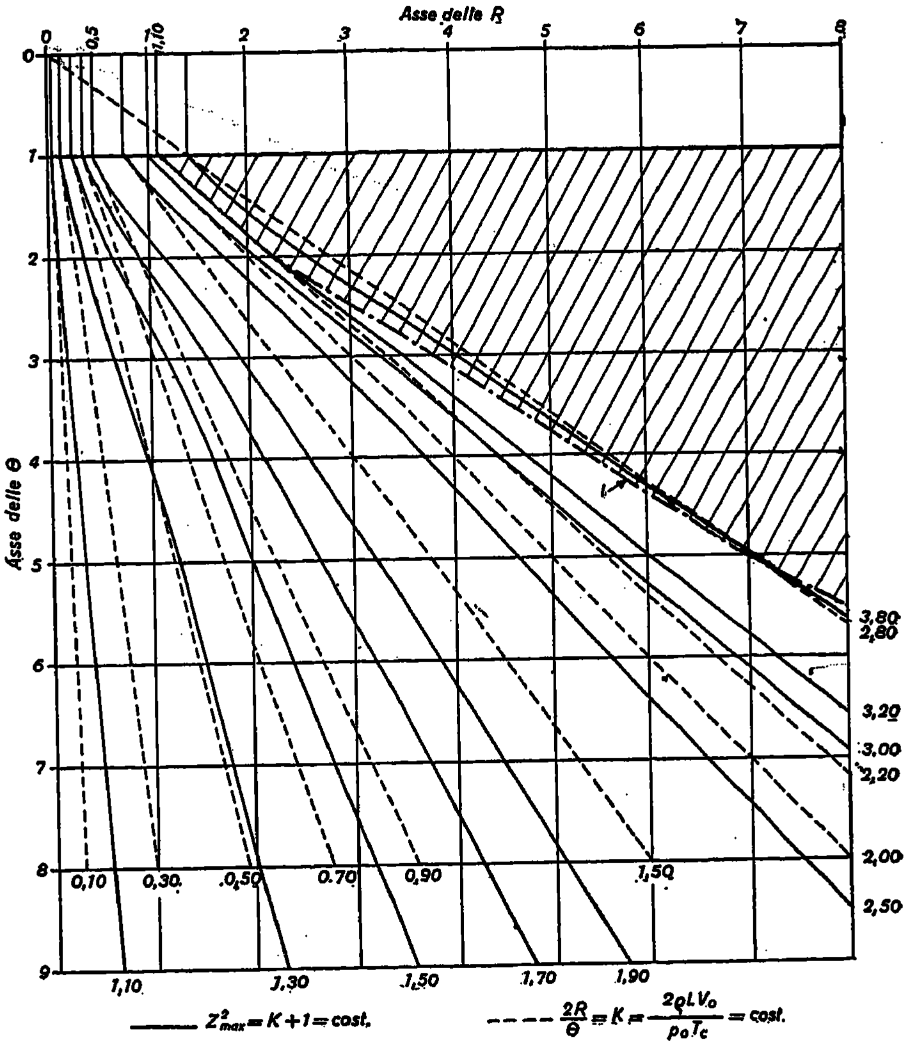



Fig. 2. - Abaco dei carichi massimi per manovre di chiusura. Confronto grafico con la espressione di Michaud. La parte del diagramma che è tratteggiata corrisponde alla zona di chiusura lenta per la quale la espressione di Michaud fornirebbe dei valori in difetto.

Consideriamo la curva dell'abaco che rappresenta il luogo geometrico:

$$\alpha) \qquad Z^2_{max} = K + 1 = 1 + \frac{\Delta p_{max}}{p_0}$$

e il raggio, tratteggiato in figura, uscente dall'origine che rappresenta il luogo geometrico

$$\beta) \qquad \frac{R}{\Theta} = \frac{\rho\, L\, V_0}{p_0\, T_c} = \frac{K}{2}\ ;$$

in altre parole i luoghi geometrici che, rispettivamente, nell'abaco dell'Allievi e nella rappresentazione grafica della formula del Michaud corrispondono allo stesso valore $\Delta p_{max}$ della sopraressione.

Qualunque sia il valore di $K$, tali luoghi geometrici hanno sempre un punto a comune che cade sulla orizzontale $\Theta = 1$ ed ha per ascissa il valore $\frac{K}{2}$.

Ossia: per le chiusure della durata di una fase l'abaco dell'Allievi e la formula del Michaud conducono allo stesso risultato. (Ciò si poteva prevedere dalla (9)).

Per $T_c < \frac{2\,L}{a}$ $(\Theta < 1)$ il luogo geometrico che corrisponde alla $\alpha)$ — per la posizione dell'abaco come quella di fig. 2 — si trova tutto a destra del luogo geometrico corrispondente alla $\beta)$, ossia nella zona di chiusura brusca $(\Theta < 1)$ la formula del Michaud dà risultati in eccesso.

Per $T_c > \frac{2\,L}{a}$, ossia per chiusure lente (fig. 2), il luogo geo-

metrico corrispondente alla $\alpha$) è sempre a destra del luogo geometrico corrispondente alla $\beta$) finchè $K \leqq 2{,}20$.

*Ossia per le chiusure lente finchè il colpo di ariete massimo percentuale $K$ è minore di 2,20 la formula del Michaud dà risultati in eccesso: per $K > 2{,}20$ la formula del Michaud può dare dei risultati in difetto e la curva $l$ separa i casi di chiusura lenta per cui la formula del Michaud è in eccesso da quelli per cui è in difetto.*

In altre parole (fig. 2):

1°) Per $T_c < \dfrac{2L}{a}$ ($\Theta < 1$) la formula del Michaud dà risultati in eccesso rispetto a quelli forniti dall'abaco di Allievi che forniscono invece:

$$\frac{\Delta p_{\max}}{p_0} = \frac{\rho\, a\, V_0}{p_0}$$

2°) Per $T_c = \dfrac{2L}{a}$ ($\Theta = 1$) la formula del Michaud e l'abaco forniscono gli stessi risultati.

3°) Per $T_c > \dfrac{2L}{a}$ ($\Theta > 1$) la formula del Michaud dà risultati in eccesso rispetto a quelli forniti dall'abaco finchè la manovra di chiusura è tale che:

$$\frac{\Delta p_{\max}}{p_0} \leqq 2{,}20$$

4°) Oltre tale valore della pressione massima percentuale la formula del Michaud può risultare in difetto; la zona tratteggiata della fig. 2, limitata dalla $\Theta = 1$ e dalla curva $l$, nel senso delle $R$ crescenti, è quella in cui la formula del Michaud è in difetto.

### IV – Colpo di ariete di chiusura massimo assoluto.

Tecnicamente di tutto lo studio del colpo di ariete interessa in modo principalissimo la parte che concerne la determinazione della massima soprapressione verificabile nell'esercizio dell'impianto, anche *nella eventualità più sfavorevole*.

In altre parole date le caratteristiche meccanico-idrauliche della tubazione e della macchina interessa di saper determinare, non già il massimo colpo d'ariete che si può verificare nella condotta per effetto di una data manovra dell'otturatore, ma il massimo dei massimi colpi d'ariete relativi a tutte le manovre che si possono eseguire con quel determinato otturatore, ossia il *colpo di ariete massimo assoluto* (o *soprapressione critica*) per l'esercizio dell'impianto. Si vedrà che, per il caso di chiusure lineari e quando l'organo otturatore si sposta per qualsivoglia manovra con velocità unica, tale soprapressione critica è calcolabile colla espressione di Michaud che in questo caso si può scrivere:

$$\Delta p_{\max} \textit{ assoluto} = \frac{2\, \rho\, L\, V_{\max}}{T_{\max}}$$

essendo $V_{\max}$ la velocità di regime corrispondente al grado di apertura totale (con sezione di efflusso pari a $\sigma_{\max}$) e $T_{\max}$ il tempo necessario per produrre la chiusura completa da tale grado di apertura dell'otturatore.

I diversi casi di chiusura che si possono presentare per una determinata condotta appartengono ad uno dei gruppi seguenti:

*a*) manovre che portano alla chiusura completa dell'otturatore,

*b*) manovre che iniziandosi ad un grado qualunque di apertura terminano prima che la completa chiusura sia raggiunta.

Il gruppo *b*) non presenta interesse per lo scopo che è ora argomento di studio, perchè l'Allievi ha dimostrato che se l'otturatore si arresta prima che si raggiunga la chiusura totale, il valore del colpo d'ariete negli istanti che seguono quelli in cui la manovra si è arrestata, non supera mai la soprapressione che si è verificata alla fine della manovra: quindi la massima soprapressione corrispondente ad una chiusura non completa, che si inizia ad un determinato grado di apertura, può essere tutt'al più uguale a quella che si verifica per la manovra di chiusura completa che si inizia allo stesso grado di apertura.

Ciò stabilito per studiare quale sia il colpo di ariete di chiusura massimo assoluto, che si può verificare in un dato impianto, basterà trovare quale sia la manovra di chiusura completa per cui si ottiene la soprapressione massima assoluta.

Partendo da tale punto di vista il Gariel (1) valendosi come si è già detto delle formule del De Sparre (2) che dànno il valore del colpo di ariete massimo dovuto ad una data manovra di chiusura — formule valide come si è detto fino a che il colpo di ariete non supera la metà del carico statico — trae alcune conclusioni interessantissime per lo scopo che ora interessa.

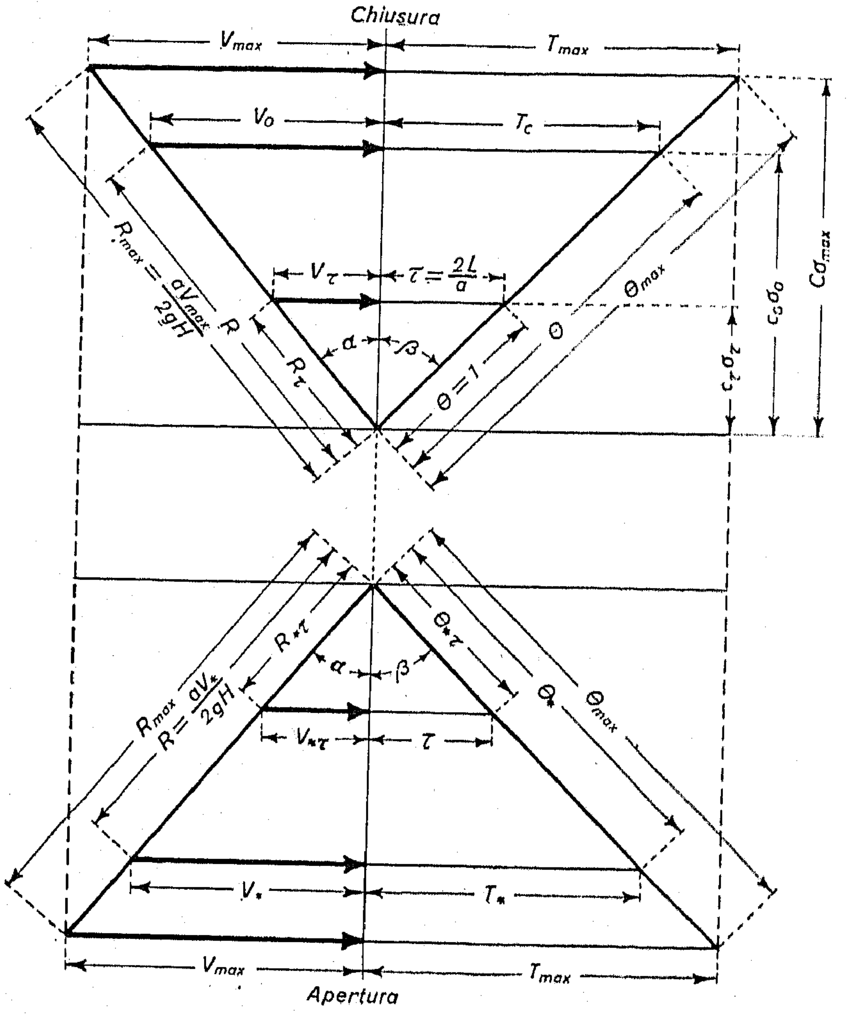



Fig. 3. - Rappresentazione grafica indicativa dei simboli relativi alle manovre compiute con velocità fissa dell'organo otturatore. Gli angoli $\alpha$ e $\beta$ sono arbitrari perchè dipendono dalla scala del disegno: $V_0$ è la velocità generica nella condotta prima che si inizi la manovra di chiusura che si compie nel tempo $T_c$; $V_*$ è la velocità che si ha a regime nella condotta dopo la manovra di apertura, da completa chiusura, che si compie nel tempo $T_*$. Sono verificate le relazioni:

$$\frac{R}{\Theta} = \frac{R_*}{\Theta_*} = \frac{R_{\max}}{T_{\max}} = \frac{R_\tau}{1} = \frac{L\, V_{\max}}{g\, H\, T_{\max}}.$$

Ma le stesse conclusioni più generalizzate si possono ottenere quando nell'indagine ci si serva dell'abaco dell'Allievi. Infatti siano (fig. 3):

$V_{\max}$ come si è detto la massima velocità che si può raggiungere nella condotta,

$\sigma_{\max}$ l'area di efflusso per l'apertura totale dell'otturatore e per cui si verifica la velocità $V_{\max}$,

$C$ il coefficiente di efflusso per tale apertura dell'otturatore,

$T_{\max}$ il tempo necessario per la completa chiusura a partire da detta apertura,

$V_0$, $\sigma_0$, $c_0$, $T_c$ le quantità corrispondenti sopra dette relative ad una apertura parziale.

---

(1) M. Gariel: *Revue Générale de l'Électricité*, 21 settembre e 5 ottobre 1918.

(2) Op. citata, pagg. 53 a 55.

Si tratti inoltre di chiusure lineari per cui si ha:

$$\frac{c\,\sigma}{C\,\sigma_{max}} = \frac{B}{B_{max}} = 1 - \frac{t}{T_{max}}$$

$$\frac{c\,\sigma}{c_0\,\sigma_0} = \frac{B}{B_0} = 1 - \frac{t}{T_c}$$

e per cui si ha (fig. 3)

$$(13) \qquad \frac{C_0\,\sigma_0}{C\,\sigma_{max}} = \frac{B_0}{B_{max}} = \frac{V_0}{V_{max}} = \frac{T_c}{T_{max}}$$

ossia si considerino le macchine per cui si può ritenere che il prodotto $c\,\sigma$ vari linearmente cogli spostamenti dell'otturatore e che tali spostamenti si compiano con velocità unica per qualsiasi manovra parziale o totale. Implicitamente la (13) ammette anche che il carico $H$ che esiste a monte dell'otturatore prima che si inizi la manovra sia costante qualunque sia lo spostamento compiuto dall'otturatore.

Indicando con $R_{max}$ e $\Theta_{max}$, le quantità che compariscono nella rappresentazione grafica dell'Allievi e relative alla manovra di chiusura che si inizia dall'apertura totale $\sigma_{max}$, con $R$ e $\Theta$ le stesse quantità relative alla manovra che si inizia da un'apertura parziale generica $\sigma_0$, per la (13) si ha (vedi anche fig. 3):

$$\frac{R}{\Theta} : \frac{R_{max}}{\Theta_{max}} = 1$$

ossia:

$$(14) \qquad \frac{R}{\Theta} = \frac{R_{max}}{\Theta_{max}} = \text{cost.} = \frac{K}{2}$$

Quindi per le manovre definite dalla (13) e (14), nella rappresentazione cartesiana dell'Allievi (fig. 2) tutti i casi di chiusura che si possono verificare con un dato sistema condotta-otturatore sono rappresentati da punti che si trovano sullo stesso raggio uscente dall'origine. Tale raggio passa per il punto di coordinate:

$$R_\tau = \frac{R_{max}}{\Theta_{max}} = \frac{\rho\, a\, V_{max}}{2\, p_0} : \frac{T_{max}}{2\, L/a} \qquad \Theta = 1$$

posto $R_\tau$ il valore di $R$ per $\Theta = 1$.

Ma lo stesso raggio nell'abaco della fig. 2 rappresenta anche tutti i casi di chiusura per cui la espressione di Michaud fornisce quel particolare valore costante $R_\tau$ ossia:

$$\frac{2\,\rho\, L\, V_{max}}{p_0\, T_{max}} = \frac{2\, R_{max}}{\Theta_{max}} = R_\tau = \text{cost.}$$

e per quanto è risultato al § III, quando si è trattato del confronto della formula del Michaud coll'abaco dell'Allievi, si può anche dire:

fino a che $\frac{2\, R_{max}}{\Theta_{max}} \leqq 2{,}20$, e questa condizione contempla sicuramente tutti i casi che normalmente si possono presentare in pratica, essendo soddisfatte le (13) e (14), di tutte le manovre lente $\left(T_c > \frac{2\,L}{a}\right)$ la più sfavorevole dal punto di vista del colpo di ariete in chiusura è la manovra di chiusura totale che si compie in un tempo pari alla durata della fase e per tale chiusura la soprapressione è data dalla formula del Michaud:

$$\Delta\, p_{max}\ \textit{assoluto} = \frac{2\,\rho\, L\, V_{max}}{T_{max}}$$

Al § III è stato pure notato che per le chiusure brusche $\left(T_c < \frac{2\,L}{c}\right)$ la formula del Michaud dà risultati in eccesso e che per tali chiusure la massima soprapressione è rappresentabile con una formula unica indipendente dalla legge di manovra dell'otturatore. In tal caso si ha cioè:

$$\Delta\, p_{max} = \rho\, a\, V_0$$

essendo $V_0$ la velocità del regime, nella condotta, a cui si inizia la manovra; ossia nel caso, assai particolare, di un impianto tale che ogni possibile manovra di chiusura può avvenire in un tempo minore della durata della fase si avrebbe:

$$\Delta\, p_{max}\ \textit{assoluto} = \rho\, a\, V_{max}$$

La figura 4 è stata disegnata servendoci dell'abaco di Allievi allo scopo di dimostrare graficamente in qual modo vari per i tre diversi sistemi condotta-otturatore, contrassegnati cogli indici 1, 2 e 3, in figura, l'entità della massima soprapressione conseguente alle varie manovre di chiusura totale che possono compiersi partendo da differenti gradi di apertura nell'ipotesi ammessa di velocità fissa dell'organo otturatore.

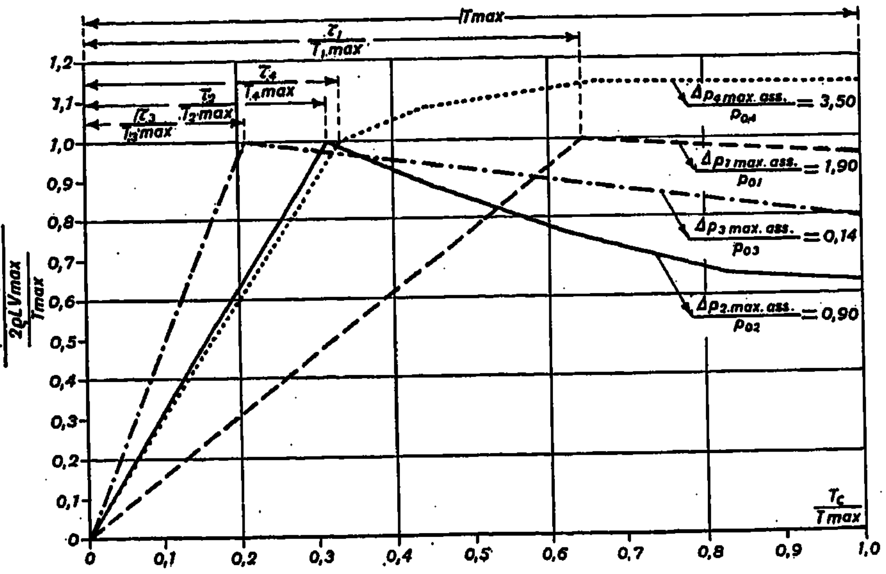



Fig. 4. - Valori della soprapressione conseguenti a manovre di chiusura totale che si iniziano a differenti gradi di apertura. I valori sono espressi col loro rapporto rispetto alla soprapressione fornita dalla espressione di Michaud.

Per semplicità e per rappresentare in un unico grafico differenti sistemi condotta-otturatore sulle ascisse sono rappresentati i rapporti di $T_c$ rispetto a $T_{max}$ della manovra generica rispetto a quella di completa chiusura da completa apertura; in ordinate sono rappresentati i rapporti della soprapressione massima conseguente alla manovra generica rispetto alla soprapressione fornita dalla espressione di Michaud.

Dalla figura risulta evidente che per le chiusure lente l'entità della massima soprapressione è tanto maggiore quanto minore è il grado di apertura al quale si inizia la manovra di chiusura. Risulta inoltre chiaro come l'entità della massima soprapressione raggiunga e non oltrepassi il valore fornito dalla espressione di Michaud entro i limiti che corrispondono agli impianti sopra detti. Però si rileva che questi coprono certamente tutto il campo della pratica poichè la linea a tratti corrisponde ad un carico statico di circa 50 m ed al valore di oltre 1,90 del massimo colpo di ariete percentuale: la linea a tratto continuo corrisponde ad un sistema condotta-otturatore con m. 75 di carico statico e soprapressione massima percentuale pari a 0,90: infine per la linea a tratto e punto i detti elementi corrispondono rispettivamente a m 600 circa e 0,14. Evidentemente le conclusioni che si possono trarre dalla figura 4 valgono anche per tutti gli impianti con colpo di ariete percentuale max. assoluto minore di 0,14.

Per scopo solo dimostrativo si riporta in fig. 4 nella linea segnata a punti, e contrassegnata coll'indice 4 nei suoi elementi, il caso di un sistema condotta-otturatore per cui la espressione del Michaud darebbe dei risultati in difetto del 14 per cento rispetto ai valori forniti dall'abaco di Allievi. Si tratta però, di un caso di colpo di ariete per cui la massima soprapressione è pari a 3,50 volte la pressione statica e cioè di un caso puramente ipotetico, che non potrebbe realizzarsi in pratica, come risulterà anche dalle considerazioni svolte al seguente paragrafo VIII.

V – Massima depressione conseguente ad una data manovra di apertura. Depressione massima assoluta relativa a manovre di apertura lineare.

Con il simbolo $Z^2_{min}$ si contrassegnerà il minimo (algebrico) fra i valori percentuali dei carichi che si determinano nella sezione a monte dell'otturatore durante le vicende del moto perturbato in conseguenza di una determinata manovra dell'otturatore.

A detto valore minimo del carico percentuale, che può divenire negativo quando si riferiscano le pressioni a quella atmosferica considerata come nulla, corrisponde la variazione di pressione $\Delta p_{min}$ che è quindi il valore algebricamente più piccolo della variazione di pressione che viene a prodursi nella detta sezione della condotta per la sopradetta determinata manovra.

I simboli $Z^2_{min}$ e $\Delta p_{min}$ contengono, quindi, implicitamente il segno algebrico che loro spetta. Più specificatamente il secondo di questi simboli starebbe a rappresentare la più piccola in valore assoluto, fra le variazioni di pressione nel caso che detta variazione di pressione si mantenga sempre positiva (soprapressione); rappresenta invece la depressione massima quando le vicende del colpo di ariete producano un carico dinamico minore del carico statico (questo è il caso che propriamente si riguarda nella presente nota).

Le stesse considerazioni al riguardo del segno algebrico si dovranno tener presenti anche in ciò che segue al riguardo dei simboli $Z^2_{min.\ assoluto}$ e $\Delta p_{min.\ assoluto}$ l'ultimo dei quali sta a rappresentare il minimo (algebrico) fra tutti i valori delle variazioni di pressione che possono verificarsi nel complesso di tutte le manovre che si rendono possibili con lo stesso sistema condotta-otturatore.

L'Allievi raggruppa tutte le possibili manovre di apertura in due tipi:

*a*) manovre che si iniziano da condizioni di apertura parziale della sezione di efflusso;

*b*) manovre che si iniziano da completa chiusura (apertura di messa in funzione).

Per le manovre del tipo *a*) l'Allievi giunge ad un'abaco (fig. 5 - linee a tratto pieno) in cui nel solito sistema cartesiano:

$$R = \frac{\rho a V_0}{2 p_0} \; ; \; \Theta = \frac{T_c a}{2L}$$

— essendo $V_0$ la velocità nella condotta quando si inizia la manovra e $T_c$ il tempo che sarebbe necessario per produrre la completa chiusura dall'apertura iniziale — sono rappresentati i luoghi geometrici per cui

$$Z^2_{min} = 1 + \frac{\Delta p_{min}}{p_0} = \text{cost.}$$

Per le manovre del tipo *b*) l'Allievi giunge all'abaco (1) in cui nel sistema cartesiano

$$R_* = \frac{\rho a V_*}{2 p_0} \; ; \; \Theta_* = \frac{T_* a}{2L}$$

— essendo $V_*$ la velocità di regime nella condotta corrispondente alla posizione dell'otturatore che si raggiunge alla fine della manovra e $T_*$ la durata di manovra — sono rappresentate ancora le curve luoghi geometrici per cui si ha:

$$Z^2_{min} = 1 + \frac{\Delta p_{min}}{p_0} = \text{cost.}$$

Il modo di servirsi degli abachi è ovvio.

Nel presente studio l'abaco dell'Allievi relativo alle manovre del tipo *a*) rappresentato colle linee a tratto pieno in fig. 5 sarà adoperato per la ricerca del colpo di ariete minimo assoluto (depressione massima assoluta) conseguente alle diverse manovre di apertura lineari ottenute con velocità unica dell'organo otturatore (tale velocità è la stessa di quella con cui si effettuano le chiusure).

Con i simboli già noti si deve avere in tal caso:

$$\frac{V_0}{T_c} = \frac{V_*}{T_*} = \frac{V_{max}}{T_{max}} = \text{cost.}$$

Per qualunque manovra si avrà quindi (come è rappresentato in fig. 3)

$$\frac{R}{\Theta} = \frac{R_*}{\Theta_*} = \frac{R_{max}}{\Theta_{max}} = \text{cost.}$$

Si può perciò dire che tutte le manovre di apertura consentite da un determinato sistema condotta-otturatore, sia che si inizino da completa chiusura (apertura di messa in funzione) come da un grado di apertura non nullo, sono rappresentati, nelle rappresentazioni grafiche dell'Allievi $(R, \Theta)$ $(R_*, \Theta_*)$, da altrettanti punti di un raggio uscente dall'origine; ed in ambedue le rappresentazioni il coefficiente angolare del raggio stesso ha il valore comune:

$$\frac{R}{\Theta} = \frac{R_*}{\Theta_*} = \frac{R_{max}}{\Theta_{max}} = \frac{\rho L v_{max}}{p_0 T_{max}} \quad (p_0 = \gamma H)$$

Ciò posto si può riconoscere quali siano le manovre di apertura più pericolose riguardo alle depressioni che esse provocano nella condotta:

1) *Aperture brusche* $\left(T_* < \frac{2L}{a}\right)$. Per tali aperture la depressione massima si verifica alla fine dell'apertura e vale

$$\Delta p_{min} = \rho a (V_0 - V)$$

essendo: $V_0$ la velocità della condotta all'inizio della manovra e $V$ la velocità alla fine della manovra stessa.

Indicando, come al solito, con $V_*$ la velocità nella condotta per la condizione di regime corrispondente alla posizione raggiunta dall'otturatore a manovra ultimata, poichè:

$$V = V_* \sqrt{1 + \frac{\Delta p_{min}}{p_0}}$$

si avrà:

$$\frac{\Delta p_{min}}{p_0} + \frac{\rho a V_*}{p_0} \sqrt{1 + \frac{\Delta p_{min}}{p_0}} = \frac{\rho a V_0}{p_0} \qquad (15)$$

ed essendo:

$$V_* > 0 \; ; \; V_0 \geq 0$$

risulta che di tutte le manovre di apertura brusca che iniziandosi a gradi di aperture diversi terminano allo stesso grado di apertura ($V_* = \text{cost.}$), quella che produce la depressione maggiore è la manovra che si inizia da completa chiusura ($V_0 = 0$).

Per tale manovra ponendo come al solito:

$$\frac{\rho a V_*}{2 p_0} = R_*$$

la (15) fornisce:

$$\frac{\Delta p_{min}}{p_0} = 2 R_* \left(R_* - \sqrt{R_*^2 + 1}\right). \qquad (16)$$

Variando $R_*$ fra il valore zero e circa 4, ossia per tutti i casi della pratica (a $R_* = 4$ per effetto del moto perturbato si verifica nella sezione a monte dell'otturatore un carico pari a circa il 2% del carico statico), il 2° membro della (16) è sempre decrescente algebricamente, e quindi fra le infinite aperture brusche realizzabili quella che produce la depressione massima è la manovra che iniziandosi da completa chiusura giunge al massima grado di apertura possibile.

Pertanto la massima depressione realizzabile in conseguenza di tutte le manovre di apertura brusca, che durano, cioè, un tempo minore della durata della fase $\left(T_{max} < \frac{2L}{a}\right)$ risulta:

(1) Nota 3, op. cit. « Abaco dei carichi $Z^2$, per apertura di messa in funzione ». Fig. 37.

$$(17)\quad \Delta p_{\text{min. ass.}} = \rho\, a\, V_{max}\left[\frac{\rho\, a\, V_{max}}{2\, p_0} - \sqrt{\left(\frac{\rho\, a\, V_{max}}{2\, p_0}\right)^2 + 1}\,\right]$$

2) *Aperture lente.* Dalle note dell'Allievi risulta che per qualunque manovra lenta di messa in funzione la depressione massima si verifica alla fine della prima fase.

Dalla (16) in particolare si ricava la depressione massima corrispondente alla manovra di apertura, che iniziandosi da completa chiusura, si compie in un tempo pari alla durata della fase.

Se indichiamo per un momento con $R_{*\tau}$ il valore di $R$ relativo alla particolare manovra ($\Theta = 1$; $T_* = \tau$) tale massima depressione è data da:

$$\frac{\Delta p_{min}}{p_0} = 2\, R_{*\tau}\left[R_{*\tau} - \sqrt{(R_{*\tau})^2 + 1}\,\right]$$

Ma per un dato otturatore

$$R_{*\tau} = \frac{R}{\Theta} = \frac{R_*}{\Theta_*} = \frac{R_{max}}{\Theta_{max}} = \text{cost.}$$

quindi le infinite manovre lente di apertura da completa chiusura, relative allo stesso impianto producono tutte la stessa depressione massima che è di:

$$\frac{\Delta p_{\text{min. ass.}}}{p_0} = \frac{2\, R_{max}}{\Theta_{max}}\left\{\frac{R_{max}}{\Theta_{max}} - \sqrt{\left(\frac{R_{max}}{\Theta_{max}}\right)^2 + 1}\,\right\}$$

ossia:

$$(18)\quad \Delta p_{\text{min. ass.}} = \frac{2\,\rho\, L V_{max}}{T_{max}}\left\{\frac{\rho\, L V_{max}}{T_{max}} - \sqrt{\left(\frac{\rho\, L V_{max}}{T_{max}}\right)^2 + 1}\,\right\}$$

*c*) Per le aperture che non si iniziano da completa chiusura la depressione massima che si ricava dalla (18) non viene mai raggiunta.

Ciò si verifica facilmente ricordando che ogni possibile caso di apertura relativa alla stessa condotta si trova nell'abaco di fig. 5 in un punto del raggio uscente dall'origine avente il coefficiente angolare:

$$\frac{R}{\Theta} = \frac{R_{max}}{\Theta_{max}}$$

ed osservando che ogni raggio uscente dall'origine degli assi (fig. 5) si può interpretare anche come luogo geometrico dei casi di apertura per cui:

$$2\,\frac{R}{\Theta}\left\{\frac{R}{\Theta} - \sqrt{\left(\frac{R}{\Theta}\right)^2 + 1}\,\right\} = K_1 = \text{cost.}$$

Nella fig. 5 sono state tracciate le rette tratteggiate che corrispondono a diversi valori di $K_1$ servendosi della tabella seguente, che dà i valori di $\frac{R}{\Theta}$ corrispondenti ad alcuni valori di $K_1$, tabella che è stata tolta dall'opera di Allievi:

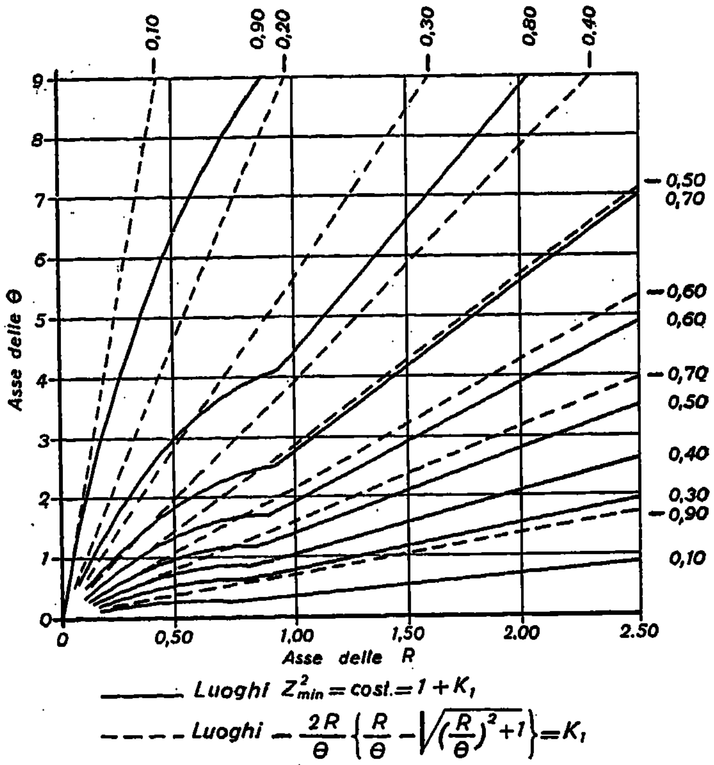



Fig. 5. - Abaco dei carichi minimi per manovre di apertura che non si iniziano da completa chiusura; confronto grafico di esso colla relazione

$$\frac{\Delta p_{min}}{p_0} = \frac{2\, R}{\Theta}\left(\frac{R}{\Theta} - \sqrt{\left(\frac{R}{\Theta}\right)^2 + 1}\,\right).$$

VI – Depressione massima assoluta e soprapressione massima assoluta nei contraccolpi, di ritorno a regime per manovre lineari (di chiusura e di apertura).

a) *Contraccolpi di soprapressione consecutivi a manovre di apertura.*

In conseguenza delle manovre di apertura completa ed a seguito della depressione iniziale si possono verificare delle soprapressioni e di intensità notevole.

L'Allievi (1) dimostra che tali soprapressioni si producono soltanto quando $R_* \leqq 0{,}75$ (salti piuttosto elevati); dimostra pure che i casi sfavorevoli si hanno per brusche aperture ($\Theta_* \leqq 1$) per le quali la soprapressione massima di contraccolpo è indipendente da $\Theta_*$ ed è data dalla tabella seguente:

| $R_* =$ | 0,1 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,40 | 0,50 | 0,75 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\frac{\Delta p_{max}}{p_0}$ (di contraccolpo) | 0,153 | 0,181 | 0,214 | 0,227 | 0,228 | 0,206 | 0,160 | — |

Essendo $R_* = \frac{\rho\, a\, V_*}{2\, p_0}$, e poichè per le chiusure brusche che iniziano al grado di apertura a cui corrisponde $V_*$ (e quindi $R$) la massima soprapressione di chiusura brusca è data da

$$\alpha)\quad \frac{\Delta p_{max}}{p_0} = \frac{\rho\, a\, V_*}{p_0} = 2\, R_*$$

| $K_1 =$ | — 0,1 | — 0,2 | — 0,3 | — 0,4 | — 0,5 | — 0,6 | — 0,7 | — 0,8 | — 0,9 | — 0,95 | — 0,98 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\frac{R}{\Theta} =$ | 0,052 | 0,112 | 0,179 | 0,257 | 0,353 | 0,475 | 0,638 | 0,895 | 1,424 | 2,12 | 2,475 |

Le rette tratteggiate sopra dette si trovano sempre a sinistra dei corrispondenti luoghi geometrici $Z^2_{min} = 1 + K_1$ dei casi di apertura che si iniziano da un grado non nullo di apertura dell'otturatore; ossia per le manovre che non si iniziano da completa chiusura il valore della soprapressione fornito dalla (18) non viene mai raggiunto.

colla scorta della precedente tabella si può concludere che la massima soprapressione consecutiva ad una data manovra brusca di apertura, è sempre inferiore al valore $2R_*$ della soprapressione dovuta alla manovra di chiusura brusca che si

(1) Allievi, *op. cit.* Nota 4.

inizia dallo stesso grado di apertura. Se poi, in particolare, la manovra di apertura si compie nella durata di una fase, $\Theta_* = 1$, (ammesse le manovre lineari e con velocità fissa dell'otturatore) tenendo conto della $\alpha$) e delle considerazioni precedenti si ha:

$$2 R_{*\tau} = \frac{2R}{\Theta} = \frac{2 R_{max}}{\Theta_{max}} = \frac{\Delta p_{max.\ assoluto}}{p_0}$$

Siccome il primo membro non è che l'espressione di Michaud, il valore fornito da questa risulta senz'altro superiore a quello della massima soprapressione calcolabile con la tabella precedente relativa ai contraccolpi consecutivi a manovre di apertura.

b) *Contraccolpi di depressione consecutivi a manovre di chiusura.*

Più importante agli effetti pratici è la questione che ora si tratta. Consideriamo infatti per una manovra di *chiusura brusca* ($\Theta \leqq 1$) e i valori $Z_1$ e $Z_c$ della pressione percentuale che si verificano all'istante di chiusura completa $t = \Theta$ e all'istante $t + \frac{2L}{a} = \Theta + 1$:

$$Z^2_1 = 1 + \frac{\Delta p_1}{p_0} \qquad (\text{per } t = \tau)$$

$$Z^2_c = 1 + \frac{\Delta p_c}{p_0} \qquad (\text{per } t = 2\tau)$$

La formula di ricorrenza dell'Allievi fornisce per questo caso particolare:

$$Z^2_1 - 1 = 2R$$

$$Z^2_1 + Z^2_c - 2 = 0$$

da cui

$$Z^2_c = 1 + \frac{\Delta p_c}{p_0} = 1 - 2R$$

$$(19) \qquad \frac{\Delta p_c}{p_0} = -2R = -\frac{\rho\, a\, V_0}{p_0}$$

e per le chiusure di durata $T_c = \frac{2L}{a} = \tau$ (per $\Theta = 1$), indicano con $V_\tau$ la velocità iniziale nella condotta che corrisponde a tale manovra:

$$(20) \qquad \Delta p_{min.\ di\ contraccolpo} = -\frac{2\rho L V_\tau}{\tau} = -\frac{2R}{\Theta}.$$

Evidentemente fra le infinite chiusure brusche realizzabili quella a cui corrisponde il valore minimo assoluto della pressione nella condotta per effetto dei contraccolpi conseguenti alla chiusura, per la (19), risulta quella che si è iniziata con il valore più elevato della velocità $V_0$, nella condotta.

Quindi nel caso di sistemi condotta-otturatore tali da non ammettere che chiusure brusche (corrisponde al caso raro, ma possibile, di condotte molto lunghe e di tempi e di chiusura relativamente brevi), qualunque sia la legge di manovra si ha:

$$(21) \qquad \Delta p_{min.\ ass.} = -\rho\, a\, V_{max}$$

*Chiusure lente.* Poichè, come al solito:

$$\frac{R}{\Theta} = \frac{R_{max}}{\Theta_{max}}$$

è facile riconoscere che la massima depressione assoluta per i contraccolpi di chiusura è:

$$(22) \qquad \Delta p_{min.\ ass.} = -\frac{2\rho L V_{max}}{T_{max}}$$

Questo valore si verifica anzitutto per la manovra di durata pari a quella della fase; dalla (20) si ha infatti:

$$\Delta p_{min} = -\frac{2R}{\Theta} = -\frac{2 R_{max}}{T_{max}} = -\frac{2\rho L V_{max}}{T_{max}}.$$

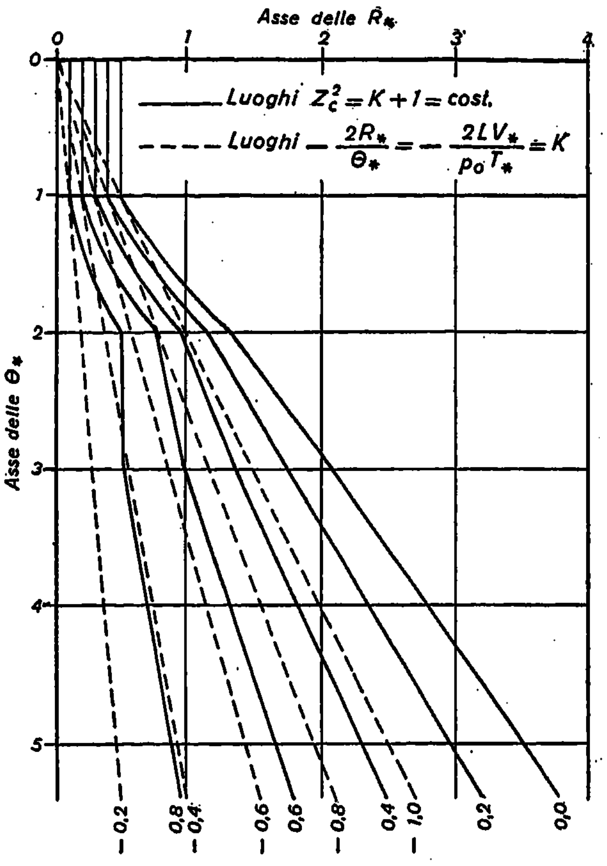



Fig. 6. - Abaco dei carichi di contraccolpo consecutivi a manovre di apertura completa. Confronto grafico con la espressione del Michaud.

Se invece $T_c > \frac{2L}{a}$, il valore dato dalla (22) non è mai raggiunto: ciò è mostrato nella fig. 6 in cui è stato eseguito il confronto grafico fra i luoghi geometrici $T_c = 1 + K =$ cost., per vari valori di $K$ (linee a tratto pieno) dell'abaco dei carichi di contraccolpo consecutivi a manovra di chiusura completa dell'Allievi, e i raggi che rappresentano, per gli stessi valori di $K$ l'espressione:

$$-2\frac{R}{\Theta} = -K = \text{cost.}$$

VII - Si è trovato al N.° V — formula (18) — che per gli impianti considerati e le aperture lente, la massima depressione è quella relativa alla manovra della durata di una fase, ed è data dalla (18) stessa.

Da quanto precede è altresì risultato che in conseguenza del contraccolpo dovuto alla chiusura completa della durata della fase si produce la massima depressione data da:

$$(22) \qquad \Delta p_{min.\ ass.} = -\frac{2\rho L V_{max}}{T}$$

Poichè si ha sempre $\frac{\rho L V_{max}}{T_{max}} > 0$, i risultati a cui conduce l'applicazione della (22) portano sempre a considerare una depressione maggiore di quelle che si otterrebbero applicando la (18). Quindi la conclusione, assai importante agli effetti pratici, che *la massima depressione* ($\Delta p_{min.\ ass.}$) *che si può verificare con un dato sistema condotta-otturatore, si produce, non durante o dopo una operazione di apertura bensì nella fase di contraccolpo che segue a una manovra di chiusura completa e precisamente a quella che si compie nel tempo pari alla durata della fase. Il valore della massima depressione in parola è dato dalla* (22). (Espressione di Michaud).

È da osservare a questo proposito che il Gariel (1) partendo

(1) *Op. cit.* ed anche BYDOUX: « *Hydraulique générale et appliquée* », pag. 94.

dalle formule del De Sparre, avrebbe proposto invece l'espressione:

$$\Delta p_{\text{min. ass.}} = - \frac{2 \rho L V_{max}}{T_{max}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\rho a V_T}{2 p_0}}$$

che egli chiama « *formula di Michaud corretta* » e dove tutti i simboli sono noti, avendo ancora indicato con $V_T$ la velocità, del regime nella condotta, che corrisponde alla posizione dell'otturatore che permette la chiusura completa nel tempo pari alla fase.

È evidente che tale espressione dà sempre risultati in difetto rispetto alla (22) che abbiamo stabilita servendoci di tutti i risultati dell'Allievi.

La ragione di ciò sta nel fatto che il Gariel non ha considerato i contraccolpi consecutivi a manovre di chiusura totale.

## VIII – Osservazione importante.

Nell'esercizio normale di una condotta per forza motrice non può ammettersi che la depressione massima che si verifica per effetto del moto perturbato superi in valore assoluto la pressione che esiste in condizioni di regime nella sezione della condotta posta immediatamente a monte dell'otturatore: ciò equivarrebbe ad ammettere possibili in condotta le pressioni assolute inferiori alla pressione atmosferica. Con i simboli consueti possiamo dunque scrivere che deve essere sempre verificata la relazione

$$-1 \leqq \frac{\Delta p_{\text{min. ass.}}}{p_0} = - \frac{2 \rho L V_{max}}{p_0 T_{max}}$$

Si è d'altra parte già trovato al N.° IV che la soprapressione critica (massima assoluta) di un determinato sistema condotta-otturatore è rappresentata dalla espressione di Michaud fino a che

$$2{,}20 \leqq \frac{\Delta p_{\text{max ass.}}}{p_0} = \frac{2 \rho L V_{max}}{p_0 T_{max}}$$

Basta considerare che gli ultimi membri delle precedenti relazioni sono identici, salvo il segno, per poter asserire che fra i sistemi condotta-otturatore del tipo considerato (per cui ogni manovra è lineare e compiuta con velocità fissa dell'organo otturatore) si trovano realizzati in pratica solamente quelli per cui la espressione di Michaud fornisce per la massima soprapressione un valore percentuale minore od uguale all'unità. Di qui l'importante conclusione:

La formula di Michaud è valevole in ogni caso pratico per il calcolo della massima soprapressione verificabile nelle condotte per forza motrice che alimentano, o possono considerarsi alimentanti, una sola bocca di efflusso regolabile con un sistema otturatore che compie qualsivoglia manovra in modo lineare e con velocità unica.

## IX – Conclusioni.

Ricordato che in quanto precede si è fatto riferimento a condotte di caratteristiche costanti ed alla sezione della condotta posta immediatamente a monte dell'otturatore, i risultati ottenuti nella presente nota possono riassumersi come segue:

*a*) Per applicare le equazioni concatenate di Allievi deve essere anzitutto lecito stabilire, per l'impianto e la manovra che si considerano, due sezioni poste l'una nella condotta e immediatamente a monte dell'organo otturatore, l'altra a valle di esso in modo tale che in esse, in ogni istante, la portata sia la medesima ed in modo che la velocità nella sezione a valle sia, a meno di un coefficiente costante di riduzione, la torricelliana relativa alla pressione esistente nella sezione a monte.

*b*) I valori assunti dalla pressione durante il moto perturbato dovuto alle manovre denominate lente, dipendono in maniera essenziale oltre che dalla legge di variazione dell'area di efflusso $\sigma$ col tempo, anche dal valore del coefficiente $c$ di efflusso che compete ad ogni area. I risultati degli abachi di Allievi, in particolare, sussistono solo per quelle manovre per cui varia linearmente col tempo il prodotto $c\,\sigma$ e cioè è lineare la funzione:

$$B\,(t) = \frac{c\,\sigma}{c_0\,\sigma_0} = 1 - \frac{t}{T_0}$$

essendo $c$ e $\sigma$ i valori del coefficiente di afflusso e dell'area all'istante $t$; $c_0$ e $\sigma_0$ i valori degli stessi elementi relativi all'istante nel quale si inizia la manovra che si compie nel tempo $T_c$.

Se poi si viene a considerare il caso di una condotta fornita di un organo otturatore determinato (ossia riguardando le condotte alimentanti una sola macchina od anche più macchine, ma tali da poter essere assimilate ad una sola perchè le manovre dei rispettivi organi otturatori sono contemporanee ed identiche) si distinguono i due casi seguenti *c*) e *d*) per quanto riguarda il calcolo della massima soprapressione e delle massima depressione che possono verificarsi nella sezione della condotta posta immediatamente a monte dell'otturatore in conseguenza della manovra più sfavorevole.

*c*) Tutte le manovre possibili sono *manovre brusche*. È un caso raro nell'esercizio normale delle tubazioni industriali perchè corrisponde a considerare condotte molto lunghe e tempi brevissimi di manovra: per le condotte per forza motrice esso potrebbe presentarsi solo in eventi eccezionali di guasto dell'organo otturatore.

In questo caso il valore della massima soprapressione $\Delta p_{\text{max ass.}}$ e quello della massima depressione $\Delta p_{\text{min. ass.}}$ sono indipendenti dalla legge di manovra dell'otturatore: detti valori sono invece funzione della massima velocità $V_{max}$ che si può stabilire nella condotta oltre che delle caratteristiche della condotta e del fluido attraverso la celerità delle perturbazioni. Si ha cioè:

$$\Delta p_{\text{max. ass.}} = \rho\, a\, V_{max} \quad ; \quad \Delta p_{\text{min. ass.}} = - \rho\, a\, V_{max}$$

*d*) Fra le manovre che può compiere l'organo otturatore possono verificarsi delle *manovre lente* (è il caso più comune della pratica), ma tutte le manovre sono lineari nel senso sopradetto, e, siano esse di chiusura e di apertura si ha sempre:

$$\frac{c_0\,\sigma_0}{C\,\sigma_{max}} = \frac{V_0}{V_{max}} = \frac{T_c}{T_{max}}$$

essendo $c_0$, $\sigma_0$, $V_0$ i valori corrispondenti ad una manovra che si inizia (o che si compie) con un grado di apertura a cui corrisponde il tempo $T_c$ di manovra mentre gli stessi simboli con l'indice max valgono per il grado di apertura massimo.

In questo caso la soprapressione critica (massimo assoluto) e la depressione critica (minimo assoluto) corrispondenti alla manovra più sfavorevole si verificano rispettivamente nella manovra di chiusura totale che si compie nella durata di una fase e nel contraccolpo conseguente a tale manovra. Valgono per esse le espressioni:

$$\Delta p_{\text{max. assoluto}} = \frac{2 \rho L V_{max}}{T_{max}} \quad \text{(Michaud)}$$

$$\Delta p_{\text{min. assoluto}} = - \frac{2 \rho L V_{max}}{T_{max}}$$

Si ha quindi che la massima soprapressione ammissibile per fatti di colpo di ariete non deve essere maggiore della pressione statica all'otturatore, perchè in caso contrario durante la fase di contraccolpo la pressione in condotta scenderebbe sotto la pressione atmosferica.

Con questa limitazione, che riteniamo sempre necessaria in pratica, le formule precedenti sono applicabili senza eccezione nè limitazione per i calcoli riguardanti tutti gli impianti considerati al precedente comma *d*).

Ing. Mario Marchetti
Istituto d'Idraulica
della R. Scuola d'Ingegneria di Milano.

*Marzo 1932.*

ING. DOTT. FERDINANDO PAGLIARO
DEL SERVIZIO DIGHE (CONSIGLIO SUPERIORE LL. PP.)

# Sulle sottopressioni nelle dighe

*SOMMARIO*

*Dopo avere riassunto lo stato attuale delle conoscenze sul fenomeno delle sottopressioni nelle dighe di ritenuta; si espongono i dati di alcune osservazioni sperimentali effettuate alle dighe del Fraele, di Mollaro e di Zerbino, traendone delle conclusioni specifiche per le singole opere e delle altre valide per una generalizzazione del fenomeno.*

§ 1. – Fin da quando, nel 1895, Maurice Lévy comunicò all'Académie des Sciences di Parigi le sue osservazioni sulla costruzione delle grandi dighe, sorse nei tecnici la preoccupazione delle sottopressioni, cioè il timore delle conseguenze derivanti dalle pressioni ascendenti prodotte dall'acqua, nell'interno della muratura. È noto che lo stesso Lévy propose la costruzione di pozzi a monte, limitati da un muro continuo o « muro di guardia » e che, non potendo o non volendo ricorrere a questa costruzione, ritenne necessario e sufficiente imporre nei calcoli la condizione di una pressione normale unitaria al lembo a monte, a serbatoio pieno, sempre maggiore o almeno uguale al carico idrostatico ($\delta_a h$).

Si nota che il Lévy, pur ammettendo tale contropressione, non fece alcuna ipotesi sulla distribuzione di essa lungo un giunto orizzontale. Ponendo al lembo a monte del giunto orizzontale che si considera l'origine di due assi coordinati $x$ ed $y$ con l'asse $x$ orizzontale seguente la traccia del giunto, da monte a valle, e l'asse $y$ diretto positivamente in basso, l'ipotesi Lévy equivale a porre $x_A = \delta_a h$ al lembo a monte, senza peraltro definire l'andamento della linea che limita il diagramma delle sottopressioni. Tale linea può genericamente avere una espressione del tipo:

$$y = m\,\delta_a h - \delta_a k\,x^n$$

Il coefficiente $k$ si può determinare con la condizione che sia $y = 0$ per $x = \varepsilon$, dove $\varepsilon$ è uno speciale valore di $x$. Ammettendo una via di acqua da monte fino a valle, è $\varepsilon = s$ (spessore o lunghezza del giunto) e quindi

$$y = m\,\delta_a h\left[1 - \left(\frac{x}{s}\right)^n\right]$$

Non mancano ipotesi fatte da alcuni autori, con $\varepsilon > s$, ponendo talora $\varepsilon = 2\,s$ ed ancora addirittura $\varepsilon = \infty$ (curva asintotica verso l'asse $x$, di cui un caso particolare è la retta parallela a tale asse); ma sono ipotesi evidentemente esagerate o quanto meno da ammettersi eccezionalmente per dighe di alta ritenuta, impostate su terreni aventi alto grado di permeabilità.

Sul valore da assegnare ad $n$, molti, in conformità delle norme italiane, suppongono $n = 1$; mentre sul valore di $m$ i pareri sono alquanto discordi.

Divergenze si hanno anzitutto sul concetto fisico di tale coefficiente.

Prevale per alcuni quello di inserire, nei calcoli preventivi di stabilità, un coefficiente di garanzia senza annettervi un preciso riferimento reale. Secondo il Prof. Guidi, sarebbe infatti assurdo « pensare alla reale esistenza di una lama d'acqua continua esercitante nel paramento a monte tutt'intera, la « sottospinta idrostatica, senza turbare l'equilibrio del muro » (1). La inserzione nei calcoli di un valore elevato di $m$ porta infatti ad un aumento notevole delle dimensioni della diga, in quanto, com'è intuitivo, il peso delle murature deve equilibrare non solo la spinta idrostatica (e le altre forze sollecitanti minori) ma anche una non indifferente contropressione. Questo criterio di garanzia è messo in evidenza dal fatto che alcuni autori aumentano $m$ con le diminuite qualità di resistenza e d'impermeabilità della roccia di fondazione e con l'altezza della diga (2).

Ma lo stesso Lévy avvertiva che « un aumento anche esage« rato delle dimensioni della diga non farebbe completamente « sparire il pericolo derivante ad essa dalla sottopressione » (3).

Recentemente, l'Ing. Hoffmann ha definito come grado di sicurezza di una diga il rapporto fra la resistenza del muro ($R$) più la compressione (dovuta al peso proprio) e la trazione dovuta alla spinta dell'acqua esterna ed interstiziale ($\sigma_i$). Nel caso di una diga a profilo retto-triangolare, si avrebbe:

$$c = \frac{R + \delta_m h}{\delta_a \dfrac{h^2}{s^2} + \sigma_i}$$

con $\sigma_i = k_0\,\mu\,\delta_a h$

dove $k_0$ dipende esclusivamente dalla distribuzione della pressione interstiziale lungo la sezione orizzontale di base, $\mu$ è il coefficiente medio di porosità, $s$ è lo spessore.

Poichè $m$ vale in questo caso

$$m = \frac{\sigma_0}{\delta_a h} = \frac{\delta_m}{\delta_a} - \frac{h^2}{s^2}$$

si ha, sostituendo:

$$m = k_0\,\mu + \frac{\delta_m}{\delta_a}\,\frac{c - 1}{c} - \frac{R}{c\,\delta_a h}$$

Il valore di $R$ oscilla da 2 a 10 kg/cmq; quello di $K_0$ è intorno a 0,20; mentre per $c$ il detto Autore consiglia il valore 2, ed anche 2,5 e 3, e per $\mu$ ritiene possa assumersi in media 0,7.

Supposto $\delta_m = 2{,}4$ e $\delta_a = 1$, per $c = 2$, risulta $m > 1$ per $h > 10$ metri. Viceversa, posto $m = 1$, e supponendo non potersi fare affidamento su $R$ e sui drenaggi ($K_0 = 1$) si avrebbe $c < 1$.

Questo criterio « del grado di sicurezza » condurrebbe quindi ad assegnare ad $m$ almeno il valore unitario, riconducendo la questione alla soluzione del Lévy

$$\sigma_0 > \delta_a h$$

D'altra parte $m$ dipenderebbe dalle condizioni specifiche reali ($\mu$) solo parzialmente (circa il 14 %) mentre invece dovrebbe unicamente dipendere da queste. Cade qui opportuno osservare che alcuni tecnici fanno confusione fra il fenomeno

(1) GUIDI: « Statica delle dighe ».
(2) Regolamento italiano: 31/XII/1925 e 1/X/1931, n. 1370.
(3) LÉVY: « Rendiconti Accademia francese delle Scienze », 1895

della sottopressione, caratterizzato analiticamente da $m$, e la espressione che $m$ assume nel voluto equilibrio delle forze. Talchè alcuni giungono ad affermare che la sottopressione è maggiore nelle sezioni orizzontali più elevate della diga e minore in quella di base, sol perchè il rapporto $\frac{\sigma}{\delta_a h}$ risulta massimo in alto e minimo in basso.

Altra confusione si fa talvolta per il coefficiente $\mu$ di porosità, riferendolo ora alla struttura della diga ed ora alla natura della roccia di fondazione, trascurando ad esempio questa per terreni compatti ed aumentando a sentimento quello, che riguarda la struttura quando il terreno è incoerente; infine, facendo variare $\mu$ da una roccia impermeabile e compatta ad un terreno sciolto, soltanto del 30 % (da 0,70 ad 1).

Manca pertanto un riferimento preciso alla realtà, deformando e falsando il fenomeno fisico con deficienti strutture analitiche.

§ 2. – D'altra parte i dati sperimentali sono finora scarsi sia come numero, sia come riferimento al complesso del fenomeno. Questa seconda deficienza ha reso anche apparentemente discordanti i risultati ottenuti.

Le prime esperienze pare sieno state quelle eseguite da Schaefer nel 1907 alla diga di Oestertal (e rese note nel 1913) (1). Furono piazzati 12 tubi piezometrici lungo 4 sezioni trasversali della diga (3 tubi per sezione). In ogni sezione, il primo tubo distava m 5,86 dal paramento a monte, il secondo m 13,76 ed il terzo m 20,76; quest'ultimo distava m 6,44 dall'unghia del paramento a valle. La roccia di fondazione era costituita essenzialmente di gres grovacco e scisti argillosi frantumati e fessurati, le cui fessure erano riempite di fango grasso. Gli strati correvano parallelamente alla direzione della valle, ma la stratificazione era in molti tratti indefinita, essendo ivi la roccia completamente sconvolta. Non risulta che sieno state eseguite delle iniezioni cementizie nella roccia prima di effettuare gli esperimenti delle sottopressioni.

Data la natura e la consistenza della roccia, e la mancata esecuzione di iniezioni, le sottopressioni assunsero valori notevolmente elevati (2). Infatti la prima serie di tubi distanti m 5,86 dal paramento a monte rivelarono sottopressioni variabili da 0,64 a 0,84 del carico idrostatico, con una media di 0,72. Per la seconda serie di tubi si ebbe in media 0,55 $h$; e per la terza 0,38 $h$. È da notarsi infine che in corrispondenza ai punti d'intersezione delle dette sezioni trasversali col paramento a valle e con la linea d'unghia, le sottopressioni non risultarono — com'era da attendersi — nulle, ma raggiunsero il valore medio di 0,25 $h$ con un massimo di ben 0,43 $h$.

Il valore zero si ottenne solo in corrispondenza ad una sezione tracciata su roccia compatta.

La grande differenza avuta per tubi posti a breve distanza fra di loro e la esistenza di due gallerie di scarico, in vicinanza dei tubi stessi, hanno tolto ai dati di osservazione quasi tutto il loro significato rendendo arbitraria ed illegittima una deduzione generalizzatrice del fenomeno.

Altre esperienze furono eseguite nel 1910 da Intze alla diga di Neyetal. La roccia di fondazione era pure costituita da grovacco e da scisti argillosi, i cui piani di stratificazione tagliavano la direzione della valle quasi normalmente e con un angolo di circa 30° verso valle.

A serbatoio pieno ($h = 31$ metri) i tubi rivelarono carichi decrescenti da monte a valle da 0,57 $h$ a 0,32 $h$.

Anche qui si ebbero risultati discordanti e quindi di limitata attendibilità.

Osservazioni più recenti (1926) e più precise furono eseguite alla diga di Ruremonde sulla Mosa (3); ma purtroppo effettuate su di una traversa a soglia di fondo, anzichè su di una diga di ritenuta, e con fondazione su terreno incoerente con elevato grado di permeabilità anzichè su roccia.

Comunque, in un tubo posto a m 2,40 dal diaframma di monte, la pressione idrica salì a 0,31 $h$ riducendosi a 0,28 $h$ in un altro tubo posto a m 15 dal primo.

Anche le esperienze compiute alla diga sul Don presso Donetz (1) si riferiscono ad una traversa per chiusa di navigazione, posta su terreno essenzialmente sabbioso.

Un tubo posto subito a valle del diaframma rivelò una pressione di 0,34 $h$.

Di contro a queste, e a qualche altra limitatissima esperienza, sta una molto più abbondante manifestazione di opinioni personali. Ma come giustamente ha osservato l'Ing. Rampazzi (2): « a cominciare dalle prime osservazioni di Francis fino a' nostri « giorni, si ha tutta una serie di opinioni contraddittorie, che « talvolta è arrivata anche al punto di contrastare nella stessa « persona il criterio tecnico e l'azione pratica ».

Da qui la opportunità di eseguire ancora delle esperienze, per avere una maggiore quantità di dati di osservazione e quindi poter trarre qualche conclusione valida per il fenomeno generalizzato.

Sono state pertanto avviate, ad iniziativa dello scrivente, delle misure sistematiche in alcune dighe, per le quali le speciali condizioni delle opere e la collaborazione delle Società esercenti hanno reso possibile la esecuzione delle osservazioni. Quelle finora compiute agli sbarramenti del Fraele, di Mollaro e di Zerbino si presentano già sufficientemente definite e sono quindi illustrate qui di seguito.

§ 3. – La diga di Cancano di Fraele è posta, com'è noto, nell'alto bacino dell'Adda, presso le origini del grande fiume lombardo. È alta m 57,50 sull'alveo a valle e determina un invaso utile di 22 milioni di metri cubi.

Il tipo è a gravità, la struttura in calcestruzzo cementizio.

La valle è costituita essenzialmente di calcari dolomitici del trias superiore con rare intercalazioni di scisti argillosi. La stratificazione dei calcari e monoclinale con forte pendenza verso nord, e si estende anche sotto l'alveo dell'Adda e del fondo valle (sebbene coperta ovviamente da materiale alluvionale e detritico). Nella zona d'imbasamento della diga, il calcare già affiorava prima d'iniziare i lavori e presentava stratificazioni dirette obliquamente rispetto all'asse dell'Adda, da una sponda all'altra. In tale zona, la roccia appariva costituita da una serie di banchi spessi da m 0,60 ad 1 m di calcare nero, alternati con marna fogliettata, spessa da m 0,05 a 0,20, pure nera (a scaglie lucenti nere) donde il nome locale di « scisto grafitico ». Il calcare era finemente granulare, a frattura non concoide, contenente varie conchiglie bivalvi fossili. La sensibile potenza della marna aveva preoccupato, a suo tempo, per la fragilità sotto gli strumenti di scavo, ma i geologi rassicurarono completamente sia sulla resistenza, sia sulla impermeabilità della roccia.

Tuttavia, fin da quando nel 1922 s'iniziarono gli scavi, venne eseguita una prima serie di iniezioni cementizie nella roccia a pressione di 7 atmosfere.

Una seconda serie di iniezioni venne effettuata nell'ottobre 1926 quando la diga era in costruzione, per una altezza di m 25, a pressione di 35 atmosfere. Il cemento era del tipo « granito » della S.I.C.C. (Italcementi); ogni foro richiese in media kg 200 di cemento. Una terza serie di iniezioni cementizie fu eseguita nel 1927 al triplice scopo di saldare la muratura entro la roccia a monte, chiudere le fessure della roccia e impermeabilizzare il paramento a monte. Anche durante questa terza serie si iniettò cemento-granito a 35 atmosfere, in quantità media di kg 200

(1) Schaefer: « Zeitschrift für Bauwesen », 1913.
(2) Scimemi: « L'Energia Elettrica », 1926.
(3) Van der Does: « XV Congresso Internazionale di Navigazione Interna », 1931.

(1) Fidmann: « Pression hydraulique sous les barrages », Mosca 1927.
(2) Rampazzi: « L'Energia Elettrica » settembre 1931.

per foro; ma è da notarsi che in un sol foro (verso l'imposta di sinistra) si iniettarono ben 18 quintali di cemento. Complessivamente, nel 1927, si eseguirono 212 iniezioni con 720 quintali di cemento. Una quarta serie di iniezioni venne effettuata nel 1928, localizzata fra l'imposta di sinistra ed il paramento a monte.

Ciò permette di affermare:

1) la esistenza delle pressioni idriche ascendenti,

2) la proporzionalità di tali pressioni agli invasi.

Per la ricerca del coefficiente di proporzionalità, occorre anzitutto stabilire la quota di riferimento dei carichi idrici. Facendo

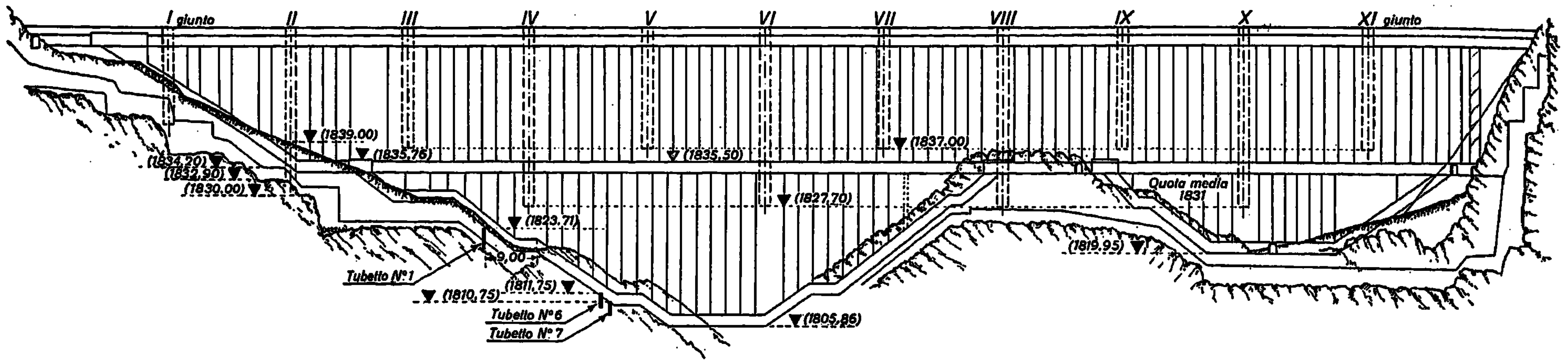



Fig. 1

L'effetto delle iniezioni fu evidente per la diminuzione delle perdite, le quali, da litri 2,67 con 38 metri di carico (d'invaso) scesero a litri 0,5 con 45 metri.

Lungo la galleria longitudinale d'ispezione, sviluppantesi secondo l'andamento delle fondazioni (v. fig. 1) vennero infissi nella roccia dei tubi di drenaggio, del diametro di cm 20, sboccanti nella galleria stessa. Facendo una sezione trasversale, tale galleria (v. fig. 2) viene a trovarsi a distanza di circa 6 metri dal paramento a monte.

Fra i tubi di drenaggio si prescelsero quelli indicati coi numeri 1, 6 e 7 (della fig. 1) sboccanti a quote 1823,71, 1811,75 e 1810,75 e infissi rispettivamente a q. 1820,70, 1809,70 e 1899,70. Allo scopo di potere con facilità effettuare le misure del livello idrico nei tubi, sull'estremità di ciascuno si pose un tubo di ferro del diametro di 1 pollice munito di un tubo di vetro.

Le misure vennero iniziate il 18 settembre 1930 e proseguite giornalmente. Nel diagramma della fig. 3 sono riportate fino al settembre '931, insieme all'andamento degli invasi.

Da questi diagrammi ne ho tratti degli altri (v. fig. 4) in cui le quote dell'acqua dentro i tubi di drenaggio sono state poste in funzione di quelle del serbatoio.

Si rileva facilmente e chiaramente che i livelli idrici dei tubi non sono stazionari, ma sono influenzati dal carico idrico del serbatoio.

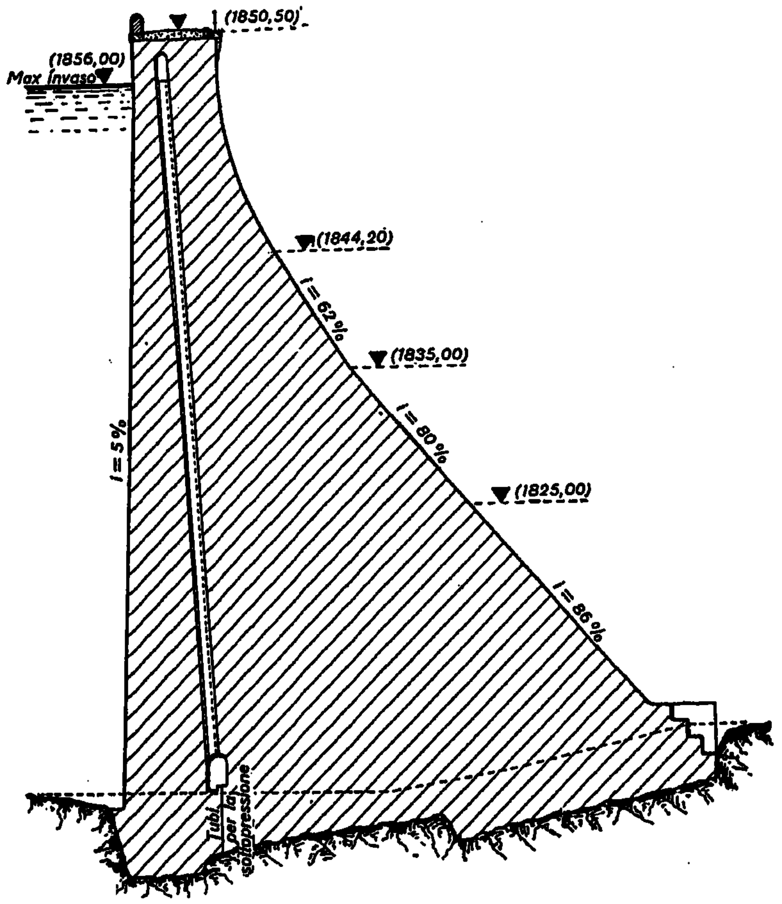



Fig. 2.

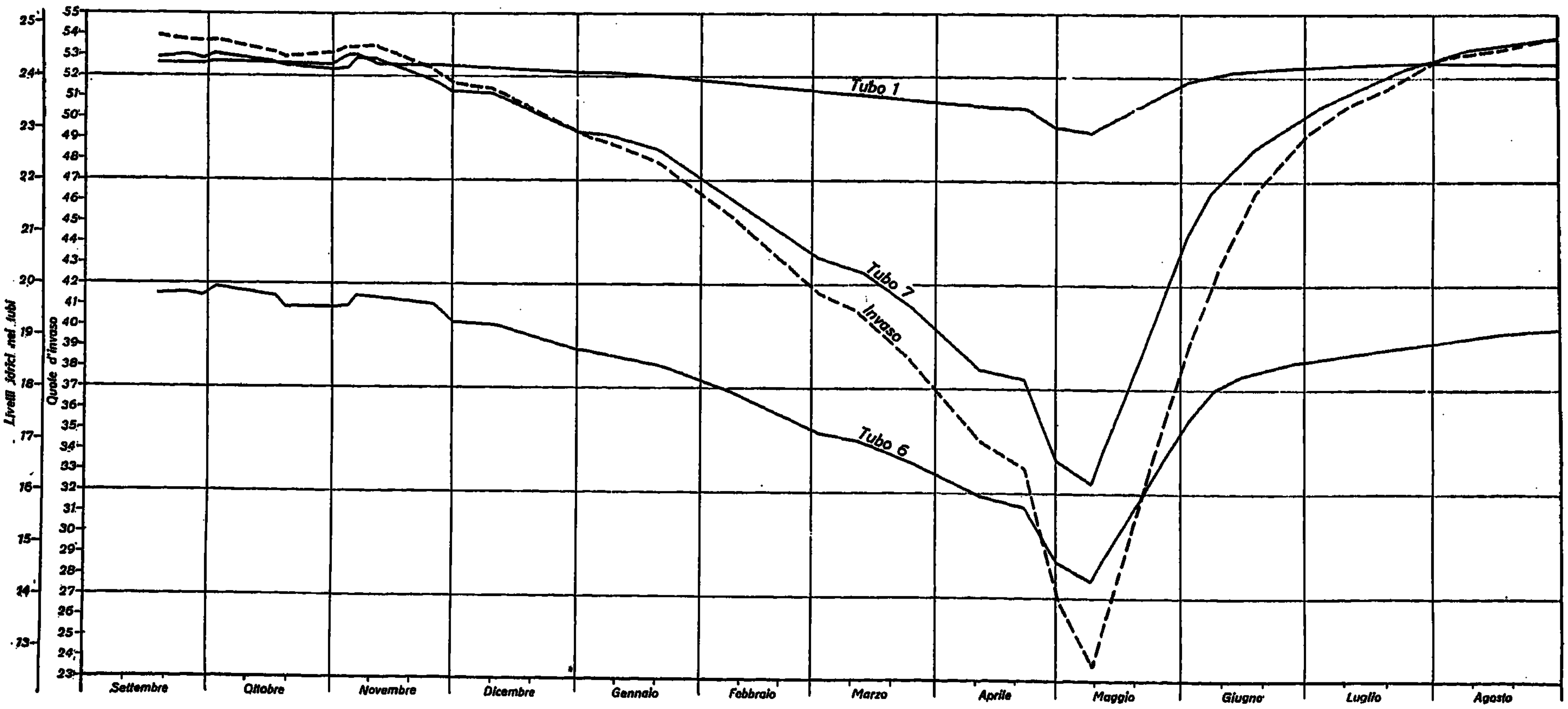



Fig. 3.

una sezione trasversale della diga in corrispondenza a ciascuno dei tubi, il piano di riferimento potrebbe essere quello orizzontale passante per l'estremità del tubo infissa nella roccia (1° criterio); ma non è esatto isolare questa sezione trasversale dal resto circostante, perchè l'acqua del serbatoio può pervenire al tubo per vie interne della roccia, aventi quote molto più basse di quella del labbro inferiore del tubo. È però presumibile che, al massimo, il piano di riferimento potrà essere quello passante per il punto più depresso del serbatoio presso la diga (2° criterio).

In realtà, il piano effettivo sarà a quota intermedia, più vicino, con tutta probabilità a quello del 1° criterio. Se il tubo

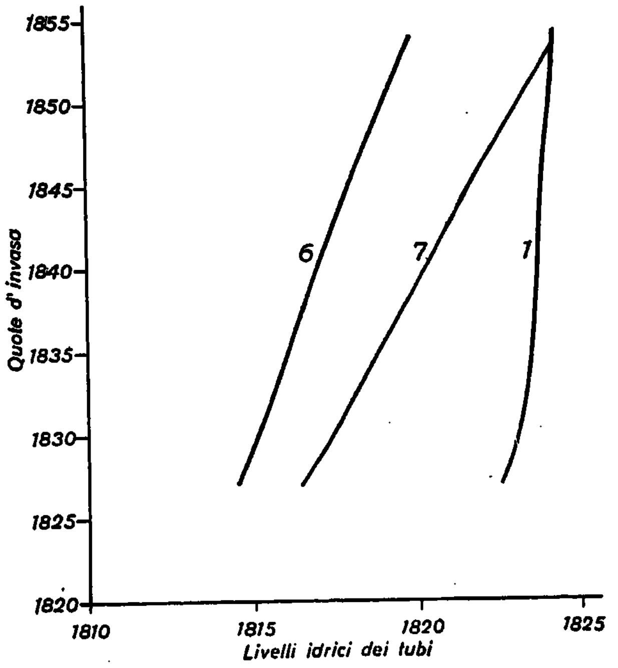



Fig. 4.

è poco distante dal punto più depresso del serbatoio, la differenza dei risultati dell'applicazione dei due criteri sarà poco accentuata, mentre la differenza sarà notevole nel caso opposto.

Col 1° criterio, il rapporto $m' = \frac{h}{H}$ delle altezze d'acqua nei tubi e nel serbatoio, si manifesta, per i tre tubi in esame, nettamente proporzionale (inversamente) alle quote d'invaso (v. fig. 5 *a*, linee a tratto continuo marcato), ossia con l'aumentare dell'invaso, diminuisce il rapporto $m'$.

Col 2° criterio, sussisterebbe essenzialmente tale proporzionalità inversa, ma il rapporto $m'$ assumerebbe valori maggiori ed avrebbe intervalli di variabilità con le quote d' invaso (v. linee sottili tratteggiate, fig. 5 *a*)).

Speciale rilievo spetta all'andamento dei rapporti $m'$ per il tubo 7, secondo il 1° criterio. L'andamento è sensibilmente

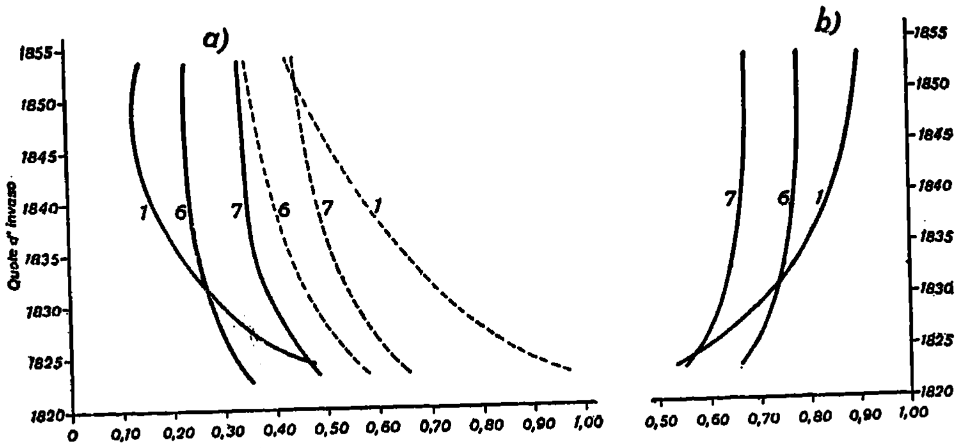



Fig. 5 *a*) e *b*).

rettilineo, varia da 0,33 a 0,36 fra le quote 1854 e 1830 e potrebbe fra queste essere definito dall'equazione:

$$m' = 0{,}30 - 0{,}0015\ (\text{q.} - 1830)$$

Dall'esame dei diagrammi della fig. 5 *a*) si rileva:

3) che i coefficienti $m'$ (rapporti altezze idriche nei tubi e nel serbatoio) sono variabili in ragione inversa degli invasi;

4) che variano anche sensibilmente per punti fra loro vicini.

Volendo ora aggiungere, per quanto sia azzardato, qualche conclusione quantitativa, si può dire che attenendosi al 1° criterio (più approssimato del 2°) il coefficiente $m'$ per tutti e tre i tubi e per quasi tutta la variazione d'invaso, ha oscillato fra 0,12 e 0,40, con un valore medio di 0,30.

Riguardo alla conclusione 3, è bene aggiungere subito qualche considerazione. La diminuzione del rapporto $m'$ con l'aumento dell'invaso non significa nè diminuzione delle altezze idriche nei tubi, nè diminuzione correlativa delle perdite di carico fra serbatoio e tubi. Infatti, nella fig. 4 sono poste in rilievo le variazioni dei livelli idrici dei tubi col variare delle quote d'invaso; e si nota che quelli sono direttamente proporzionali a queste con valori di 0,60 a 0,90; mentre paragonando

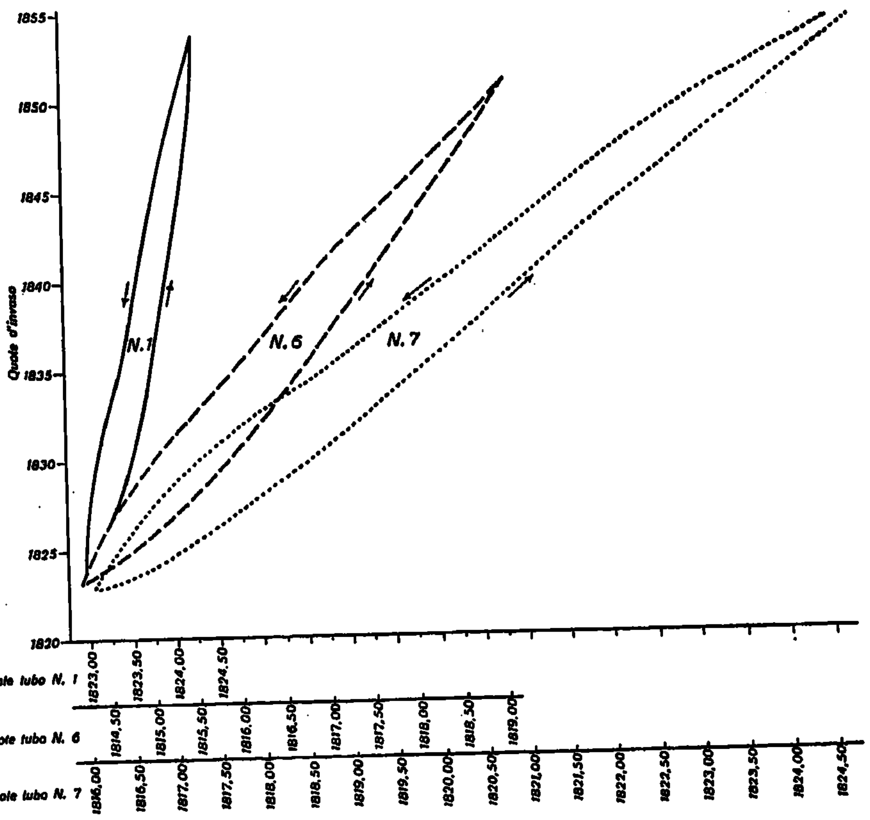



Fig. 6.

alle altezze idriche del serbatoio non già quelle dei tubi, ma il dislivello o perdita di carico fra il serbatoio e i tubi, otteniamo (per i 3 tubi) i diagrammi della fig. 5 *b*) dai quali si scorge che le perdite di carico sono decrescenti in rapporto al carico del serbatoio, col diminuire dell'invaso. Esse tendono evidentemente allo zero, che raggiungerebbero con l'invaso al livello dei piani di riferimento.

Le osservazioni raccolte permettono di trarre ancora delle altre deduzioni. Si è osservato che a parità di quota delle acque del serbatoio, i livelli idrici dei tubi sono diversi a secondo che il serbatoio è in corso d'invaso o di svaso. Per questo, lo studio comparativo finora eseguito è stato fatto sempre e soltanto sopra le osservazioni effettuate durante un lungo periodo (di 7 mesi) di svaso.

Nella fig. 6 sono riportati in scala molto grande i livelli durante lo svaso da q. 1854 a q. 1824 e durante l'invaso da q. 1824 a q. 1854. A prescindere dai valori dei coefficienti di proporzionalità (già messi in evidenza nella fig. 4) si nota subito che l'andamento dei livelli è simile per tutt'e tre i tubi, e che durante il periodo di svaso i livelli sono inferiori a quelli del periodo d'invaso, a parità di quota idrica del serbatoio. Il fenomeno è analogo a quello delle filtrazioni d'acqua attraverso grossi diaframmi permeabili, ma invertito, poichè per le filtrazioni i valori mag-

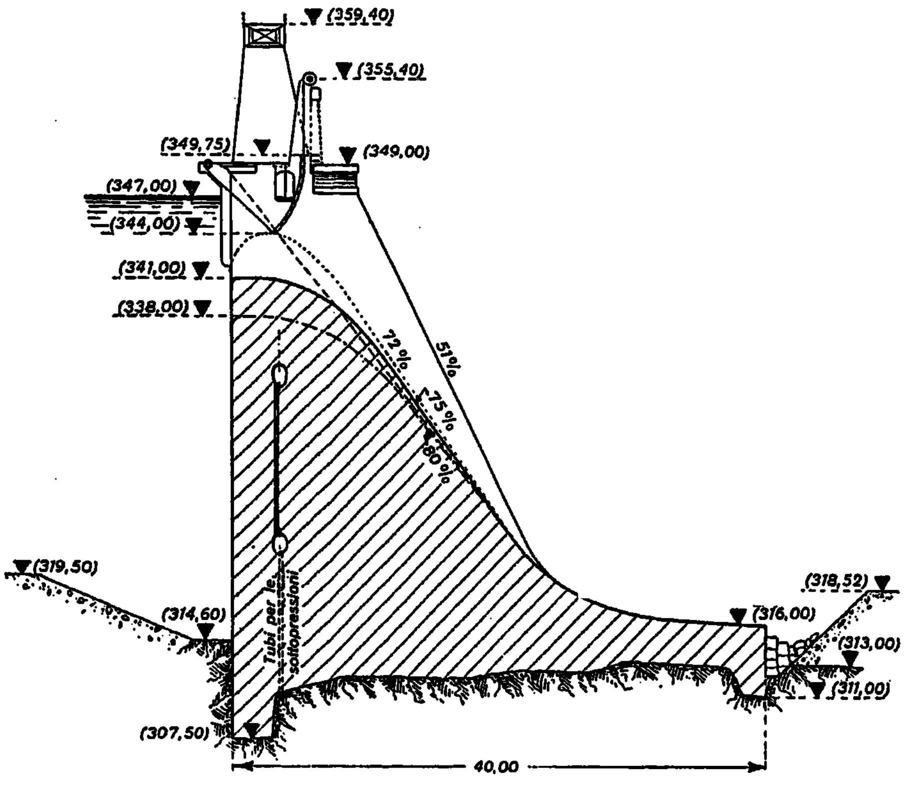



Fig. 7.

giori si hanno durante lo svaso. È questa una differenziazione molto importante, in quanto tenderebbe a distinguere il carattere delle sottopressioni da quello delle perdite.

Per la spiegazione del fenomeno, ricordiamo che i livelli idrici dei tubi sono funzioni di quelli del serbatoio, e possono esprimersi con la equazione:

$h = k H^{1/n}$ dove $k$ ed $n$ sono positivi, ed $n > 1$. (cfr. fig. 4).

Ne segue:

$$m' = \frac{h}{H} = k H^{\frac{1-n}{n}}$$

La variazione di $m'$ rispetto ad $H$ è espressa da

$$dm' = \frac{1-n}{n} k H^{\frac{1-2n}{n}} dH$$

Variando col tempo $H$, si ha $H = \varphi(t)$; $dH = \frac{d\varphi}{dt} dt$

$$dm' = \frac{1-n}{n} k H^{\frac{1-2n}{n}} \frac{d\varphi}{dt} dt$$

Essendo $n > 1$, il termine $\frac{1-n}{n} k H^{\frac{1-2n}{n}}$ è negativo;

per cui se $\frac{d\varphi}{dt}$ è positivo (periodo d'invaso), $dm'$ è negativo e viceversa.

§ 4. – La diga di Mollaro è sul torrente Noce, affluente dell'Adige, fra Cles e Mezzolombardo, a monte del torrente Tresenga.

La diga consta di una parte fissa in calcestruzzo, tracimabile, alta m 29 e di una parte mobile, costituita da paratoie, in modo

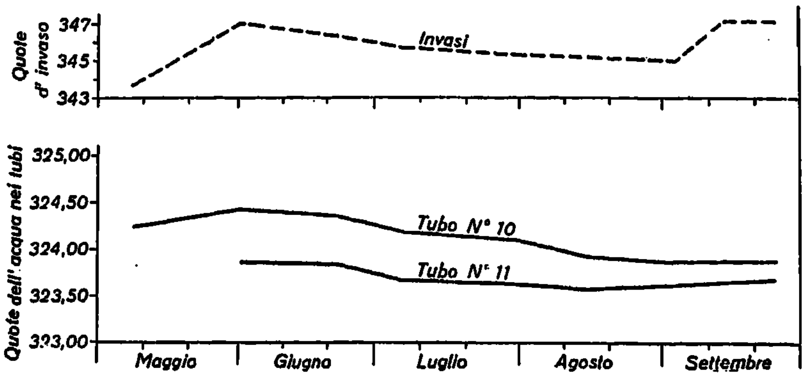



Fig. 9.

da elevare l'altezza complessiva dell'opera a m 34 sull'alveo a valle. La parte fissa ha il paramento a monte verticale, quella a valle inclinato di 0,80 in alcuni tratti e 0,75 e 0,72 in altri tratti. A valle, il paramento si raccorda con un'ampia platea. (v. fig. 7).

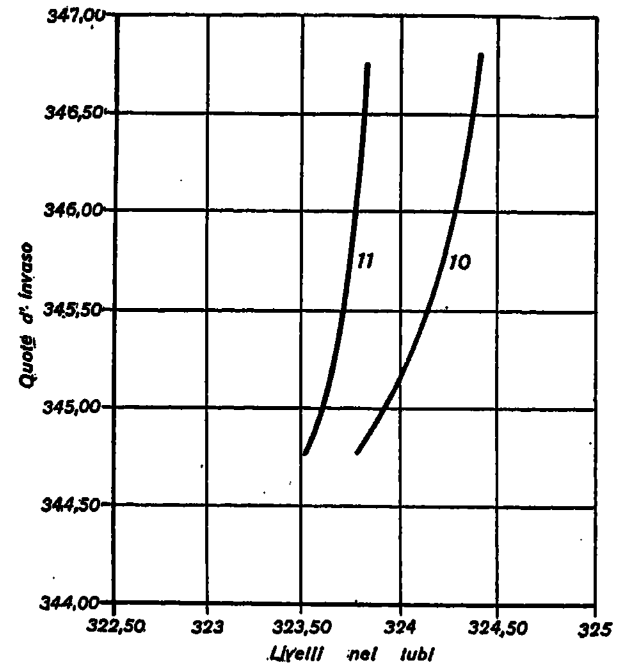



Fig. 10.

Il torrente Noce presso Mollaro — e più precisamente fra Mostizzolo e la Rocchetta — attraversa una piattaforma costituita, in ordine stratigrafico, da marna argillosa (oligocene) marne grigie (eocene), marne rosse, scaglia e biancone (cretaceo), dolomia principale. Nei pressi della diga, il torrente ha scavato nell'alveo e nel cretaceo superiore, senza intaccare nè il biancone (cretaceo inferiore e medio) nè la dolomia. Pertanto, la roccia di fondazione, essenzialmente marnosa e parzialmente scagliosa, dappertutto compatta (tranne che per un tratto in alto in sponda destra) si presentò adatta alla impostazione della diga sia per resistenza che per impermeabilità. Infatti, saggi eseguiti sul detto materiale diedero carichi di rottura per compressione di 540 kg/cmq, mentre una serie di iniezioni cementizie a 7 atmosfere fu automaticamente limitata a poche operazioni, raggiungendosi rapidamente l'occlusione del foro, per rifiuto.

Lungo una sezione longitudinale verticale condotta a m 3,60 dal paramento a

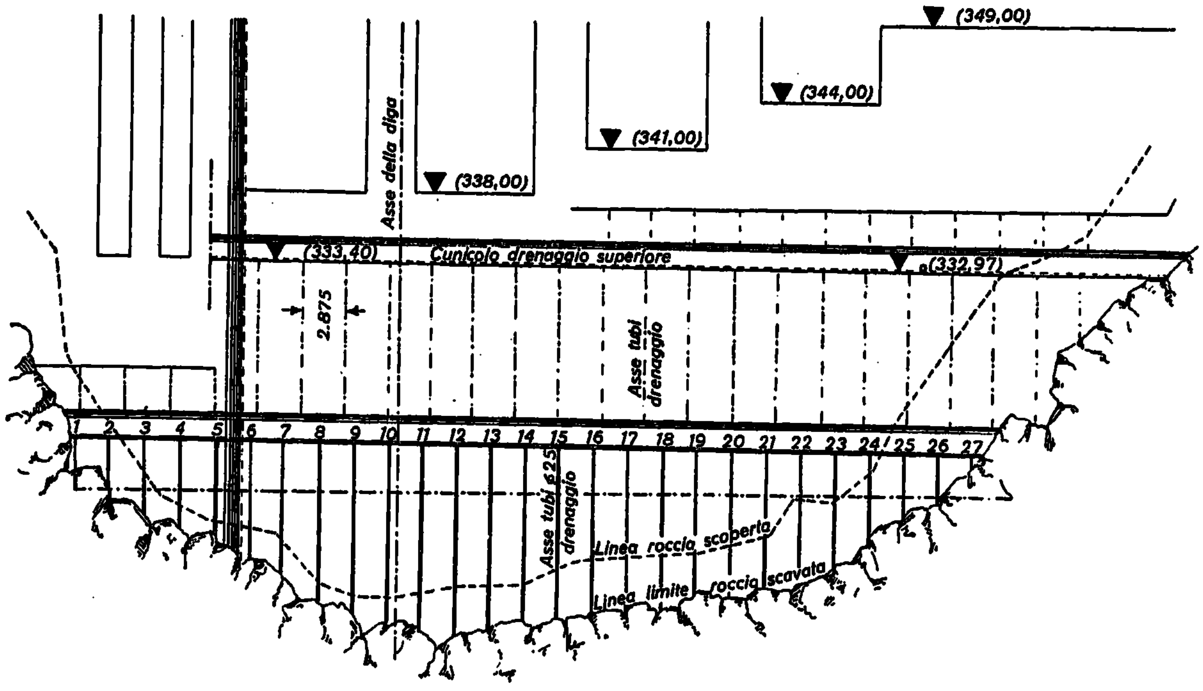



Fig. 8.

monte, furono infissi nella roccia 27 tubi da cm 25, sboccanti nella galleria d'ispezione (a q. 321,47). La distanza assiale fra i tubi è di m 2,30 (v. fig. 8).

In una prima livellazione eseguita il 6 novembre 1929 col serbatoio a quota 338, si constatò che l'acqua nei tubi giungeva dappertutto alla quota 321,50. Aumentato l'invaso, l'acqua salì nei tubi fino ai loro orli e quindi debordò. Per potere seguire il fenomeno vennero prolungati alcuni tubi (10 e 11) riducendone il diametro. Nella fig. 9 sono riportati — per il periodo maggio-settembre 1931 — le quote d'invaso e quelle dei livelli idrici nei tubi 10 e 11. Si scorge subito, anche per Mollaro, come già per Fraele, che *le sottopressioni esistono* e sono proporzionali agli invasi (v. fig. 10).

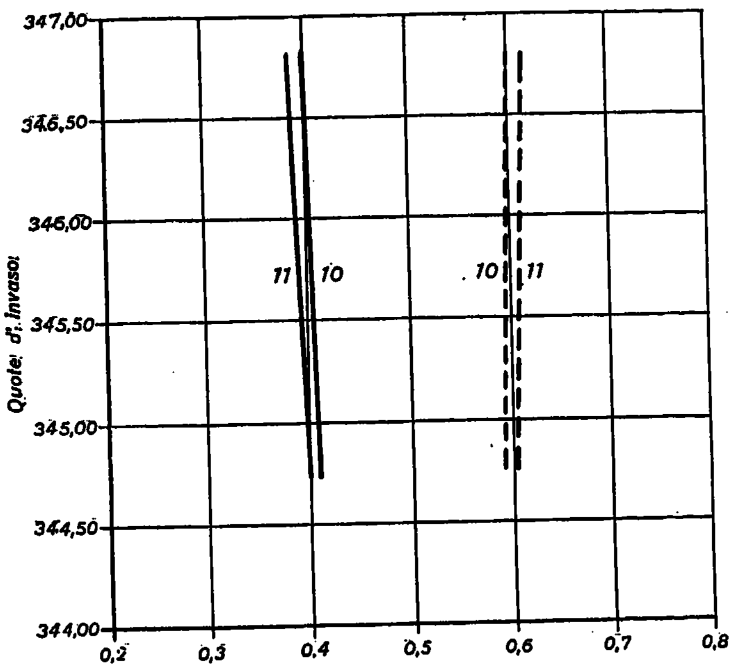



Fig. 11.

Per la determinazione del coefficiente di proporzionalità, si riferiscono le altezze dell'acqua alla quota media d'infissione dei due tubi, coincidente sensibilmente con quella (309,50) del punto più depresso del serbatoio (v. fig. 11).

Si ottiene un rapporto *m'* variabile fra 0,38 e 0,41 e si scorge, sia pure in modo meno accentuato del Fraele, la proporzionalità inversa dei rapporti delle altezze idriche nei tubi e quelle d'invaso, a queste ultime.

Nella stessa fig. 11 con linee a tratti sono state segnate le perdite di carico o meglio le variazioni di livello idrico nei tubi in funzione del livello d'invaso, con valore medio di 0,60.

§ 5. – La diga dello Zerbino costituisce, insieme a quella di Sella Zerbino, il serbatoio di Ortiglieto sul torrente Orba (affluente della Bormida) presso Molare, in provincia di Alessandria.

La diga è a gravità. È alta m 46,75 ed è in calcestruzzo a 250 kg di cemento con bloccaggio del 20 % (v. fig. 12).

La roccia di fondazione è un serpentino diallagico a struttura compatta. Anche in sponda sinistra, originariamente ricoperta di detriti di frana, gli scavi furono spinti fino a raggiungere la roccia sana.

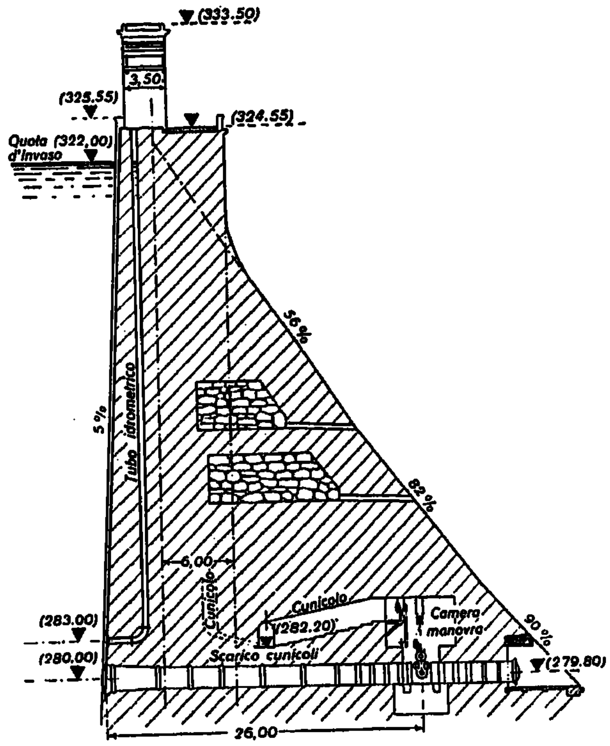



Fig. 12.

A diga ultimata, vennero eseguite delle iniezioni cementizie nella roccia di fondazione e lungo l'imposta della diga. Inoltre, fu prolungato il paramento a valle, a maggior protezione dell'unghia della diga durante lo scarico dei 12 sifoni di sommità (con una portata massima di 500 mc/sec).

Infine, non è superfluo notare che attraverso la diga non si hanno filtrazioni d'acqua e che quelle raccolte dai drenaggi discendenti giungono a qualche decimo di litro al secondo.

I tubi dei drenaggi ascendenti sono disposti, come per la diga di Mollaro, secondo una superficie cilindrica verticale passante quasi per la mezzeria del coronamento, essendo la diga dello Zerbino planimetricamente arcuata.

Le infissioni dei tubi nella roccia hanno quote differenti, seguendo lo sviluppo della galleria d'ispezione, quasi parallelo all'andamento delle fondazioni.

I tubi, in numero di 46, hanno il diametro di cm 25 e sono posti a distanze variabili fra di loro (v. fig. 13) da m 1 a m 9.

La distanza dei tubi dal paramento a monte è in media di m 5.

Gli esperimenti, finora eseguiti (dal mese di aprile 1931) si riferiscono ad un invaso del serbatoio fra le quote 316 e 321, e ad un seguente svaso fra le quote 321 e 303.

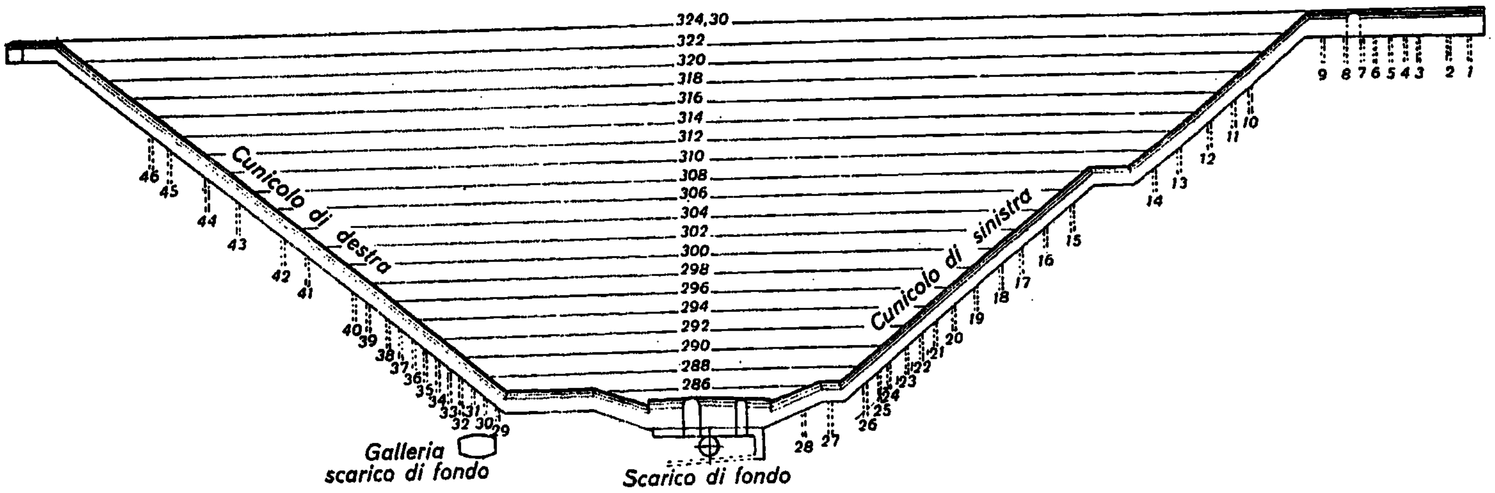



Fig. 13.

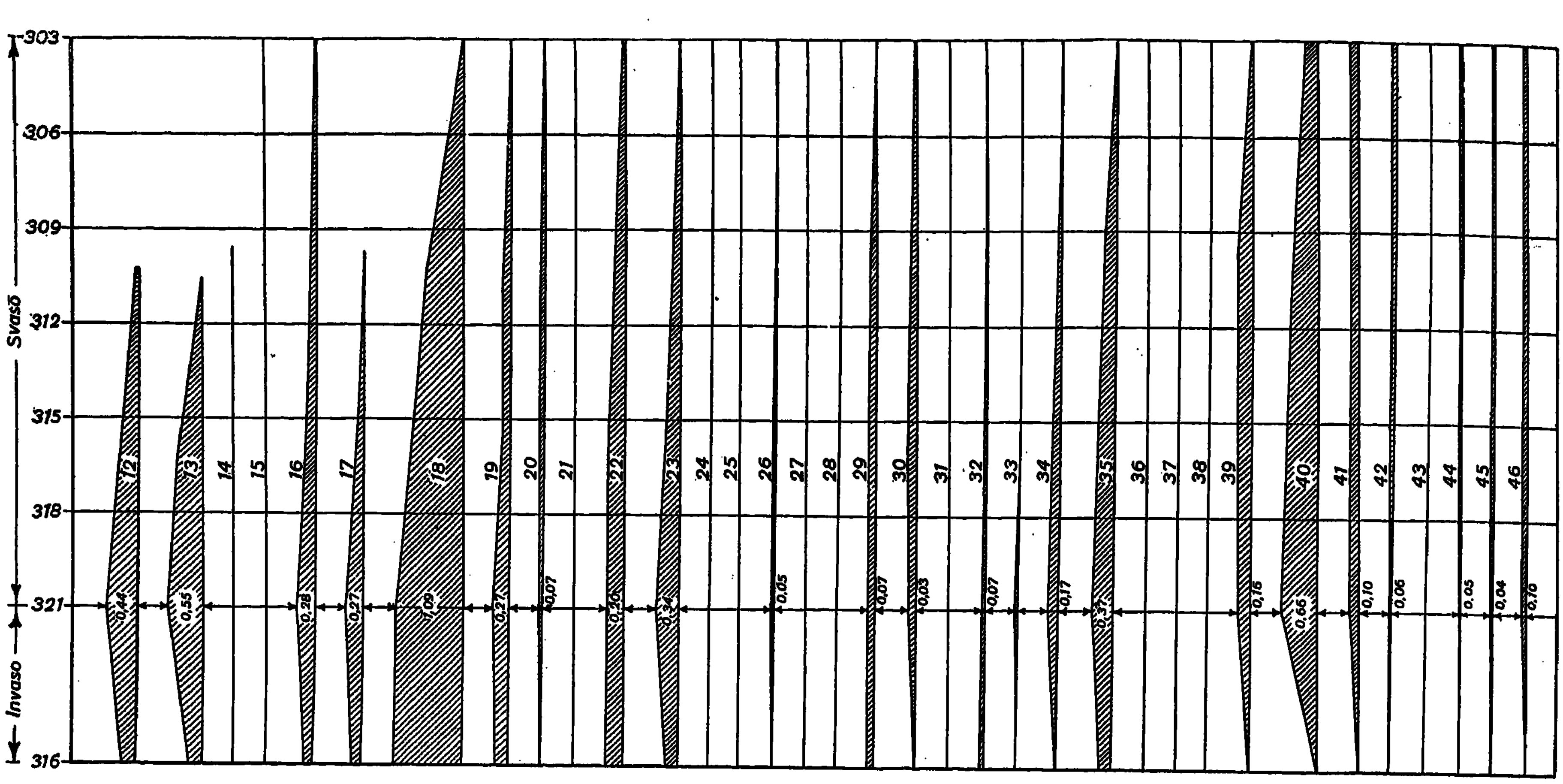



Fig. 14.

Nella fig. 15 sono riportate le variazioni dei livelli dell'acqua nei tubi drenanti durante l'invaso (v. fig. 14) esteso dal 30 aprile fino al 10 giugno '931 e durante lo svaso esteso sino al 30 settembre '931 assegnando ai livelli le quote effettive da essi raggiunte.

Occorre però osservare che in alcuni tubi l'acqua giungeva già allo sbocco superiore mentre l'invaso era a quota 316, quindi non potè osservarsi l'incremento idrico per effetto del maggiore invaso.

Si scorge che in quasi tutti gli altri tubi, l'incremento dell'invaso ha influito sui livelli idrici interni, verificandosi ancora una volta la conclusione 2) (oltre alla prima evidentissima).

Per la determinazione del rapporto $m' = \frac{h}{H}$ ci riferiremo al doppio criterio già adottato per la diga del Fraele. È evidente che per i tubi infissi a quota molto alta, cioè molto elevata rispetto al punto più depresso del serbatoio, il rapporto $m'$ assume col 2° criterio valori esagerati, certamente non corrispondenti alla realtà (v. fig. 16).

Sono questi, ad esempio, i tubi 12 e 13, per i quali la differenza dei rapporti coi due criteri è ovviamente notevole.

Nel diagramma sono stati riportati con linee continue i valori del 1° criterio e con linee a tratteggio gli altri.

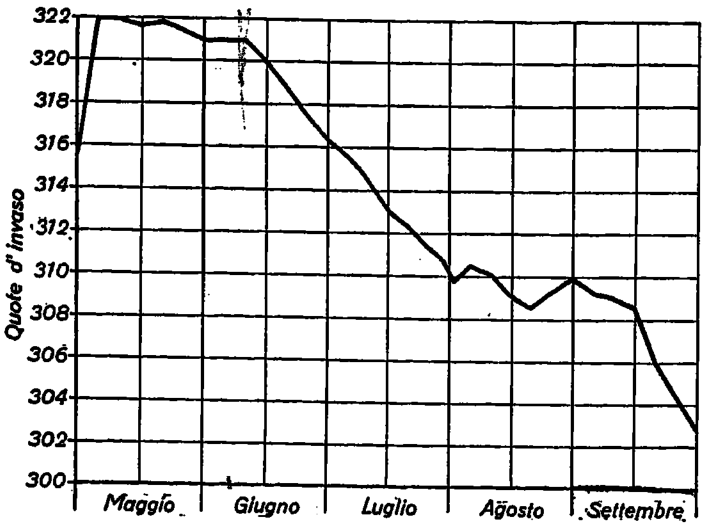



Fig. 15.

Si osserva, per questi rapporti dello Zerbino, una netta proporzionalità inversa dei rapporti alle quote d'invaso, nel senso già noto di una diminuzione di $m'$ con l'aumento dell'invaso. Tale caratteristica è ovviamente più accentuata pei rapporti dedotti col 2° criterio anzichè col primo e per i tubi più elevati anzichè con quelli più bassi.

I valori di $m'$, fatta astrazione da quelli ricavati pei tubi elevati col 2° criterio, sono compresi fra 0,10 e 0,40, con un valore medio di 0,20.

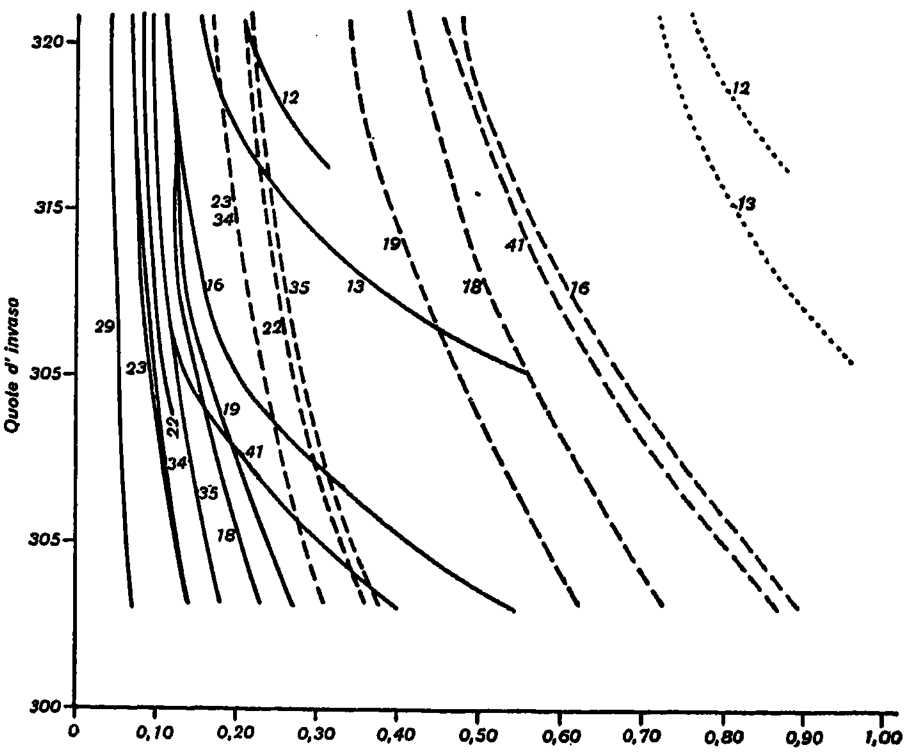



Fig. 16.

In base ai dati sperimentali, possono ancora ricavarsi le perdite di carico fra serbatoio e tubi drenanti (v. fig. 17) dedotte soltanto in base al 1° criterio. È chiara la tendenza delle linee allo zero coll'abbassarsi dell'invaso al livello dei piani di riferimento: tendenza che è più accentuata per i tubi a quota più elevata. È molto presumibile che effettivamente tali linee sieno delle curve passanti per i punti estremi ed inflesse in modo simile a quelle osservate per la diga del Fraele.

§ 6. – Confrontiamo ora i risultati avuti dalle osservazioni sulle tre dighe.

1°) Crediamo ormai superfluo insistere sull'affermazione della esistenza delle sottopressioni. Per quanto la roccia abbia un elevato grado d'impermeabilità per struttura propria o per integrazione artificiale (cementizia) è fuor di dubbio che del-

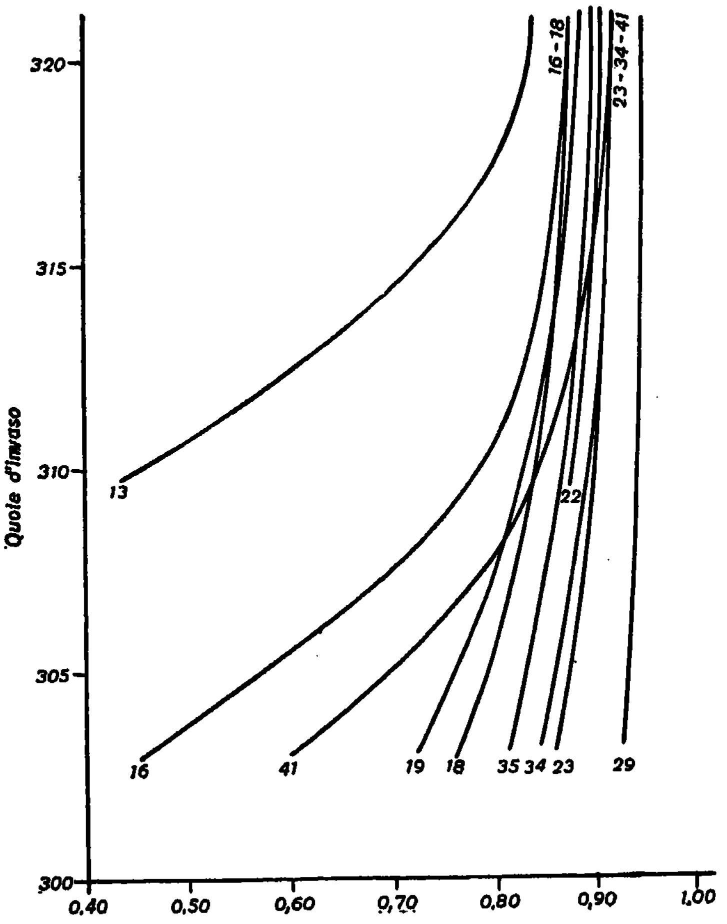



Fig. 17.

l'acqua riesce a infiltrarsi nella roccia di fondazione presso l'unghia a monte per affiorare in altri punti della superficie di contatto con la muratura. Se taluno ha negato la esistenza delle sottopressioni è perchè finora in Italia non erano state effettuate delle esaurienti indàgini in proposito.

Si aggiunge che oltre alle tre serie di osservazioni sopra esposte, altre sono state iniziate su altre dighe, con risultati che già pongono chiaramente in evidenza il fenomeno.

2°) Esistendo alla superficie di fondazione, delle pressioni idriche ascendenti, queste non possono non dipendere dai carichi idrici del serbatoio.

Alla diga del Fraele, fondata su roccia calcarea dolomitica iniettata di cemento, il rapporto $m' = \frac{h}{H}$ fra l'altezza idrica nei tubi e quella del serbatoio, è risultato variabile (mediamente per i tubi 6 e 7) (1) fra i valori 0,22 e 0,42 con un valore medio 0,30 fra gli invàsi 1850-1830 ed una legge approssimata

$$m'_1 = 0{,}32 - 0{,}002\ \Delta q,$$

dove $\Delta q$ è la differenza di quota a partire dalla 1830.

Alla diga di Mollaro, fondata su marna compattissima (per la quale risultarono superflue le iniezioni di cemento) il rapporto $m'$ oscillò fra 0,38 e 0,41 con un valor medio di 0,395 e con una legge approssimata $m'_2 = 0{,}41 - 0{,}005\ \Delta q$, col riferimento delle quote alla 343.

Infine alla diga dello Zerbino, fondata su serpentino diallagico compatto, il detto rapporto variò da 0,10 a 0,40 con una media di 0,20.

(1) Al § 3 era stata ricavata una relazione valida solo per il tubo n. 7.

Per i tubi 18, 19, 22, 23, 34 e 35 (le cui osservazioni hanno maggiore regolarità), si può ricavare una relazione approssimata media: $m'_3 = 0{,}18 - 0{,}005\ \Delta q$ con riferimento alla quota 303.

Le tre serie di risultati autorizzerebbero a concludere:

che il rapporto $m' = \frac{h}{H}$ per tutt'e tre le dighe risulta compreso fra i valori 0,10 e 0,40;

che i valori massimi sono raggiunti nella roccia calcarea e quelli minimi nel serpentino, e che le massime oscillazioni di $m'$ si verificano nel calcare del Fraele.

3°) Per poter però effettuare un miglior confronto fra le tre serie di osservazioni, sono state isolate per ciascuna diga quelle di più evidente regolarità, entro opportuni intervalli.

Quindi sono stati posti in rilievo (v. fig. 18) gli incrementi dei livelli idrici dei tubi in funzione di quelli del serbatoio. Con le lettere $F$, $M$ e $Z$ sono contraddistinti i valori relativi rispettivamente alle dighe di Fraele, Mollaro e Zerbino. La scala delle ascisse che misura le $h$ dei tubi è doppia di quelle delle ordinate che misura le $H$ del serbatoio. È agevole trarre dal diagramma, per ciascuna linea sensibilmente rettificata, i valori medi angolari $\eta = \frac{\Delta h}{\Delta H}$. Mediando per le tre dighe, risulta:

$\eta_1 = 0{,}220$ pel Fraele;

$\eta_2 = 0{,}075$ per Mollaro;

$\eta_3 = 0{,}027$ per Zerbino.

Ricordando le diverse strutture geologiche delle roccie su cui sono fondate le tre dighe, risulterebbe un valore di $\eta$ molto elevato per la roccia calcarea dolomitica di Fraele, in confronto alle altre due rocce, di cui quella serpentinosa dello Zerbino avrebbe il minor valore.

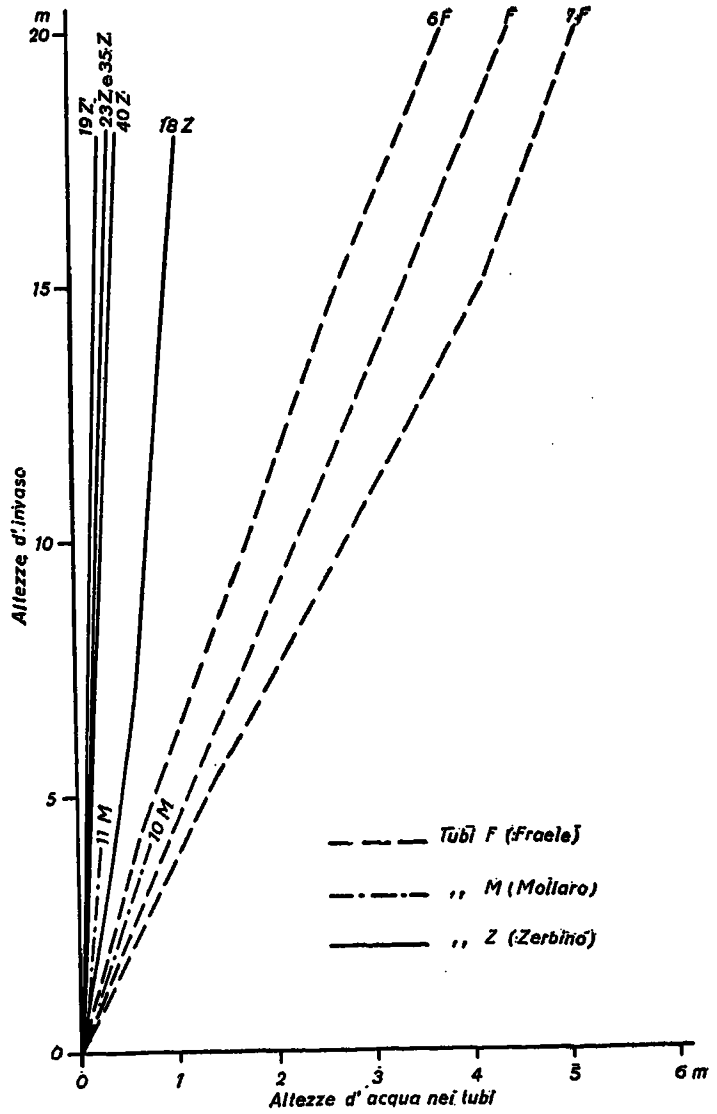



Fig. 18.

Questa graduazione risponde evidentemente alla diversità delle rocce; ma non sarebbe tuttavia esatto assegnare ad essa il valore quantitativo risultante dalle cifre, perchè vi sono nei dati di osservazione alcuni elementi disuguali per le tre dighe. Principalmente il diametro dei tubi, e la loro distanza reciproca.

Può pertanto concludersi col rimarcare la dipendenza diretta fra carico del serbatoio e il carico dei tubi e col porre in evidenza che i maggiori valori dei rapporti $\eta$ si hanno per le rocce di maggiore permeabilità.

4°) Per tutt'e tre le dighe è risultato che aumentando il carico idrostatico nel serbatoio, mentre è aumentato il livello idrico nei tubi, è diminuito il valore di $m' = \frac{h}{H}$. Ciò porterebbe ad ammettere un valore decrescente di $m'$ in funzione dell'altezza $H$, a parità di tutte le altre circostanze.

Illazione questa molto importante; che risulterebbe in contrasto con i concetti attualmente vigenti.

Svilupperemo pertanto ancor meglio in seguito tale risultato.

5°) I valori di $m'$ variano per punti situati fra loro vicini. Così al Fraele fra i tubi 6 e 7, distanti m 1,55 (orizzontalmente) ed infissi a quota identica (1809,70) si sono notate differenze fino a 0,12 per i coefficienti $m'$.

Così allo Zerbino, fra i tubi 12 e 13 distanti m 3,40 ed infissi a quota poco diversa (310 e 308) si sono avute differenze sino a 0,08.

Ciò riconferma quanto si è ripetutamente avvertito circa i significati da dare ai valori numerici del coefficiente $m'$ (e del rapporto $\eta$).

6°) Si nota infine che volendo riferire i dati di osservazione a valori numerici, occorre ancora notare che i tubi del Fraele sono a m 6 dal paramento a monte, quelli di Mollaro a m 3,60 e quelli di Zerbino a m 5.

Le osservazioni alle 3 dighe continuano apportando ai sistemi di misura delle opportune modifiche, mentre altre esperienze sono state già avviate per ancor meglio conoscere e valutare il fenomeno delle sottopressioni e tenerne il giusto conto nella progettazione delle opere di sbarramento.

FERDINANDO PAGLIARO.

ING. MARCELLO LELLI
R. SCUOLA D'INGEGNERIA DI PISA

# Determinazione delle pioggie critiche nel calcolo dei canali di bonifica

1. – Il calcolo dei canali di bonifica ha ricevuto recentemente un nuovo e decisivo impulso dopo le due notevoli memorie dell'Ing. Antonio Del Pra (1) e del Puppini (2), in base alle quali il metodo di verifica di una rete di canali risulta trasformato in un procedimento diretto altrettanto semplice e speditivo qual'è quello del coefficiente udometrico.

La possibilità di una tale semplificazione è risultata in seguito alla ricerca compiuta nel 1929 dal Prof. Giulio Supino (3), ricerca di cui mi sono distesamente occupato nella nota pubblicata nel numero 3 (Anno 1932) de *L'Ingegnere*, e che rappresenta appunto nel campo del perfezionamento ora accennato un elemento fondamentale.

Precisamente in considerazione di questa sua particolare importanza mi propongo qui di far vedere come la durata della pioggia critica, che nella memoria del Supino, e conseguentemente anche nelle altre due più recenti, risulta dedotta supponendo parabolica la forma della curva rappresentatrice delle pioggie, possa in taluni casi essere alquanto diversa qualora si faccia invece riferimento alla curva effettiva della possibilità climatica, cioè ai dati sperimentali forniti dai pluviometri.

Il passaggio dall'un valore, che può ritenersi di prima approssimazione, a quello effettivo è tuttavia facile; e però anche gli ulteriori svolgimenti del calcolo conservano inalterata la loro semplicità.

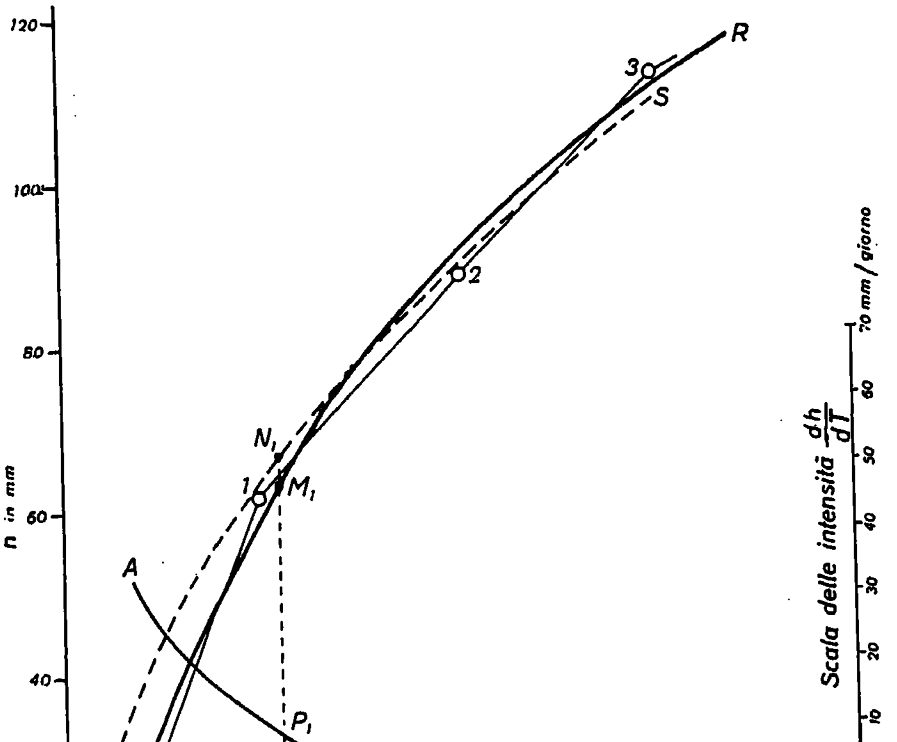
2. – Indicando con $T$ la durata di una pioggia, espressa in giorni, e con $h$ l'altezza totale di precipitazione, espressa in millimetri e ridotta a pioggia di febbraio, si segnino sul piano cartesiano ($h$, $T$) di riferimento (vedi figura) i punti 1, 2, 3.... corrispondenti a pioggie di egual rischio (cioè costituenti tutte un caso critico del medesimo ordine), cadute in una determinata zona (4), si uniscano tali punti mediante una spezzata e si tracci poi la curva regolarizzatrice $OR$.

L'equazione di questa curva, secondo ciò che propone il Prof. Supino, in accordo con quanto già altri autori avevano ritenuto di poter ammettere studiando questioni dello stesso genere, può assumersi della forma:

$$1) \qquad h = a\,T^{n},$$

dove $a$ ed $n$ sono costanti che si determinano immediatamente, passando dai numeri ai logaritmi, con un noto procedimento grafico che non è qui il caso di ripetere.

Alla curva regolarizzatrice $OR$ viene in tal modo sostituita quella rappresentata dalla 1) (la $OS$ della figura): ciò che ri-




sulta di fatto lecito ogni qual volta si trattino problemi nei quali figura solamente l'altezza $h$ di precipitazione, poichè la differenza fra le ordinate delle due curve che corrispondono ad una medesima durata $T$ è generalmente piccola e piccolo è inoltre l'errore percentuale, rapporto fra tale differenza e il valore effettivo dell'ordinata $h$.

(1) « Il calcolo della portata massima dei canali di bonifica ». *L'Ingegnere*, ottobre 1931.

(2) « Coefficienti udometrici per canali di bonifica ». *L'Ingegnere*, dicembre 1931.

(3) « Il calcolo dei canali di bonifica ». *L'Ingegnere*, luglio 1929.

(4) Ove i dati pluviometrici non forniscano di già il valore della precipitazione caduta mediamente in tale zona, ma si riferiscano ad una molto piccola estensione, le altezze $h$ vanno moltiplicate per il coefficiente:

$$\lambda = \left[1 - 0{,}084\,\frac{A}{100} + 0{,}007\left(\frac{A}{100}\right)^{2}\right] T^{0{,}014\,\frac{A}{100}}$$

dato dal Puppini nella sua memoria, essendo $A$ l'area della zona che si considera espressa in kmq e $T$, come s'è detto, la durata della pioggia in giorni.

Ma la medesima sostituzione non pare invece a priori accettabile in qualsiasi caso, qualora si studino questioni di massimo o minimo, la cui soluzione dipende, oltre che dai valori di $h$, anche da quelli della derivata $\frac{dh}{dT}$, così come per l'appunto accade quando ci si propone di determinare la pioggia critica fra tutte le pioggie rappresentate dalla 1).

Infatti, potendo la legge delle derivate corrispondente alla curva effettiva $OR$ differire notevolmente da quella delle derivate corrispondente alla curva $OS$, risulta per tali questioni la possibilità di una sensibile alterazione di una funzione di fondamentale interesse, e però ancora quella di un errore tutt'altro che trascurabile nella determinazione dell'incognita del problema.

D'altro canto il calcolo dei canali di bonifica ha potuto essere grandemente semplificato in virtù specialmente della forma 1) assegnata all'equazione della curva regolarizzatrice $OR$: così che non pare conveniente pensare all'introduzione di altre forme meno semplici, se pure più fedelmente aderenti alla realtà dei fatti; piuttosto sembrami preferibile suggerire il seguente procedimento per approssimazioni successive che contempera la semplicità della 1) con il rigore del risultato.

3. – Sia $AB$ la curva corrispondente (vedi figura) alla funzione $\frac{dh}{dT}$ del tempo $T$, funzione determinata facendo riferimento alla curva $OR$ delle precipitazioni effettive, e siano $T_1$ e $h_1$ i valori della durata e dell'altezza di precipitazione della pioggia critica, valori che si determinano rapidamente, in relazione al problema di verifica o progetto che si sta studiando, mediante facili computi indicati, ad esempio, nell'ultima memoria del Puppini.

Per ciò che s'è ora osservato non accadrà generalmente che nell'intorno del punto $M_1$, di coordinate $T_1$, $h_1$, la legge di variazione della funzione $\frac{dh}{dT}$ sia la medesima che nell'intorno del punto $N_1$ appartenente alla curva $OS$ ed avente la medesima ascissa $T_1$; ma è tuttavia possibile (ammettendo che questa prima determinazione di $T_1$ e $h_1$ abbia per lo meno servito a localizzare la zona in cui trovasi la pioggia critica) sostituire alla curva $OS$ di equazione (1) un'altra curva dello stesso tipo soddisfacente alle due condizioni:

I) che per $T = T_1$, si abbia $h = h_1$;

II) che per $T = T_1$, sia $\frac{dh}{dT} = \left(\frac{dh}{dT}\right)_1$,

dove $\left(\frac{dh}{dT}\right)_1$ indica la derivata di $h$ rispetto a $T$ calcolata nel punto $M_1$ $(T_1, h_1)$ della curva effettiva $OR$, derivata cui corrisponde nella figura il segmento $T_1 P_1$.

La curva in questione ha dunque per equazione:

3) $$h = a_1 T^{n_1},$$

dove:

4) $$n_1 = \frac{T_1}{h_1}\left(\frac{dh}{dT}\right)_1;$$

5) $$a_1 = \frac{h_1}{T_1^{n_1}};$$

ed è quella sola parabola del tipo 1) che ha in comune con la curva $OR$ il punto $M_1$ $(T_1, h_1)$ e la derivata calcolata in questo punto.

Determinate, mediante le 4) e 5), le due costanti che figurano nella 3), si ripete la ricerca della durata e dell'altezza della pioggia critica, e si ottengono così due altri valori $T_2$, $h_2$, generalmente diversi da $T_1$ e $h_1$, sui quali si opera come sui precedenti. Così si procede sino a che due successivi valori della durata, e per conseguenza i due corrispondenti valori dell'altezza della pioggia critica, siano prossimi tanto che risulti inutile ricercarne altri.

4. – *Esempio*: Gli elementi rappresentati nella figura allegata a questa nota si riferiscono alla curva dei decimi casi critici indicata dal Supino nella prima parte della sua memoria e costruita sulla base di dati pluviometrici, relativi al periodo 1813-1928, fornitigli dall'Osservatorio Astronomico della R. Università di Bologna.

Di tale curva l'equazione più conveniente, s'intende nella forma 1), risulta essere

6) $$h = 63\, T^{0,5},$$

qualora $T$ sia espresso in giorni ed $h$ in mm, equazione cui corrisponde di fatto la parabola $OS$.

Per fare un esempio, mediante la formula

7) $$T = 2{,}565\, \frac{v^2}{k^2\, a^2},$$

data dal Puppini [formula (12''') della sua memoria] per il caso in cui sia $n = \frac{1}{2}$ e possa ritenersi $\alpha = \frac{3}{2}$, si determini la durata della pioggia critica, fra quelle incluse nella 6), per un comprensorio di 8000 ettari, la cui rete (data, o di già calcolata in precedenza) abbia la capacità di mc 1 867 000.

Avendosi in questo caso $v = \frac{1\,867\,000}{80\,000\,000} = 0{,}0233$; $a = 63$ ed assumendo $k = 0{,}56$, risulta:

$$T = 1{,}117 \text{ giorni};$$

durata cui corrisponde sulla curva regolarizzatrice $OR$ il punto $M_1$ di ordinata $h_1$ = mm 64, e sulla curva $AB$ delle derivate il punto $P_1$ di ordinata $\left(\frac{dh}{dT}\right)_1 = 40{,}70$ mm/giorno.

Introducendo allora questi valori nelle 4) e 5), si ottiene:

$$n_1 = 0{,}71 \quad ; \quad a_1 = 59 \; ;$$

così che l'equazione della nuova parabola del tipo 1), avente in comune con la $OR$ il punto $M_1$ e la tangente in tale punto, diviene:

8) $$h = 59\, T^{0,71}.$$

Per determinare ora la durata $T_2$ della pioggia critica relativa allo stesso comprensorio e con riferimento alla 8), anzichè alla 6), occorre valersi della formula più generale:

9) $$T = \left(\frac{2}{3}\right)^{\frac{1}{n}} \beta^{-\frac{2}{n}} [\varphi(\beta)]^{\frac{1}{n}}\, V^{\frac{1}{n}} (k\,a\,A)^{-\frac{1}{n}},$$

data dal Puppini (formula (12) della sua memoria), sempre nel caso in cui sia $\alpha = \frac{3}{2}$, e valida per qualunque $n$.

Consultando la tab. 2 allegata alla memoria ricordata, si trova che ad $n = 0{,}71$ corrisponde $\beta = 0{,}97$, e quindi (1):

$$\varphi(\beta) = 3{,}25.$$

(1) Cfr. U. PUPPINI: « Il calcolo dei canali di bonifica ». *Il Monitore Tecnico*, 1923; N. 5, 6 e 7.

La 9) fornisce dopo ciò:

$$T_2 = 1{,}98\ ,$$

valore molto maggiore di $T_1$. Si rende perciò necessaria una ulteriore indagine.

Ripetendo in modo identico il procedimento adottato, si osserva che è:

$$h_2 = 90 \quad ; \quad \left(\frac{dh}{dT}\right)_2 = 27{,}5\ ,$$

e che quindi, avendosi secondo le 4), 5):

$$n_2 = 0{,}605; \qquad a_2 = 59{,}5,$$

risulta:

10) $$h = 59{,}5\ T^{0{,}605}$$

la nuova espressione da assegnarsi alla 1).

In base al nuovo valore di $n$, si deduce poi:

$$\beta = 0{,}954 \quad ; \quad \varphi(\beta) = 2{,}736$$

e quindi, a mezzo della 9):

$$T_3 = 1{,}77.$$

Un'ultima prova fornisce infine, attraverso gli elementi:

$$h_3 = 85;\ \left(\frac{dh}{dT}\right)_3 = 29{,}4;\ n_3 = 0{,}61;\ a_3 = 59{,}8;\ \beta = 0{,}955;$$

$$\varphi(\beta) = 2{,}764:\ T_4 = 1{,}76 \text{ giorni.}$$

Si conclude che la durata della pioggia critica relativa al dato comprensorio e alla data curva regolarizzatrice *OR* delle pioggie indicate dai pluviometri sale di fatto a giorni 1,76; laddove la medesima durata relativa all'equazione 6), che globalmente rappresenta la *OR* stessa, è di 1,117 giorni: inferiore al 64 % del valore effettivo.

Si vuole, tuttavia, osservare che a un così rilevante errore nella determinazione della pioggia critica corrisponde generalmente un errore di gran lunga inferiore nella valutazione della portata massima del canale che si sta calcolando. Infatti nell'esempio esposto risulta: quando si ritenga la durata della pioggia critica eguale a 1,117 giorni, si ha $Q = 22{,}5$ m³/s; quando invece si assuma la durata effettiva, che è di 1,76 giorni, si ha $Q = 21{,}8$ mc/s.

Ciò che sta a dimostrare la notevole influenza moderatrice che sul fenomeno del deflusso in una rete di canali esercita la circostanza secondo cui con l'aumentare della sua durata l'intensità di una pioggia diminuisce.

ING. MARCELLO LELLI.

*Pisa, R. Scuola d'Ingegneria, marzo* 1932-X.

ING. CARLO PALESTRINO - ING. CARMELO CAMINITI

DELLA SOCIETÀ IDROELETTRICA PIEMONTE

# Correnti squilibrate di c. c.

## 1) PREMESSE.

Nello studio delle correnti di c. c. che è stato oggetto di una nostra precedente pubblicazione (1), non è stata messa chiaramente in evidenza l'influenza che hanno i collegamenti dei trasformatori sul valore e sulla distribuzione delle correnti squilibrate di c. c. (quelle prodotte da c. c. tra due fasi o tra una fase ed il neutro).

Questo problema, per quanto è a nostra conoscenza, non è stato ancora trattato da alcuno in modo esauriente, mentre ha una importanza piuttosto notevole nello studio dei c. c.

Ritorniamo quindi sull'argomento, allo scopo di chiarire qualche concetto e stabilire alcune formule di immediata applicazione pratica.

Ci riferiremo unicamente al metodo delle coordinate simmetriche, che più di ogni altro si presta a risolvere problemi di questa natura, e che supponiamo noto al lettore (2).

Riassumiamo qui solo i simboli con cui indicheremo le principali grandezze:

- $\mathbf{Z}_{00}$, $\mathbf{Z}_{01}$, $\mathbf{Z}_{02}$ componenti di sequenza zero, diretta, inversa delle impedenze offerte da tutto il sistema (macchina, trasformatore, linea) alle terne di correnti di sequenza zero;
- $\mathbf{Z}_{10}$, $\mathbf{Z}_{11}$, $\mathbf{Z}_{12}$ le stesse componenti delle impedenze offerte dal sistema alle terne di correnti di sequenza diretta;
- $\mathbf{Z}_{20}$, $\mathbf{Z}_{21}$, $\mathbf{Z}_{22}$ le stesse componenti delle impedenze offerte dal sistema alle terne di correnti di sequenza inversa;
- $\mathbf{Z}_{0A}$, $\mathbf{Z}_{1A}$, $\mathbf{Z}_{2A}$ impedenze offerte dall'alternatore rispettivamente: ad una terna di correnti di sequenza zero, ad una terna di correnti di sequenza diretta, ad una terna di correnti di sequenza inversa;
- $\mathbf{Z}_{0L}$, $\mathbf{Z}_{1L}$, $\mathbf{Z}_{2L}$ e $\mathbf{Z}_{0T}$, $\mathbf{Z}_{1T}$, $\mathbf{Z}_{2T}$ impedenze offerte rispettivamente dalla linea e dal trasformatore alle terne di correnti di sequenza zero, diretta ed inversa.
- $\mathbf{I}_0$, $\mathbf{I}_1$, $\mathbf{I}_2$ e $\mathbf{E}_0$, $\mathbf{E}_1$, $\mathbf{E}_2$ componenti di sequenza zero, diretta ed inversa delle correnti e delle tensioni agenti nel sistema.

Con queste notazioni, le equazioni fondamentali del sistema trifase si scrivono:

$$\left.\begin{aligned} \mathbf{E}_0 &= \mathbf{Z}_{00}\,\mathbf{I}_0 + \mathbf{Z}_{12}\,\mathbf{I}_1 + \mathbf{Z}_{21}\,\mathbf{I}_2 \\ \mathbf{E}_1 &= \mathbf{Z}_{01}\,\mathbf{I}_0 + \mathbf{Z}_{10}\,\mathbf{I}_1 + \mathbf{Z}_{22}\,\mathbf{I}_2 \\ \mathbf{E}_2 &= \mathbf{Z}_{02}\,\mathbf{I}_0 + \mathbf{Z}_{11}\,\mathbf{I}_1 + \mathbf{Z}_{20}\,\mathbf{I}_2 \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

(1) PALESTRINO-CAMINITI: « Calcolo delle correnti di c. c. nella linea Cardano-Cislago della S.I.P. ». *L'Energia Elettrica*, febbraio 1931.
(2) Per la conoscenza di questo metodo, vedere:
FORTESCUE: *AIEE*, 1918;
BOTTANI: *L'Elettrotecnica*, 1924.
FOCACCIA-CERILLO: *L'Elettrotecnica*, Dicembre 1928.

## *A*) CORRENTI DI C. C. TRA DUE FASI.

### 2) *Il c. c. è alimentato da una sola macchina senza trasformatore interposto.*

Quando si effettua un c. c. tra due fasi ai morsetti del generatore, le condizioni di funzionamento che si stabiliscono sono identiche a quelle che si hanno quando l'alternatore stesso alimenta una stella di impedenze di cui due abbiano il valore zero e la terza il valore infinito (fig. 1).

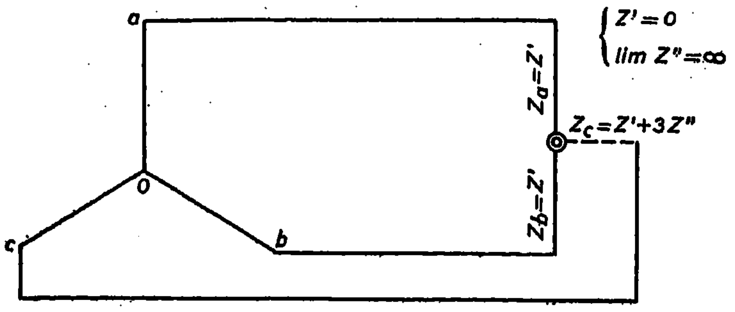



Fig. 1.

In queste condizioni, le correnti totali **I***a*, **I***b*, **I***c* delle tre fasi soddisfano alle relazioni:

$$\mathbf{I}_a = -\,\mathbf{I}_b \quad ; \quad \mathbf{I}_c = 0 \qquad (1)$$

dalle quali si ricava (1):

$$\left.\begin{aligned} \mathbf{I}_0 &= 0 \\ \mathbf{I}_1 &= \frac{1}{3}\,\mathbf{I}_a\,(1-\alpha) = j\,\alpha^2\,\frac{\mathbf{I}_a}{\sqrt{3}} \\ \mathbf{I}_2 &= \frac{1}{3}\,\mathbf{I}_a\,(1-\alpha^2) = j\,\alpha\,\frac{\mathbf{I}_a}{\sqrt{3}} \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

D'altro canto, rappresentando con $\mathbf{Z}_a = \mathbf{Z}_b = \mathbf{Z}'$, $\mathbf{Z}_c = \mathbf{Z}' + 3\,\mathbf{Z}''$ (con $\mathbf{Z}' = 0$, $\lim \mathbf{Z}'' = \infty$) le impedenze della stella ricevente, si ha:

$$\left.\begin{aligned} \mathbf{Z}_{00} &= \mathbf{Z}'' \\ \mathbf{Z}_{10} &= \mathbf{Z}_{1A} + \mathbf{Z}'' \\ \mathbf{Z}_{20} &= \mathbf{Z}_{2A} + \mathbf{Z}'' \\ \mathbf{Z}_{01} &= \mathbf{Z}_{11} = \mathbf{Z}_{21} = \alpha^2\,\mathbf{Z}'' \\ \mathbf{Z}_{02} &= \mathbf{Z}_{12} = \mathbf{Z}_{22} = \alpha\,\mathbf{Z}'' \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

Le relazioni fondamentali diventano allora:

$$\left.\begin{aligned} \mathbf{E}_0 &= \alpha\,\mathbf{Z}''\,\mathbf{I}_1 + \alpha^2\,\mathbf{Z}''\,\mathbf{I}_2 \\ \mathbf{E}_1 &= (\mathbf{Z}_{1A} + \mathbf{Z}'')\,\mathbf{I}_1 + \alpha\,\mathbf{Z}''\,\mathbf{I}_2 \\ \mathbf{E}_2 &= \alpha^2\,\mathbf{Z}''\,\mathbf{I}_1 + (\mathbf{Z}_{2A} + \mathbf{Z}'')\,\mathbf{I}_2 \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

(1) I simboli $\alpha$ ed $\alpha^2$ indicano rotazioni nel verso positivo rispettivamente di 120° e 240° (vedi P. C. *L'Energia Elettrica*, febbraio 1931).

Risolvendo le due ultime equazioni di questo sistema rispetto ad $\mathbf{I}_1$ ed $\mathbf{I}_2$ si ottiene:

$$\left.\begin{aligned} \mathbf{I}_1 &= \frac{\mathbf{E}_1(\mathbf{Z}_{2A} + \mathbf{Z}'') - \alpha\,\mathbf{E}_2\,\mathbf{Z}''}{-\mathbf{Z}_{1A}\,\mathbf{Z}_{2A} + \mathbf{Z}_{1A}\,\mathbf{Z}'' + \mathbf{Z}_{2A}\,\mathbf{Z}''} \\ \mathbf{I}_2 &= \frac{\mathbf{E}_2(\mathbf{Z}_{1A} + \mathbf{Z}'') - \alpha^2\,\mathbf{E}_1\,\mathbf{Z}''}{-\mathbf{Z}_{1A}\,\mathbf{Z}_{2A} + \mathbf{Z}_{1A}\,\mathbf{Z}'' + \mathbf{Z}_{2A}\,\mathbf{Z}''} \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

e passando al limite per $\mathbf{Z}'' = \infty$:

$$\left.\begin{aligned} \mathbf{I}_1 &= \frac{\mathbf{E}_1 - \alpha\,\mathbf{E}_2}{\mathbf{Z}_{1A} + \mathbf{Z}_{2A}} \\ \mathbf{I}_2 &= \frac{\mathbf{E}_2 - \alpha^2\,\mathbf{E}_1}{\mathbf{Z}_{1A} + \mathbf{Z}_{2A}} \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

Se indichiamo con $\mathbf{V}$ la d. d. p. esistente a vuoto tra i morsetti *a* e *b* della macchina, possiamo scrivere:

$$\left.\begin{aligned} \mathbf{E}_2 &= 0 \\ \mathbf{E}_1\,(1 - \alpha^2) &= \mathbf{V} \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

e le (6) diventano:

$$\left.\begin{aligned} \mathbf{I}_1 &= \frac{\mathbf{E}_1}{\mathbf{Z}_{1A} + \mathbf{Z}_{2A}} \\ \mathbf{I}_2 &= \frac{-\alpha^2\,\mathbf{E}_1}{\mathbf{Z}_{1A} + \mathbf{Z}_{2A}} \end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

da cui si ricava:

$$\mathbf{I}_a = \mathbf{I}_1 + \mathbf{I}_2 = \frac{\mathbf{E}_1\,(1 - \alpha^2)}{\mathbf{Z}_{1A} + \mathbf{Z}_{2A}} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{Z}_{1A} + \mathbf{Z}_{2A}} \qquad (9)$$

*Esempio* (1). Applichiamo le relazioni precedenti al calcolo della corrente di c. c. tra due fasi ai morsetti di un alternatore

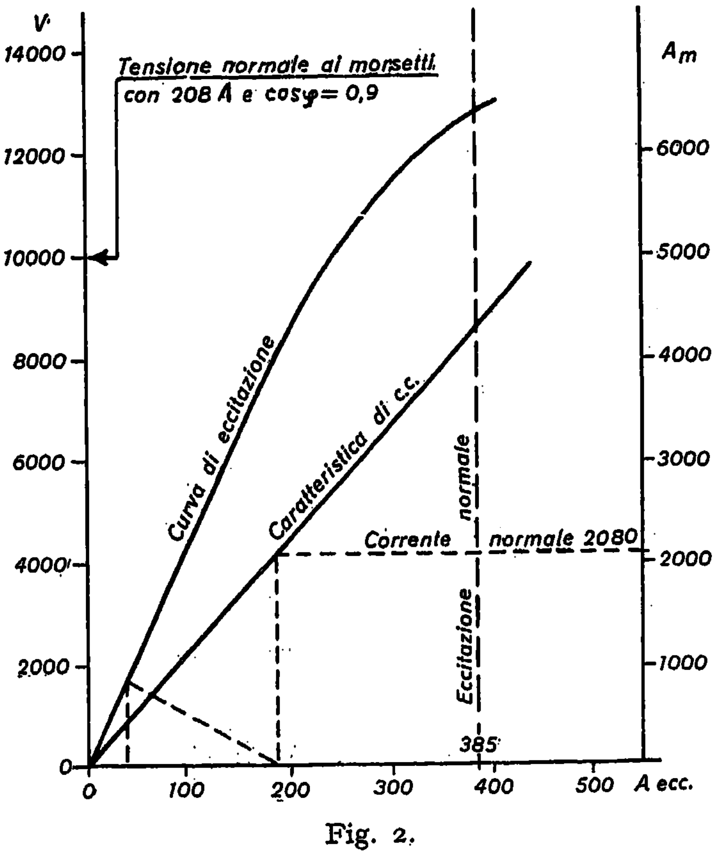



Fig. 2.

C. G. E. della centrale di Cardano. Le caratteristiche di queste macchine sono quelle rappresentate nella fig. 2 dalla quale si rileva:

Corrente di eccitazione corrispondente al funzionamento normale:

$$i_e = 385 \text{ A}$$

Tensione generata a vuoto in ciascuna fase con l'eccitazione di 385 A:

$$E^0 = 7400 \text{ V}$$

Tensione composta ai morsetti a vuoto:

$$V = 12\,800 \text{ V}$$

Impedenza offerta dalla macchina ad una terna di correnti di sequenza diretta:

$$\mathbf{Z}_{1A} = j\,1{,}67$$

Impedenza ad una terna di correnti di sequenza inversa (1):

$$\mathbf{Z}_{2A} = j\,0{,}474$$

Con questi dati risulta:

$$\mathbf{I}_a = -j\,\frac{12800}{2{,}144} \text{ A} = -j\,6000 \text{ A}$$

Se tra la macchina ed il punto del c. c. è interposto un tratto di linea, basterà semplicemente aggiungere alle impedenze di sequenza diretta ed inversa dell'alternatore quelle della linea.

3) *Il c. c. è alimentato da una sola macchina attraverso un trasformatore.*

Per risolvere questo problema, è necessario distinguere i casi in cui la presenza del trasformatore non altera la distribuzione delle correnti da quelli in cui a valle ed a monte del trasformatore si hanno due distribuzioni diverse.

Nei primi, si applica lo stesso procedimento della lettera precedente, aggiungendo alle impedenze della macchina quelle della linea e del trasformatore.

Negli altri casi, invece, conviene considerare separatamente il circuito a valle e quello a monte del trasformatore, tenendo conto delle effettive distribuzioni di corrente che in essi si hanno.

È necessario quindi studiare anzitutto le variazioni che apporta nelle distribuzioni delle correnti e delle tensioni un trasformatore con gli avvolgimenti collegati a triangolo sul primario e a stella sul secondario o viceversa.

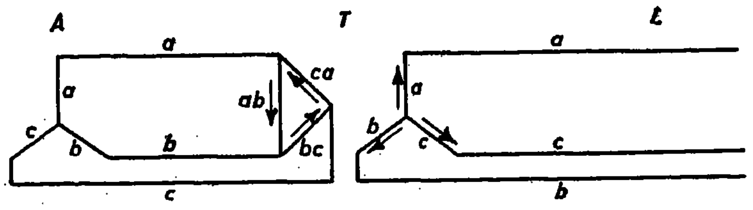



Fig. 3.

Consideriamo lo schema della figura 3, che rappresenta una linea *L* alimentata da un alternatore *A* attraverso un trasformatore *T* di rapporto unitario con i collegamenti a triangolo-stella, e supponiamo la linea percorsa da una terna di correnti di sequenza diretta:

$$\mathbf{I}_{La1}\,;\; \mathbf{I}_{Lb1} = \alpha^2\,\mathbf{I}_{La1}\,;\; \mathbf{I}_{Lc1} = \alpha\,\mathbf{I}_{La1} \qquad \text{(fig. 4)}$$

Le correnti che si hanno negli avvolgimenti primari del trasformatore (quelli collegati a triangolo) saranno:

$$\mathbf{I}_{Tab1} = \frac{\mathbf{I}_{La1}}{\sqrt{3}}\,;\quad \mathbf{I}_{Tbc1} = \frac{\alpha^2\,\mathbf{I}_{La1}}{\sqrt{3}}\,;\quad \mathbf{I}_{Tca1} = \frac{\alpha\,\mathbf{I}_{La1}}{\sqrt{3}}$$

(1) Per il modo di calcolare queste impedenze vedi PALESTRINO-CAMINITI, loco citato.

e quelle che si hanno nelle tre fasi a monte del trasformatore:

$$I_{Aa1} = I_{Tab1} - I_{Tca1} = \frac{I_{La1}}{\sqrt{3}} (1 - \alpha)$$

$$I_{Ab1} = I_{Tbc1} - I_{Tab1} = \frac{I_{La1}}{\sqrt{3}} (\alpha^2 - 1)$$

$$I_{Ac1} = I_{Tca1} - I_{Lbc1} = \frac{I_{La1}}{\sqrt{3}} (\alpha^2 - \alpha).$$

Come si vede anche dalla fig. 4, in cui sono disegnati, i tre vettori $I_{Aa1}$, $I_{Ab1}$, $I_{Ac1}$ costituiscono una terna di sequenza diretta spostata di 30° in ritardo rispetto alla terna $I_{La1}$, $I_{Lb1}$, $I_{Lc1}$,

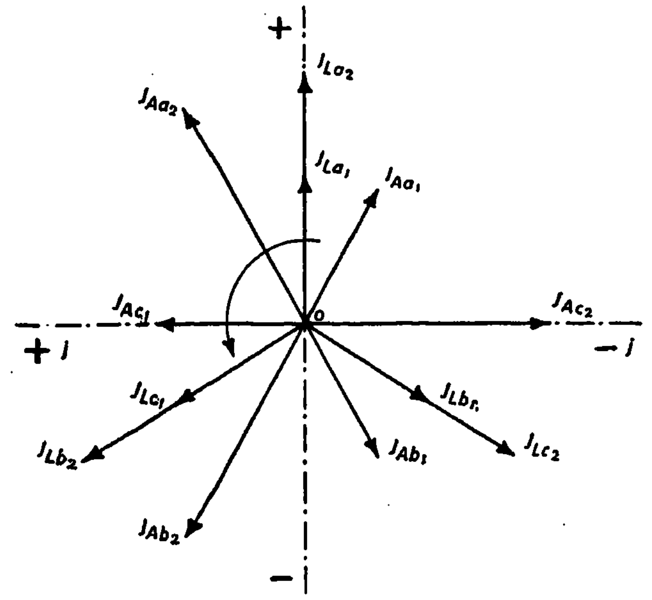



Fig. 4.

che le corrisponde sulla linea. Con lo stesso procedimento, si può verificare che se la linea è percorsa da una terna di correnti di sequenza inversa ($I_{La2}$, $I_{Lb2}$, $I_{Lc2}$) si avrà a monte del trasformatore un'altra terna di correnti di sequenza inversa ($I_{Aa2}$, $I_{Ab2}$, $I_{Ac2}$) spostata, rispetto alla prima, di 30° in anticipo.

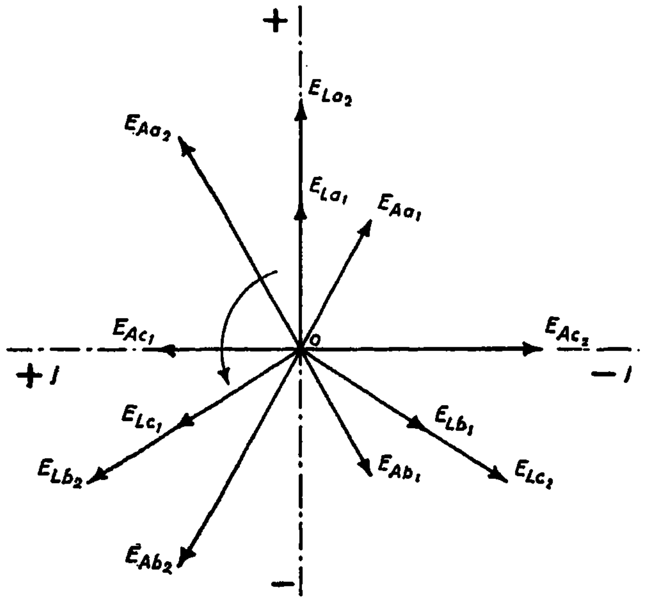



Fig. 5.

Le stesse conclusioni si possono trarre anche per le terne di tensioni (fig. 5).

Riassumendo, possiamo dire che in un trasformatore con collegamenti triangolo stella:

*a*) una terna (di correnti o di tensioni) di sequenza diretta, passando dal lato con collegamenti a stella a quello con collegamenti a triangolo, risulta spostata di 30° nel verso negativo, cioè risulta moltiplicata per il fattore $j\,\alpha^2$;

*b*) una terna (di correnti o di tensioni) di sequenza inversa, passando dal lato con collegamenti a stella a quello con collegamenti a triangolo, risulta spostata di 30° nel verso positivo, cioè risulta moltiplicata per il fattore $-j\,\alpha$.

Tenendo presenti queste considerazioni, la soluzione del problema posto è immediata. Consideriamo il solito sistema alternatore-trasformatore (triangolo stella)-linea (fig. 6) e supponiamo di avere un c. c. tra le fasi *a* e *b* di quest'ultima. Le correnti in essa saranno:

$$I_{La} = -I_{Lb} \quad ; \quad I_{Lc} = 0$$

e le relative componenti di sequenza zero diretta ed inversa:

$$\left.\begin{aligned} I_{L0} &= 0 \\ I_{L1} &= j\,\alpha^2 \frac{I_{La}}{\sqrt{3}} \\ I_{L2} &= -j\,\alpha \frac{I_{La}}{\sqrt{3}} \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Essendo, per il circuito a valle (trasformatore compreso):

$$Z_{10} = Z_{1T} + Z_{1L} + Z'' \qquad Z_{20} = Z_{2T} + Z_{2L} + Z''$$
$$Z_{11} = \alpha^2\, Z'' \qquad Z_{21} = \alpha^2\, Z''$$
$$Z_{12} = \alpha\, Z'' \qquad Z_{22} = \alpha\, Z''$$

Se distinguiamo con l'indice T'' le tensioni dell'avvolgimento secondario del trasformatore e con l'indice T' quelle dell'avvol-

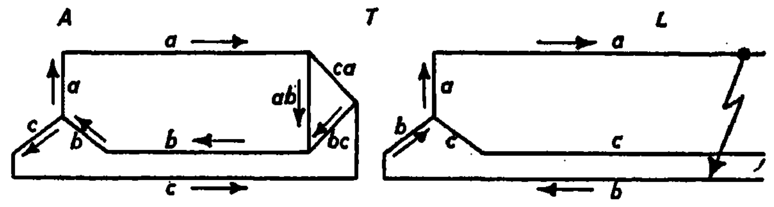



Fig. 6.

gimento primario, la 2ª e 3ª equazione del sistema fondamentale applicate alla stessa porzione di circuito divengono:

$$\left.\begin{aligned} E_{T''_1} &= (Z_{1T} + Z_{1L} + Z'')\, I_{L1} + \alpha\, Z''\, I_{L2} \\ E_{T''_2} &= \alpha^2 Z''\, I_{L1} + (Z_{2T} + Z_{2L} + Z'')\, I_{L2} \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

Per quanto visto sopra, il termine di sequenza diretta delle tensioni $E_{T1}$ e quello di sequenza diretta delle correnti $I_{L1}$ passando dal lato del trasformatore con collegamenti a stella a quello con collegamenti a triangolo, risultano moltiplicati per il fattore $j\,\alpha_2$, mentre i termini di sequenza inversa risultano moltiplicati per il fattore $-j\,\alpha$. Nel circuito a monte del trasformatore, si dovrà avere quindi:

$$\left.\begin{aligned} E_1 - j\,\alpha^2 E_{T''_1} &= j\,\alpha^2\, Z_{1A}\, I_{L1} \\ E_2 + j\,\alpha\, E_{T''_2} &= -j\,\alpha\, Z_{2A}\, I_{L2} \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

Sostituendo ad $E_{T''_1}$, $E_{T''_2}$ le loro espressioni date dalle (2) si ha:

$$\left.\begin{aligned} E_1 &= j\,\alpha^2 \left\{ (Z_{1A} + Z_{1T} + Z_{1L} + Z'')\, I_{L1} + \alpha\, Z''\, I_{L2} \right\} \\ E_2 &= -j\,\alpha \left\{ \alpha^2\, Z''\, I_{L1} + (Z_{2A} + Z_{2T} + Z_{2L} + Z'')\, I_{L2} \right\} \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

Risolvendo questo sistema, e tenendo presente che $E_2 = 0$ e $E_1 = E^0$, si ricavano per $I_{L1}$ ed $I_{L2}$ le espressioni:

$$I_{L1} = \frac{-j\,\alpha\, E^0}{Z_{1A} + Z_{1T} + Z_{1L} + Z_{2A} + Z_{2T} + Z_{2L}} \qquad (5)$$

$$I_{L2} = \frac{j\, E^0}{Z_{1A} + Z_{1T} + Z_{1L} + Z_{2A} + Z_{2T} + Z_{2L}} \qquad (6)$$

Tenendo presenti le:

$$\begin{aligned} I_{A1} &= j\,\alpha^2\, I_{L1} \\ I_{A2} &= -j\,\alpha\, I_{L2} \end{aligned} \qquad (7)$$

si ha anche la distribuzione delle correnti in macchina.

*Esempio* (2). Riferendoci sempre all'impianto di Cardano, supponiamo che avvenga un c. c. tra due fasi della linea nei pressi della stazione di Cislago. Poichè $\mathbf{E}^0 = 7400$ V :

$$\mathbf{Z}_{1A} + \mathbf{Z}_{1T} + \mathbf{Z}_{1L} + \mathbf{Z}_{2A} + \mathbf{Z}_{2T} + \mathbf{Z}_{2L} = j\ (1{,}67 + 0{,}474 + 0{,}226 \times 2 + 0{,}365 \times 2) = j\,3{,}326$$

Le correnti in macchina risultano:

$$\mathbf{I}_{L1} = -\alpha \frac{7400}{3{,}326} = 1112 - j\,1930$$
$$\mathbf{I}_{L2} = \frac{7400}{3{,}326} = 2225$$
$$\mathbf{I}_{A1} = -j\,2225$$
$$\mathbf{I}_{A2} = 1930 + j\,1112$$
$$\mathbf{I}_{La} = \mathbf{I}_{L1} + \mathbf{I}_{L2} = 3337 - j\,1930 \quad ; \quad I_{La} = 3855 \text{ A}$$
$$\mathbf{I}_{Lb} = \alpha^2\,\mathbf{I}_{L1} + \alpha\,\mathbf{I}_{L2} = -3337 + j\,1930 \quad ; \quad I_{Lb} = 3855 \text{ »}$$
$$\mathbf{I}_{Aa} = \mathbf{I}_{A1} + \mathbf{I}_{A2} = 1930 - j\,1113 \quad ; \quad I_{Aa} = 2225 \text{ »}$$
$$\mathbf{I}_{Ab} = \alpha^2\,\mathbf{I}_{A1} + \alpha\,\mathbf{I}_{A2} = -3855 + j\,2226 \quad ; \quad I_{Ab} = 4450 \text{ »}$$
$$\mathbf{I}_{Ac} = \alpha\,\mathbf{I}_{A1} + \alpha^2\,\mathbf{I}_{A2} = 1930 - j\,1113 \quad ; \quad I_{Ac} = 2225 \text{ »}$$

e quelle in linea (fig. 7):

$$I_{La} = I_{Lb} = 180 \text{ A}$$

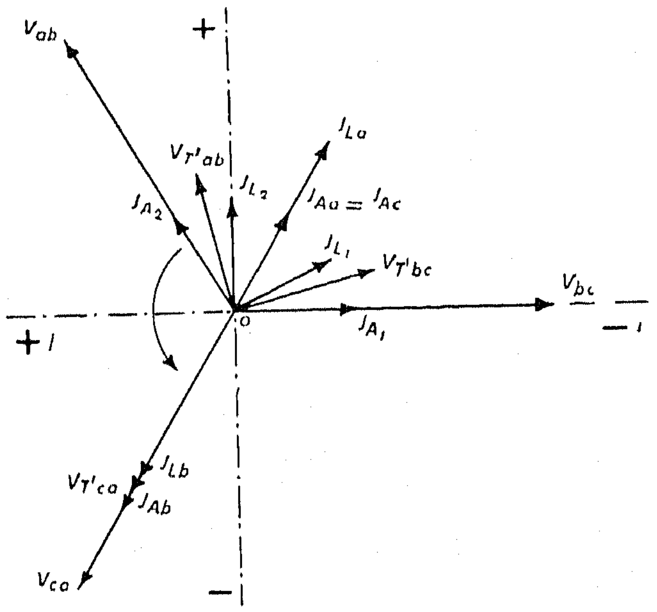



Fig. 7.

Inoltre, per la simmetria della terna di tensioni generate, si ha:

$$\mathbf{V}_0 = 0\ ; \mathbf{V}_1 = \mathbf{E}^0\,(1 - \alpha^2) = 11100 + j\,6400\ ; \ \mathbf{V}_2 = 0$$

e dalle (3) si ricava:

$$\mathbf{E}_{T''_1} = 3170 + j\,1840$$
$$\mathbf{E}_{T''_2} = -j\,1055$$

Quindi

$$\mathbf{V}_{T''_0} = 0\ ; \mathbf{V}_{T''_1} = -j\sqrt{3}\,\alpha\,\mathbf{E}_{T''_1} = 3160 + j\,5500;$$
$$\mathbf{V}_{T''_2} = j\sqrt{3}\,\alpha^2\,\mathbf{E}_{T''_2} = -915 - j\,1585$$
$$\mathbf{V}_{T''ab} = \mathbf{V}_{T''_1} + \mathbf{V}_{T''_2} = 2245 + j\,3915$$
$$\mathbf{V}_{T''bc} = \alpha^2\,\mathbf{V}_{T''_1} + \alpha\,\mathbf{V}_{T''_2} = 5000 - j\,5480$$
$$\mathbf{V}_{T''ca} = \alpha\,\mathbf{V}_{T''_1} + \alpha^2\,\mathbf{V}_{T''_2} = -7260 + j\,1584$$
$$\mathbf{E}_{T'_1} = j\,\alpha^2\,\mathbf{E}_{T''_1} = 3660\ ; \ \mathbf{E}_{T'_2} = -j\,\alpha\,\mathbf{E}_{T''_2} = 528 - j\,955$$
$$\mathbf{V}_{T'_0} = 0;\ \mathbf{V}_{T'_1} = -j\sqrt{3}\,\alpha\,\mathbf{E}_{T'_1} = 5500 + j\,3160\ ;$$
$$\mathbf{V}_{T'_2} = j\sqrt{3}\,\alpha^2\,\mathbf{E}_{T'_2} = -j\,1820$$
$$\mathbf{V}_{T'ab} = \mathbf{V}_{T'_1} + \mathbf{V}_{T'_2} = 5500 + j\,1340$$
$$\mathbf{V}_{T'bc} = \alpha^2\,\mathbf{V}_{T'_1} + \alpha\,\mathbf{V}_{T'_2} = 1650 - j\,5435$$
$$\mathbf{V}_{T'ca} = \alpha\,\mathbf{V}_{T'_1} + \alpha^2\,\mathbf{V}_{T'_2} = -7070 + j\,4080$$

Queste tensioni sono state rappresentate nella fig. 7.

*B*) CORRENTI DI C. C. TRA UNA FASE ED IL NEUTRO.

4) *Il c. c. è alimentato da una sola macchina senza trasformatore interposto.*

Questo problema si risolve immediatamente considerando che, se:

$$\mathbf{I}_a \neq 0 \quad ; \quad \mathbf{I}_b = \mathbf{I}_c = 0$$

sono:

$$\mathbf{I}_1 = \mathbf{I}_2 = \mathbf{I}_2 = \frac{\mathbf{I}_a}{3}$$

e quindi le relazioni fondamentali, sommate membro a membro, danno:

$$\mathbf{E}_0 + \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 = \frac{\mathbf{I}_a}{3}\,(\mathbf{Z}_0 + \mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2) \qquad (1)$$

In cui si è posto:

$$\mathbf{Z}_0 = \mathbf{Z}_{00} + \mathbf{Z}_{01} + \mathbf{Z}_{02}$$
$$\mathbf{Z}_1 = \mathbf{Z}_{10} + \mathbf{Z}_{11} + \mathbf{Z}_{12}$$
$$\mathbf{Z}_2 = \mathbf{Z}_{20} + \mathbf{Z}_{21} + \mathbf{Z}_{22}$$

Avendo scelto la fase *a* come fondamentale, si ha inoltre:

$$\mathbf{E}_0 + \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 = \mathbf{E}_a$$

e la (1) fornisce:

$$\mathbf{I}_a = \frac{3\ \mathbf{E}_a}{\mathbf{Z}_0 + \mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2} \qquad (2)$$

D'altro canto, trovandosi chiusa nettamente una fase in c. c., la f.e.m. agente in essa coincide con quella generata, cioè:

$$\mathbf{E}_a = \mathbf{E}^0 \qquad (3)$$

quindi, in definitiva:

$$\mathbf{I}_a = \frac{3\ \mathbf{E}^0}{\mathbf{Z}_0 + \mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2} \qquad (4)$$

*Esempio numerico* (3). Con i dati relativi all'impianto di Cardano, supposto che avvenga un c. c. tra un morsetto ed il neutro di un alternatore C.G.E.

Si ha:

$$\mathbf{E}^0 = \frac{12800}{\sqrt{3}} = 7400\,.$$

$$\mathbf{Z}_0 = \mathbf{Z}_0 = 0\ ; \ \mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2 = \mathbf{Z}_{1A} + \mathbf{Z}_{2A} = j\ (1{,}67 + 0{,}474) = j\,2{,}144$$

$$\mathbf{I}_a = -j\,\frac{3 \times 7400}{2{,}144} = -j\,10030 \quad ; \quad I_a = 10030 \text{ A.}$$

5) *Il c. c. è alimentato da una sola macchina attraverso un trasformatore.*

Anche quì conviene, come per il c. c. tra due fasi, distinguere i casi in cui il trasformatore non altera la distribuzione delle correnti da quelli in cui a monte e a valle del trasformatore si hanno due distribuzioni diverse.

Nei primi, basta applicare il procedimento e le formule ricavate al N.° precedente, includendo nelle impedenze anche quelle

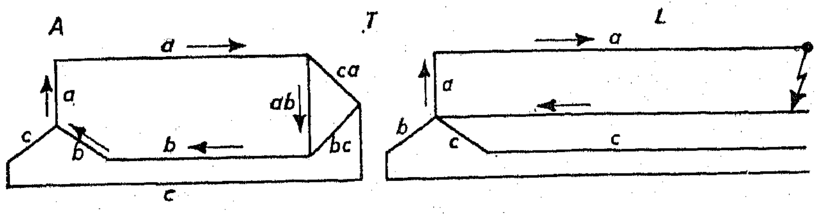



Fig. 8.

del trasformatore e della linea. Negli altri casi, invece, occorre considerare separatamente i circuiti a monte e quelli a valle del trasformatore, tenendo conto per ciascuno di essi della effettiva distribuzione che hanno le correnti.

Il solo caso che abbia importanza pratica è quello della fig. 8 nel quale, indicano con $\mathbf{I}_{La}$ la corrente che va al c. c. si hanno: a valle del trasformatore:

$$\mathbf{I}_{La} \neq 0 \; ; \; \mathbf{I}_{Lb} = \mathbf{I}_{Lc} = 0 \qquad (1)$$

$$\mathbf{I}_{L0} = \mathbf{I}_{L1} = \mathbf{I}_{L2} = \frac{\mathbf{I}_{La}}{3} \qquad (2)$$

Per quanto visto al N.° 3 le componenti di sequenza diretta ed inversa delle correnti a monte del trasformatore sono:

$$\mathbf{I}_{A1} = j\,\alpha^2\,\mathbf{I}_{L1} \; ; \; \mathbf{I}_{A2} = -j\,\alpha\,\mathbf{I}_{L2} = -j\,\alpha\,\mathbf{I}_{L1} \qquad (3)$$

Inoltre, è facile verificare che la componente di sequenza zero della corrente si traduce in una corrente di circolazione nell'avvolgimento del trasformatore collegato a triangolo, senza interessare i circuiti a monte di esso. Infatti, riferendosi alla fig. 3, se la linea è percorsa da una terna di correnti di sequenza zero:

$$\mathbf{I}_{Lao} = \mathbf{I}_{Lbo} = \mathbf{I}_{Lco} = \mathbf{I}$$

Le correnti che si hanno nelle tre fasi dell'avvolgimento primario (quello collegato a triangolo), sono:

$$\mathbf{I}_{T'abo} = \mathbf{I}_{T'bco} = \mathbf{I}_{T'cao} = \frac{\mathbf{I}}{\sqrt{3}}$$

e quelle che si hanno nelle fasi a monte del trasformatore:

$$\mathbf{I}_{Aao} = \mathbf{I}_{T'abo} - \mathbf{I}_{T'cao} = 0$$
$$\mathbf{I}_{Abo} = \mathbf{I}_{T'bco} - \mathbf{I}_{T'abo} = 0$$
$$\mathbf{I}_{Aco} = \mathbf{I}_{T'cao} - \mathbf{I}_{T'bco} = 0$$

Possiamo quindi scrivere:

$$\mathbf{I}_{Ao} = 0 \qquad (4)$$

Dalle (3) e (4) si deduce:

$$\mathbf{I}_{A} = j\,\mathbf{I}_{L1}\,(\alpha^2 - \alpha) = \sqrt{3}\,\mathbf{I}_{L1} = \frac{1}{\sqrt{3}}\,\mathbf{I}_{La} \qquad (5)$$

Applicando la (1) del N.° 4 al circuito a valle del trasformatore (questo compreso) si ha:

$$\mathbf{E}_{T''a} = \frac{\mathbf{I}_{La}}{3}\,(\mathbf{Z}_{0T} + \mathbf{Z}_{1T} + \mathbf{Z}_{2T} + \mathbf{Z}_{0L} + \mathbf{Z}_{1L} + \mathbf{Z}_{2L}) \qquad (6)$$

La distribuzione delle correnti che si hanno nel circuito a monte del trasformatore è la stessa di quella che si avrebbe con un c. c. tra le fasi *a* e *b* qualora la f. e. m. $\mathbf{E}_{ab} = \mathbf{V}$ agente in esse fosse quella effettiva diminuita della caduta di tensione $\mathbf{E}_{T'ab}$ che si ha nella fase *a b* del trasformatore.

Poichè:

$$\mathbf{E}_{T'ab} = \sqrt{3}\,\mathbf{E}_{T''a}$$

applicando la (9) del N.° 2 al circuito a monte del trasformatore, si ottiene:

$$\frac{\mathbf{I}_{La}}{\sqrt{3}} = \frac{\mathbf{V} - \dfrac{\mathbf{I}_{La}}{\sqrt{3}}\,(\mathbf{Z}_{0T} + \mathbf{Z}_{1T} + \mathbf{Z}_{2T} + \mathbf{Z}_{0L} + \mathbf{Z}_{1L} + \mathbf{Z}_{2L})}{\mathbf{Z}_{1a} + \mathbf{Z}_{2A}}$$

da cui si ricava:

$$\mathbf{I}_{La} = \frac{\sqrt{3}\,\mathbf{V}}{\mathbf{Z}_{1A} + \mathbf{Z}_{2A} + \mathbf{Z}_{0T} + \mathbf{Z}_{1T} + \mathbf{Z}_{2T} + \mathbf{Z}_{0L} + \mathbf{Z}_{1L} + \mathbf{Z}_{2L}} \qquad (7)$$

Calcolata così $\mathbf{I}_{La}$, si ottiene facilmente la distribuzione delle correnti e delle tensioni in tutto il sistema, dai morsetti dell'alternatore al punto del c. c.

*Esempio numerico* (4). Riferendoci sempre all'impianto di Cardano, vogliamo calcolare la corrente di c. c. che si ha in linea ed in macchina quando avvenga un c. c. tra una fase e la terra alla stazione di Cislago, mentre si trova in servizio una sola macchina C. G. E. nelle condizioni di funzionamento fissate per gli esempi precedenti.

Essendo:

$$\mathbf{Z}_{1A} = j\,1{,}67$$
$$\mathbf{Z}_{2A} = j\,0{,}474$$
$$\mathbf{Z}_{0T} = \mathbf{Z}_{1T} = \mathbf{Z}_{2T} = j\,0{,}365$$
$$\mathbf{Z}_{0L} = j\,1{,}06$$
$$\mathbf{Z}_{1L} = \mathbf{Z}_{2L} = j\,0{,}226$$

Risultano:

$$\mathbf{Z}_{1A} + \mathbf{Z}_{2A} + \mathbf{Z}_{0T} + \mathbf{Z}_{1T} + \mathbf{Z}_{2T} + \mathbf{Z}_{0L} + \mathbf{Z}_{1L} + \mathbf{Z}_{2L} = j\,4{,}751$$

$$\mathbf{I}_{La} = \frac{\sqrt{3}\;12800}{j\,4{,}751} = -j\,4660$$

$$\mathbf{I}_{L0} = \mathbf{I}_{L1} = \mathbf{I}_{L2} = -j\,1553$$

$$\mathbf{I}_{Aa} = j\,2680 \; ; \; \mathbf{I}_{A1} = -777 - j\,1340 \; ; \; \mathbf{I}_{A2} = 777 - j\,1340$$

$$I_{La} = 4660 \text{ A}$$
$$I_{Aa} = 2680 \text{ A}$$

Tenendo conto del rapporto di trasformazione, si ha in linea la corrente:

$$I = 218 \text{ A.}$$

ING. CARLO PALESTRINO.
ING. CARMELO CAMINITI.

# FATTI E TESTIMONIANZE

## La fine dell'Ente Adige Garda

3 maggio 1932-X.

Nel numero precedente, col sottotitolo « Cronistoria elettro-parlamentare » abbiamo elencato alcuni fatti che ci parvero degni d'essere estratti dalla molteplice attività della Camera, in quanto si prestano a illuminare il pensiero di alcuni Deputati circa l'industria elettrica.

Oggi siamo lieti di poter registrare le parole con le quali il Governo Fascista (e per precisare, il Ministro dei Lavori Pubblici, di concerto col Capo del Governo Ministro dell'Interno, con il Ministro delle Finanze, con il Ministro di Grazia e Giustizia, e con il Ministro delle Corporazioni) ha presentato alla Camera il disegno di legge inteso a facilitare fiscalmente la cessione all'iniziativa privata del famoso Ente *Adige Garda*, sorto in clima riformista e lasciato sopravvivere anche dal Fascismo, forse a titolo sperimentale.

È notorio che l'Ente Adige Garda, dopo una serie non breve di errori, talvolta gravi, si era ridotto a non avere più credito; si sa pure che esso perdeva ogni anno nell'esercizio somme cospicue (si parlava di dieci milioni di perdite annuali sopra una vendita di forse 60 milioni di kilowattora).

I fondatori, e cioè le Provincie e i Comuni di Bologna, Mantova, Modena, Verona, avevano preso nel 1921 l'iniziativa di costituire quell'Ente, con lo scopo dichiarato di togliere alle Imprese elettriche esercenti nei loro territorii, i guadagni « esosi » che esse estorcevano alle povere popolazioni, grazie al così detto loro « monopolio ». È la solita antifona; è la solita genesi.

Attratti dalla falsa opinione che l'industria elettrica sia la vera e sola cuccagna, molti hanno fatto come quelle Provincie e quei Comuni. Ma è bastata quasi sempre l'esperienza *effettiva*, per mutare le speranze in delusioni più o meno amare. E potremmo fare nomi numerosi. La verità è che il margine di guadagno delle Imprese produttrici e venditrici di energia elettrica, col tempo, è andato assottigliandosi in misura tale che il nuovo venuto nell'industria, fatto accorto più o meno rapidamente che la concorrenza è un lusso proibito in questo campo, non può a meno di cercare col preesistente distributore un accordo che gli permetta o di convivere o di uscire dalla lotta. È poi naturale che le aziende più antiche, e per avere parte degli impianti ancora espressi nei bilanci in lire anteguerra o comunque rappresentati da cifre assai minori che nelle aziende recenti, e per avere potuto ammortizzare cioè ricostituire una parte più o meno cospicua del loro capitale, si trovino in posizione talmente più vantaggiosa, rispetto alle aziende concorrenti di recente costituzione, da non desiderarne affatto la morte, bastando loro la superiorità che a *parità di prezzi di vendita* deriva a loro stesse dalle accennate circostanze di fatto. Queste le ragioni del decorso si può dire uniforme di tutte le situazioni di concorrenza determinatesi nel campo elettrico. Presto o tardi, o il nuovo venuto vende i suoi impianti alla concorrenza, oppure si mette d'accordo con la medesima. La seconda soluzione è pressochè sempre preferita dagli enti pubblici trascinati in lizza, nè è difficile comprendere i motivi psicologici di questa scelta.

Infatti, le aziende municipalizzate esistenti, dopo un tirocinio più o meno lungo, o hanno concordato un *modus vivendi* con le imprese private preesistenti, oppure hanno applicato prezzi talvolta superiori, generalmente paragonabili, a quelli dell'iniziativa privata; in ogni caso esse non solo non inventarono nulla di nuovo, ma adottarono tali e quali (così e come del resto farebbe indubbiamente anche una ipotetica azienda statale) gli stessi metodi e sistemi, le stesse clausole contrattuali delle calunniate aziende private. Anzi una parte delle aziende comunali (le minori specialmente) si adagiò nel comodo programma di scremare il mercato, limitando la vendita agli utenti luce e di piccola forza motrice, e lasciando alle aziende private di godersi le medie e grosse utenze industriali, dove purtroppo non c'è da sperare che prezzi piccoli e per converso rampogne e pretese grossissime.

In queste condizioni, maturatesi lentamente sotto la pressione e la logica dei fatti, l'Ente Adige Garda ha rappresentato una novità. Esso infatti, lungi dal seguire pedissequamente le orme delle aziende municipali, volle « redimere dall'oppressione » una vasta zona dell'Italia settentrionale, lanciandosi per le campagne a costruire decine e centinaia di kilometri di linee, non per diffondere il servizio in contrade vergini, ciò che sarebbe stato benemerito, nè per partecipare all'incremento delle vendite, ciò che almeno sarebbe stato comprensibile, bensì quasi esclusivamente per strappare, col ribasso inconsulto dei prezzi, rade utenze alle imprese private. Lasciamo pure ai teorici di agitare il turibolo rettorico e cantare osanna davanti a questo programma di sterilità manifesta; la realtà pratica fa poi le sue giustizie; la vendita dell'energia elettrica nelle zone di scarso consumo esige immobilizzi così gravosi che non sempre, ad onta dei prezzi più cari che ne sono la conseguenza, le imprese possono salvarsi da perdite di esercizio e perfino di capitale. L'Ente Adige Garda da questo punto di vista era dunque predestinato all'insuccesso; e per l'iniziativa privata il pericolo stava soltanto nella eventualità che lo Stato ne colmasse le perdite, tanto inevitabili quanto prevedibili.

Ma il Governo Fascista, anche nell'occasione attuale, ha dimostrato di non avere i preconcetti esistenti nella mente di molti. Sorvegliando l'Ente Adige Garda con occhi sprovvisti di lenti preconcette, cioè servendosi della luce della realtà, il Governo, dopo una attesa perfino longanime, ha imposto il « basta » alle illusioni dell'Ente Adige Garda e del « Consorzio Riva Rovereto ».

Ecco come e perchè l'Ente ed il Consorzio sono passati recentemente in mano delle aziende contro le quali erano sorti. Che queste ultime avessero un grande desiderio di assumere il pesante fardello di simile eredità si può dubitare fondatamente.

*La cessione fu accolta, ad onta delle gravi perdite che essa reca ai cessionari, non soltanto perchè rappresenta la scomparsa*

*del pericolo che lo Stato con la sua enorme potenza colmasse il deficit dovuto alle svendite dell'Ente Adige Garda (rendendo così impari la contesa, ed evitando ai responsabili gli insegnamenti e le amarezze del loro errore), ma anche per dare altra dimostrazione pratica dello spirito di collaborazione e di civismo al quale l'industria elettrica si è costantemente inspirata.*

***

Il fatto di questo non spontaneo passaggio all'iniziativa privata di un ente di iniziativa pubblica, sorto col proposito di *abbassare* i prezzi dell'energia elettrica, basterebbe da solo a dimostrare che il programma perseguito dall'Ente doveva essere intrinsecamente e fondamentalmente erroneo. Ma si sa che, quando la politica s'immischia delle contese economiche, la verità diventa relativa e tutte le affermazioni possono trovare credito, anche le più strampalate. Così non ci siamo meravigliati mai di udire e di leggere che la vita dell'Ente Adige Garda sia stata resa impossibile dalla concorrenza delle Imprese contro le quali esso era sceso in campo! Curiosissimo sofisma questo, col quale gli avversarî preconcetti della nostra industria si illudono di acquistare il rispetto che si ha per i ragionatori veramente obbiettivi.

Noi, che pure lo potremmo, non vogliamo ribattere dimostrando essere vero il contrario, essere vero cioè che l'Ente Adige Garda ha goduto per lunghi anni il favore, sempre lamentevole, spesso ingiusto, di tutte le autorità e l'assistenza del governo centrale, mentre alle imprese concorrenti toccò il rovescio della medaglia. Noi siamo soltanto lieti (per ripetere la frase usata all'inizio di queste note) di riprodurre qui le dichiarazioni ufficiali fatte dai cinque Ministri proponenti nella chiusa della loro relazione:

« Onorevoli Camerati, il disegno di legge sottoposto al vostro « esame rientra in quei provvedimenti di *risanamento economico* « che, nelle attuali eccezionali difficoltà, il Governo va compiendo « *nell'interesse generale.*

« Attraverso le varie possibili soluzioni che sono state accu- « ratamente esaminate, *questa è risultata la più provvida, sia* « *perchè non espone il pubblico erario a sacrifici di ulteriori* « *spese* (eufemismo di « perdite »: *N. d. R.*) o a maggiori im- « pegni di garanzie per nuovi prestiti obbligazionarii, *sia perchè* « *non apporta innovazioni negli attuali ordinamenti industriali* » (che implicitamente si riconoscono buoni - *N. d. R.*).

Omettiamo i commenti. Li faranno, se vorranno convertire il loro preconcetto, tutti coloro che alla Camera e fuori, sui giornali e sui mercati facevano a gara nel criticare ingiustamente, e senza fondamento di ragionevolezza, l'industria elettrica, o nell'annunciare imminenti sconvolgimenti nelle direttive governative circa l'industria stessa, concorrendo così scientemente od inconsapevolmente a determinare perdite di credito per l'industria (e danni materiali agli azionisti che per ragioni diverse dovettero sottostare alla vendita dei titoli) che noi non potremo mai deplorare abbastanza.

Ma per rendere omaggio al titolo della rubrica per la quale scriviamo, e più per tener fede al sistema di nulla mai tacere di ciò che sia vero, nella nostra industria, e di confortare di prove le nostre asserzioni, dedichiamo ai nostri denigratori (affinchè si battano il petto se sentono il richiamo della coscienza e il rispetto di ciò che è vero) lo specchietto seguente, nel quale sono riportati accanto alle cifre del capitale l'ammontare dei dividendi distribuiti nei due ultimi esercizi da N. 53 Aziende elettriche di iniziativa privata:

| | | |
|---|---|---|
| Aziende considerate | N. | 53 |
| Esercizio 1930 (o 29/30): | | |
| Capitale versato | Lire | 6 211 611 000 |
| Dividendo pagato | » | 545 577 000 |
| Idem in percentuale | | 8,76 |
| Esercizio 1931 (o 30/31) | | |
| Capitale versato | Lire | 6 276 456 000 |
| Dividendo pagato | » | 345 104 000 |
| Idem in percentuale | | 5,46 |
| Minore dividendo dell'ultimo rispetto al penultimo esercizio: in cifra assoluta | Lire | 200 473 000 |
| in percentuale | | 36,7 |

Ciò che noi abbiamo sempre sostenuto (essere l'industria elettrica una attività economica di tipo equilibratissimo, nella quale cioè l'utile globale è formato da quote unitarie minime), purtroppo ha avuto prima del tempo e contro i nostri voti e fuori di misura una dimostrazione tanto lamentabile quanto esauriente.

È bastato che l'equilibrio fosse turbato; che l'incremento delle vendite cessasse e lo sostituisse invece un decremento *lieve in misura assoluta*, perchè gli utili dovessero venire falcidiati in misura enorme, anche per conseguenza di due cause; l'onere finanziario degli impianti nuovi rimasti inoperosi; il peso di immobilizzi ed investimenti e debiti contratti prima della rivalutazione della moneta e dell'oro.

Non possiamo sperare che questa lezione dei fatti serva di ravvedimento e insegni la prudenza a tanti spiriti traviati da una visione erronea, ma riposiamo sicuri sulle decisioni del Governo e sopratutto del suo Capo, il quale ha mostrato in molte occasioni di andar contro anche alla popolarità, se la convinzione lo assista e sospinga di realizzare il meglio per la nazione.

*Poscritto*: 7 maggio 1932-X. — I giornali pubblicano in data odierna il seguente comunicato:

« Molto probabilmente nel prossimo Consiglio dei Ministri « il Ministro del LL. PP. presenterà il Testo Unico delle Acque « per il quale il Governo ha avuto la delega del Parlamento « fino dal 1928.

« Tale testo, mentre regolerà tutta la materia della deriva- « zione di acque, comprese quelle sotterranee, ed escluso « quanto concerne la disciplina dei Consorzi di Irrigazione « non conterrà innovazioni circa la distribuzione e il prezzo « della energia elettrica ».

Questa deliberazione del Governo Fascista dimostra che l'avvenuta cessione dell'Ente Adige Garda non fu che il preludio alla più importante decisione di rinunciare a codificare con la legge l'intervento dello Stato nella determinazione dei prezzi e delle tariffe dell'energia elettrica.

Ma intanto le condizioni della nostra industria, purtroppo sono diventate gravi esse pure. Formuliamo dal più profondo dell'animo il voto che la notizia riportata dai giornali valga a ridare tranquillità alle migliaia di risparmiatori che investirono il loro peculio nelle azioni delle Imprese Elettriche e che, agitati dalle notizie più catastrofiche dei politicanti di mestiere e dei disfattisti professionali, vivono da mesi in istato di preoccupazione obiettivamente ingiustificata, dappoichè l'industria elettrica, ad onta delle difficili contingenze; costituisce pur sempre un tipo di impiego dei risparmi, se non molto lucroso certamente fra i più sicuri.

# Eureka!

È questo il grido col quale, secondo la tradizione, Archimede, in costume adamitico, avrebbe annunciato ai siracusani la scoperta della sua legge famosa, che un solido immerso nell'acqua perde tanto del suo peso quant'è il volume dell'acqua spostata.

Noi non fuggiremo nudi dal bagno, ma ripetiamo il grido per la gioia di aver scoperto nome, cognome e professione del « *competentissimo* » autore delle amenità sulle quali abbiamo intrattenuto i lettori nel nostro numero di marzo 1932, pag. 276.

Si tratta di un ingegnere (arrossiamo di vergogna nello scriverlo) il quale pur non figurando essere mai stato iscritto in nessuna scuola superiore d'elettrotecnica d'Italia, nè tampoco nell'Associazione Elettrotecnica Italiana, che pure raccoglie quasi seimila soci, nè avendo mai prestato l'opera sua a nessuna azienda elettrica nè pubblica nè privata, nè avendo mai pubblicato nulla in materia di elettrotecnica, insomma essendo non ignoto ma nullo nel campo del nostro lavoro, si è scoperto a un tratto il bernoccolo dell'economista elettrotecnico, e pubblica ora riuniti in opuscolo gli articoli slombati che già erano apparsi, con la firma di avallo di un curiosissimo cireneo, su un giornaletto di provincia.

A edificazione dei lettori riportiamo l'ultima parte della prefazione firmata che il nostro critico ha preposto alla raccolta. L'enfasi e lo squilibrio dello stile di lui hanno perfetto riscontro nella ingenuità con la quale adorna la sua prosa della nota invettiva di Delcroix contro i superficiali (1). Che aspiri alla corona del martirio e provi fin d'ora l'acre voluttà di confessare la sua superficialità e il bisogno di flagellarla con quelle parole di fuoco?

« .... L'autore di queste note, riletto attentamente l'articolo « Disfattismo » del 5 settembre 1930, dal quale sono state tolte « le parole testè citate (1), ha pensato di raccogliere le sue note « in opuscolo e farne omaggio a quanti si interessano di problemi « tanto importanti.

« Tutto questo perchè egli è pensoso dell'avvenire della sua « Patria e pertanto ritiene che il disfattismo si compia, coscienti « od incoscienti i suoi autori, non solo marciando contro al « nuovo spirito pubblico italiano, ma anche segnando il passo o « guardando con superba indifferenza e con compatimento « pseudo scientifico un popolo che nel sacrificio illuminato di « queste ore gravi, rende a sè stesso e all'umanità, il mirabile « servigio di una nuova Idea sociale destinata ad una triplice « universalità: *dello spazio, del tempo e dello spirito* ».

..........................................................

Noi non mettiamo in dubbio l'ardore patriottico del nostro avversario; ma ci chiediamo quale relazione ci sia fra questi sentimenti, in sè stessi perfino lodevoli anche se un po' rettorici, e il così detto problema (chissà perchè si chiami problema?) dell'intervento dello Stato nel determinare prezzi e tariffe dell'energia elettrica. La risposta a questa domanda l'ha data il comunicato apparso sui giornali il 7 maggio al quale si accenna in altra parte di questa rubrica. Valga il comunicato stesso di mònito al nostro illustre chiacchierone affinchè sia meno facile a millantar credito presso le supreme gerarchie; ed al giornaletto che ne ha ospitato gli sproloquii per renderlo più guardingo in avvenire.

(1) Vedi *L'Energia Elettrica*, N. 11 del 1931, pag. 931.

(1) Vedi *Corriere della Sera*, 5 settembre 1930.

# Atti Ufficiali

## dell'Unione Nazionale Fascista Industrie Elettriche (UNFIEL)

# Norme particolari di costruzione e d'esercizio degli impianti elettrici nei teatri, cinematografi e locali di spettacolo in genere

*Nel numero di ottobre 1931 della nostra Rivista abbiamo pubblicato il testo in elaborazione delle « Norme particolari di costruzione e d'esercizio degli impianti elettrici nei teatri, cinematografi e locali di spettacoli in genere » predisposti dal Sottocomitato Norme Impianti del C. E. I.*

*Essendo ora scaduto il termine per le eventuali osservazioni e proposte di modifiche, pubblichiamo oggi il testo definitivamente proposto dal Sottocomitato.*

### I) – Definizioni e Norme generali.

**101.** Si definisce « *locale per pubblico spettacolo* », o anche semplicemente « *locale* », il complesso degli ambienti, compresi quelli annessi e di servizio, costituenti un teatro, un cinematografo od una sala per concerti, balli, conferenze, esposizioni o riunioni pubbliche in genere. Gli impianti elettrici in tali *locali*, oltre a soddisfare alle Norme C.E.I. per la costruzione e l'esercizio degli impianti elettrici, devono rispondere alle prescrizioni seguenti.

**102.** Gli impianti per la produzione o la trasformazione della energia e in particolare tutti gli apparecchi in olio devono essere disposti in un ambiente, costruito con materiale incombustibile, separato da tutti gli altri, possibilmente con accesso dall'esterno e tale, in ogni modo, che in caso di esplosione od incendio degli impianti contenutivi non vi sia pericolo per gli altri ambienti del *locale per pubblico spettacolo*.

Nello stesso ambiente va installato su ogni conduttura d'alimentazione del *locale* un interruttore, apribile anche dall'esterno, il quale permetta di togliere completamente la corrente a tutto il *locale*. L'accesso a tale ambiente sarà riservato alle persone appositamente autorizzate.

**103.** La distribuzione dell'energia deve essere fatta a mezzo di un quadro principale di manovra, il quale, oltre che l'interruttore generale, deve portare per ogni circuito un interruttore multipolare automatico a massima o provvisto di valvole.

Il quadro va installato in posizione ed in modo da risultare sufficientemente lontano e convenientemente separato da materiali combustibili e da essere accessibile soltanto al personale che vi è addetto.

È consentita l'adozione di due quadri principali di manovra, nel qual caso è consigliabile siano disposti in ambienti il più possibile lontani fra di loro.

**104.** La distribuzione deve essere suddivisa convenientemente, in modo che risultino alimentati indipendentemente i seguenti impianti:

*a*) illuminazione della sala del pubblico;
*b*) illuminazione degli ambienti accessori e di servizio della sala stessa, e illuminazione esterna;
*c*) illuminazione generale del palcoscenico;
*d*) illuminazione degli ambienti accessori e di servizio del palcoscenico e dei camerini;
*e*) effetti scenici;
*f*) cabina di proiezione cinematografica;
*g*) forza motrice;
*h*) eventuali altri usi.

È consigliabile di suddividere su almeno due circuiti indipendenti le lampade della sala, delle scale, dei corridoi, dei cameroni e dei vestiboli, e di tutti gli ambienti in genere percorsi per uscire dal pubblico e dalle masse partecipanti allo spettacolo.

Tale norma è obbligatoria per tutti i *locali* di capienza di 800 persone o più.

Un circuito è considerato *indipendente* quando origina direttamente dal quadro principale di manovra attraverso un apposito interruttore automatico o provvisto di valvole ed i suoi conduttori sono contenuti da soli in una protezione isolante o metallica.

**105.** Salvo nell'ambiente di cui all'art. 102 non è ammesso l'impiego dell'alta tensione.

**106.** È vietato l'impiego dei conduttori nudi e di cordoncini multipli.

I conduttori devono essere del tipo ad isolamento « *forte* » e devono essere contenuti in tubi isolanti o metallici, internamente lisci e largamente dimensionati, resistenti all'urto, e inalterabili per effetto dell'umidità. Per le linee principali è raccomandato l'uso di cavi sottopiombo armati od opportunamente protetti. Speciale cura si deve adottare per l'esecuzione dei terminali.

Il percorso delle condutture incassate deve essere opportunamente contrassegnato e va inoltre riportato su schemi topografici che rendano facile individuarlo.

**107.** Gli interruttori e le valvole o dispositivi equivalenti devono essere muniti di targhette che ne indichino il circuito comandato o protetto, raggruppati il più possibile, inaccessibili al pubblico e installati o protetti in modo da risultare sufficientemente lontani e convenientemente separati da materiali combustibili.

**108.** Quando l'illuminazione di sicurezza è ottenuta elettricamente con sorgente centrale, questa sarà installata in un ambiente esterno al *locale* per pubblici spettacoli o sottratto, per quanto possibile, all'azione immediata di un eventuale incendio.

Non è ammesso di adoperare per altri usi le batterie di accumulatori destinate all'illuminazione di sicurezza.

È raccomandabile di suddividere l'illuminazione di sicurezza di ogni ambiente su due circuiti indipendenti, preferibilmente alimentati da due distinte batterie, installate in ambienti separati.

Il circuito di sicurezza, quando non sia normalmente mantenuto in funzione, deve attivarsi automaticamente venendo a mancare la corrente principale, e la batteria relativa deve avere capacità sufficiente ad assicurarne la regolare alimentazione per almeno due ore.

È vietato l'impiego di lampadine in serie.

**109.** È ammesso di provvedere all'illuminazione di sicurezza mediante lampade provviste ciascuna di una propria piccola batteria di accumulatori, costituente un unico apparecchio con la lampada.

**110.** Non è ammesso nè per l'illuminazione normale nè per quella di sicurezza con sorgente centrale l'uso di lampadine di potenza inferiore a 20 Watt.

**111.** È ammesso l'uso dell'energia elettrica per il riscaldamento degli ambienti, preferibilmente con caldaia elettrica centrale.

In ogni caso gli elementi elettrici riscaldanti devono essere così disposti o protetti da risultare sufficientemente lontani e convenientemente separati da materiali combustibili, e comunque tali che non possano essere causa di incendio o di danno alle persone anche in caso di guasto.

II) – Prescrizioni particolari per il palcoscenico, le cabine di proiezione e simili.

**201.** Il quadro di distribuzione per il servizio del palcoscenico e delle cabine di proiezione, i regolatori di scena, i proiettori cinematografici devono essere possibilmente separati dal palcoscenico mediante pareti incombustibili. Quando ciò non sia possibile, tali apparecchi vanno installati in modo e si devono prendere precauzioni tali che risultino sufficientemente lontani e convenientemente separati da materiali combustibili e che non possano essere danneggiati dalle varie parti mobili usate sulla scena. Gli apparecchi stessi devono essere accessibili soltanto al personale che vi è espressamente addetto.

**202.** Per i reostati regolatori non è ammesso l'impiego di materiale combustibile nè di olio.

Quando sono usati a servizio di apparecchi alimentati da circuiti a più di due fili non devono in nessun caso essere installati sul conduttore neutro.

**203.** Per gli apparecchi di illuminazione a più colori la sezione del conduttore eventualmente comune ai diversi circuiti deve essere determinata nell'ipotesi della condizione più sfavorevole di carico.

**204.** Le condutture volanti vanno ridotte alla minima lunghezza possibile. Esse devono essere costruite in modo da sottrarre i conduttori ad ogni sforzo di trazione anche nel caso che la conduttura sia assoggettata a grandi sforzi. Inoltre il collegamento alla parte fissa deve essere tale che in caso di strappo sia evitata la rottura nei punti d'attacco.

Le condutture medesime devono avere un rivestimento protettivo, impermeabile, flessibile ma resistente all'usura e non metallico (cuoio, spesso tubo di gomma con tela, ecc.).

Le stesse norme vanno adottate per le condutture mobili usate per l'illuminazione dei leggii dell'orchestra.

**205.** Le valvole o dispositivi equivalenti devono in ogni caso far parte dell'installazione fissa. È ammesso l'uso di una sola valvola multipolare per tutte le lampade dello stesso colore alimentate da un'unica linea a sezione costante per tutto il percorso e per tutte le sue diramazioni.

**206.** Le lampade fisse per l'illuminazione generale del palcoscenico e degli ambienti di servizio relativi (scale, corridoi, guardaroba, depositi, camerini, ecc.) devono essere provviste di gabbie metalliche o di spessi globi di vetro fissati al supporto e non mai al portalampada.

Quelle di sicurezza devono essere contenute in una solida gabbia metallica che non possa essere danneggiata anche se urtata con le varie parti mobili usate sulla scena, e devono essere numerate e contrassegnate in modo da poterle facilmente distinguere da quelle ordinarie.

**207.** Le prese a spina devono essere disposte all'interno di un involucro isolante e incombustibile contenuto in una scatola metallica meccanicamente resistente e provvista di coperchio da potersi fissare quando la presa non è in funzione.

**208.** Le lampade ad arco, gli apparecchi per i lampi e simili devono essere provvisti di dispositivo atto ad impedire la caduta di particelle infiammate.

**209.** Gli apparecchi elettrici di riscaldamento (bollitori, scaldaferri, ecc.) usati nei camerini devono essere installati in modo che non possano essere causa di incendio anche in caso di guasto. A questo scopo vanno disposti su supporti incombustibili e protetti pure con materiale incombustibile dalla vicinanza con eventuali oggetti combustibili; il collegamento all'impianto fisso deve essere ottenuto con attacchi speciali e mediante cordone volante il più corto possibile, in modo che l'apparecchio non possa usarsi se non nel posto a ciò destinato.

**210.** Le cabine di proiezione cinematografica devono essere separate dagli altri ambienti mediante solide pareti incombustibili ed avere possibilmente accesso diretto dall'esterno.

III) – Esercizio.

**301.** L'impianto elettrico di un locale per pubblici spettacoli deve essere affidato per l'esercizio e la manutenzione ad una persona idonea (elettricista), coadiuvata, nel caso di impianti importanti, da uno o più aiutanti, uno dei quali sia in grado di sostituirla in caso di necessità.

**302.** In prossimità del quadro generale di manovra e sul palcoscenico deve essere esposto uno schema generale dell'impianto, e l'elettricista deve inoltre avere a disposizione uno schema topografico con tutte le indicazioni del caso. Entrambi gli schemi devono sempre essere aggiornati.

**303.** L'elettricista, o il suo sostituto, deve essere sempre presente in teatro durante le prove e gli spettacoli.

Prima dell'ammissione del pubblico e fino a quando tutti gli spettatori abbiano abbandonato l'edificio, deve essere accesa una parte sufficiente della illuminazione principale, come pure deve essere accesa o messa in condizione di entrare automaticamente in funzione l'illuminazione di sicurezza.

**304.** Prima dell'inizio della stagione di spettacoli e in ogni caso almeno una volta all'anno tutto l'impianto elettrico deve essere minutamente ispezionato da un tecnico competente, e del risultato dell'ispezione va tenuto nota in un apposito registro. Nel registro stesso si tiene nota del controllo delle condizioni di isolamento delle singole parti dell'impianto, che la persona preposta è tenuta a fare settimanalmente. Questa deve inoltre ispezionare con cura ogni settimana le condutture usate per le installazioni mobili del palcoscenico.

**305.** La carica delle batterie di accumulatori per l'illuminazione di sicurezza deve essere fatta quando l'illuminazione stessa non è in funzione e l'elettricista deve controllare, almeno una mezz'ora prima dell'ammissione del pubblico in teatro, che le batterie stesse siano in condizioni normali di carica e che tutto l'impianto di illuminazione di sicurezza sia in condizioni di normale funzionamento.

**306.** L'elettricista deve avere sempre a sua disposizione gli strumenti necessarî di misura, di controllo e di lavoro (compresi guanti di gomma, pinze isolanti e simili) in buone condizioni di funzionamento e di uso, nonchè una conveniente dotazione di apparecchi e materiali di ricambio e di lavoro, come valvole, lampadine, conduttori isolati, nastro gommato, isolatori, ecc.

IV) – Disposizioni transitorie.

**401.** Le presenti Norme si applicano integralmente ai nuovi impianti. Per gli impianti esistenti, mentre il capo III) deve essere applicato in ogni caso, i capi I) e II) sono applicabili solo alla trasformazione completa delle installazioni, nonchè agli ampliamenti, alle trasformazioni e alle riparazioni che non comportano grandi cambiamenti nella parte destinata a rimanere, la quale può continuare a sussistere, purchè dia sufficienti garanzie di sicurezza.

---

# Schema di Norme per la fornitura ed il controllo degli olii isolanti per trasformatori ed interruttori

*A termini dell'art. 10 dello Statuto del Comitato Elettrotecnico Italiano, pubblichiamo qui appresso il testo delle « Norme per la fornitura ed il controllo degli olii isolanti per trasformatori ed interruttori », elaborato dal Sottocomitato Olii del C.E.I.* (1).

*Le eventuali osservazioni e proposte di modifiche dei Soci Tecnologici dovranno essere trasmesse entro tre mesi dalla data di pubblicazione, alla Presidenza del C.E.I., con il tramite del quale verranno sottoposte all'esame del Sottocomitato Olii per la decisione definitiva.*

(1) Tutto quanto riguarda le proprietà fisiche e chimiche degli olii ed i metodi per il loro controllo, è stato elaborato d'accordo con la Commissione Tecnica Governativa Olii Minerali.

CAPITOLO I.

## FUNZIONE E PROPRIETÀ DEGLI OLII.

**101.** Gli olii per uso elettrotecnico devono essere olii esclusivamente minerali, ottenuti per distillazione frazionata del petrolio e successiva opportuna raffinazione.

Essi, allo stato di purezza, posseggono, insieme ad un'elevata rigidità dielettrica, la proprietà di offrire una grande resistenza ad alterarsi durante l'esercizio e quella di non modificare, che in misura tollerabile, le qualità dei materiali isolanti che coll'olio sono in contatto.

Gli olii servono generalmente come mezzo isolante; nei tra-

sformatori essi hanno in più la funzione importantissima di contribuire al raffreddamento; negli interruttori invece devono contribuire allo spegnimento dell'arco che si produce all'apertura del circuito.

**102.** Gli olii devono avere una viscosità convenientemente bassa per facilitare i movimenti convettivi che nei trasformatori contribuiscono ad un efficace raffreddamento; negli interruttori invece la viscosità contrasta alla rapidità di apertura.

Una caratteristica molto importante degli olii destinati ad apparecchi funzionanti all'aperto è il congelamento che deve avvenire alla temperatura più bassa possibile. Gli olii minerali, essendo miscele complesse di vari idrocarburi, non hanno un punto di congelamento ben definito, cosicchè, alla temperatura di congelamento, si è ritenuto opportuno sostituire il criterio della scorrevolezza a bassa temperatura, che può essere valutata dal tempo impiegato da una certa quantità di olio raffreddato ad una data temperatura, per percorrere, in un dato tubo ad U, un determinato spazio sotto una determinata pressione.

La temperatura di infiammabilità di un olio (temperatura alla quale l'olio emette vapori che mescolati con l'aria si accendono) non è invece una caratteristica di importanza fondamentale, perchè le temperature normali di funzionamento degli olii negli apparecchi elettrici sono sensibilmente più basse, e perchè, se si forma un arco permanente nell'olio, questo può venire scomposto ed incendiato qualunque sia il valore della temperatura di infiammabilità.

**103.** L'attitudine ad opporsi ad una scarica disruttiva è un'altra delle proprietà degli olii isolanti (rigidità dielettrica) ed è misurata dalla tensione elettrica necessaria per provocare la scarica attraverso un determinato spessore d'olio, in determinate condizioni sperimentali. La tensione che produce la scarica attraverso un dato spessore di olio varia grandemente a seconda delle condizioni in cui vien fatta la prova, della forma e dimensioni degli elettrodi, ecc. La formazione della scarica è facilitata soprattutto dalla presenza di materiali in sospensione e dalla umidità contenuta nell'olio.

Le fibre ed i materiali, che l'olio contiene in sospensione, assorbono l'umidità e durante la prova, sotto l'azione del campo elettrico, formano una specie di ponte fra gli elettrodi, che può occasionare la prima scarica ad una tensione notevolmente più bassa di quella che corrisponde alla effettiva rigidità dell'olio.

L'influenza dell'umidità sulla rigidità dielettrica dell'olio dipende dal modo con cui essa vi si trova contenuta. È massima (e se ne può avere un'idea dalla curva di fig. 1) quando vi si trova allo stato di dispersione colloidale sotto forma di minutissima nebbia; è molto minore e quasi nulla, se vi è disciolta, come avviene nell'olio caldo, e se si trova raccolta allo stato libero sul fondo degli apparecchi.

La prova della rigidità dielettrica può dare quindi una buona idea dello stato di purezza dell'olio ed è perciò di grande aiuto nella sorveglianza degli olii in esercizio. Essa ha invece un'importanza molto minore come prova di collaudo di un olio nuovo, perchè tutti gli olii minerali posseggono un'elevata rigidità quando siano accuratamente essicati e filtrati, come è appunto prescritto nella prova di rigidità degli olii nuovi (n. 507).

*Nota.* — Sarebbe pure interessante controllare l'attitudine più o meno marcata dell'olio ad assorbire l'umidità dell'ambiente; ma le modalità di tale determinazione non sono ancora normalizzate.

**104.** Un'altra proprietà importante degli olii, fondamentale per la buona conservazione dell'olio in servizio, è la resistenza che l'olio oppone ai fenomeni di ossidazione e di alterazione. Nei trasformatori in servizio, con qualsiasi specie di olio minerale, si osserva in grado più o meno accentuato il fenomeno della formazione di fiocchi di colore giallo-rossiccio, che col tempo si consolidano in un deposito scuro e denso, il quale ostruisce i canali di circolazione dell'olio e, alterando le condizioni di raffreddamento, può causare riscaldamenti locali pericolosi e sommamente nocivi alla buona conservazione degli isolanti.

Sulla formazione di questi depositi si può dire che sotto l'influenza dell'aria, dell'umidità, del calore, dell'azione catalitica dei metalli e probabilmente del campo elettrico si verificano nell'olio processi di ossidazione, condensazione e polimerizzazione, in seguito ai quali dalle parti instabili dell'olio si formano a poco a poco dei composti resinosi acidi solubili nell'olio caldo, i quali si trasformano in parte alla loro volta in polimeri di natura asfaltica.

La presenza dell'aria e dell'ossigeno favoriscono la formazione dei depositi; questa è pure favorita dalla presenza di certi metalli, specialmente del rame, per l'azione catalitica che essi esercitano.

Il processo della formazione dei depositi è complesso e si compie attraverso ad una formazione intermedia di sostanze acide solubili nell'olio caldo, cosicchè, col tempo, l'acidità dell'olio può andare aumentando. Questo aumento di acidità,

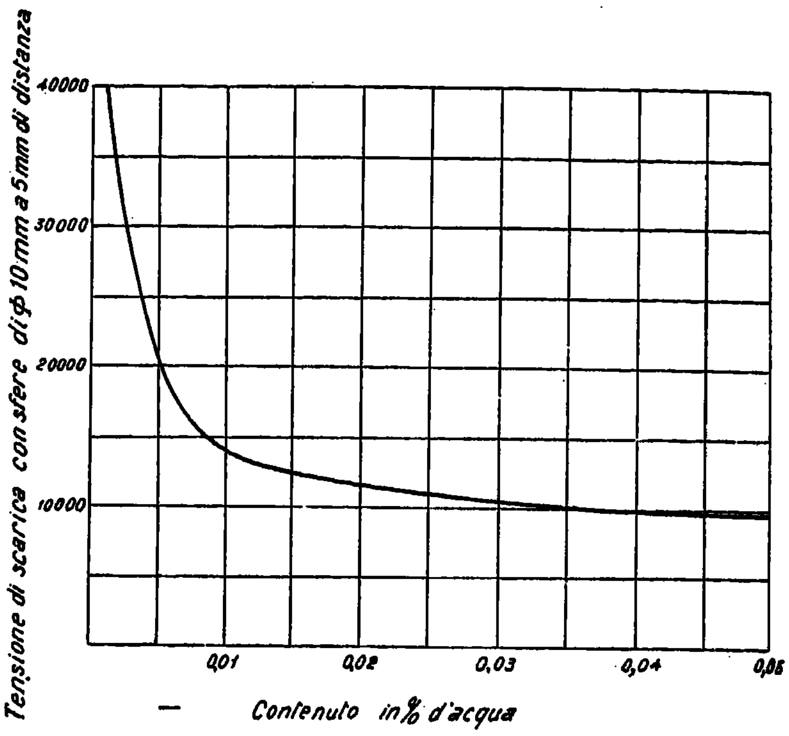



Fig. 1.

unito alle elevate temperature, può danneggiare i materiali isolanti in contatto con l'olio e può essere veramente esiziale alla buona conservazione degli avvolgimenti dei trasformatori.

## CAPITOLO II.

### ISTRUZIONI PER L'OFFERTA, L'ORDINAZIONE, LA CONSEGNA DEGLI OLII ISOLANTI.

**201.** Se l'offerta e l'ordinazione di olio per usi elettrotecnici contiene la clausola seguente: « L'olio deve rispondere in tutto alle Norme del C.E.I. », l'olio in questione dovrà, per qualità, uniformarsi interamente ai requisiti tecnici specificati nelle presenti Norme.

**202.** Quando l'olio è destinato ad apparecchi da montare all'aperto, sarà opportuno indicare il limite inferiore di temperatura che si raggiunge nelle località dove questi saranno installati.

**203.** Quando il compratore intende mescolare l'olio da acquistare con altro preesistente, è consigliabile che egli lo dichiari al fornitore e che dia, possibilmente e se richiesto, un campione.

**204.** La consegna dell'olio deve essere fatta esclusivamente in recipienti metallici o di vetro.

## CAPITOLO III.

### ISTRUZIONI PER IL PRELIEVO DEI CAMPIONI.

**301.** I campioni di prova, da servire per il collaudo della fornitura, saranno prelevati dai recipienti all'arrivo, non prima di 24 ore e non oltre 10 giorni dal ricevimento. Il giorno del prelievo sarà fissato dal compratore che ne dovrà dare tempestivo avviso al fornitore per l'eventuale suo intervento. Il prelevamento dei campioni sarà fatto dal compratore alla presenza di un rappresentante della Ditta fornitrice, a meno che questa vi abbia rinunciato.

**302.** I campioni saranno in numero di tre e muniti dei sigilli delle parti; di essi: uno per il fornitore, uno per l'acquirente ed il terzo a disposizione per gli eventuali ulteriori accertamenti in caso di contestazione.

I sigilli saranno preferibilmente di ceralacca; con questa verrà ricoperto il tappo dopo che sarà stato avvolto in un cappuccio di carta, assicurato al collo della bottiglia con legatura di spago. Sull'etichetta dovranno essere chiaramente indicati:

*a*) il nome del prodotto e le caratteristiche della partita in campionamento;

*b*) il nome del venditore e dell'acquirente;

*c*) la data del campionamento e le firme dei delegati delle parti.

**303.** I campioni devono essere prelevati, custoditi e trasportati con tutte le cure e cautele atte ad evitare ogni possi-

bile inquinamento, dimodocchè essi rappresentino fedelmente le caratteristiche della partita consegnata.

Dovrà pertanto essere seguita con attenzione la procedura indicata nei paragrafi seguenti.

**304.** *Sonde :*

*a*) Per estrarre campioni da cilindri, cisterne od altri apparecchi si devono usare sonde di vetro o di metallo.

*b*) La sonda consigliabile per estrarre campioni da cilindri deve essere tale da giungere fino a 3 mm dal fondo del recipiente e deve avere una capacità da 0,5 a 1 litro circa.

Per recipienti più piccoli la sonda da usare deve essere proporzionalmente più piccola.

*Nota.* — Un tipo adatto al prelievo di campioni da cilindri, della capacità di 200 litri circa, è rappresentato in fig. 2. Ha una lunghezza di circa 90 cm, un diametro di 30 mm e finisce alle due estremità tronco-coniche con fori del diametro di mm 10 circa. La parte inferiore è munita di tre piedi metallici, disposti in modo che l'estremità inferiore della sonda arrivi a 3 mm circa dal fondo del recipiente. All'estremità superiore sono saldati due anelli che permettono di sostenere la sonda con due dita, mentre il dito pollice rimane libero per chiudere il foro superiore.

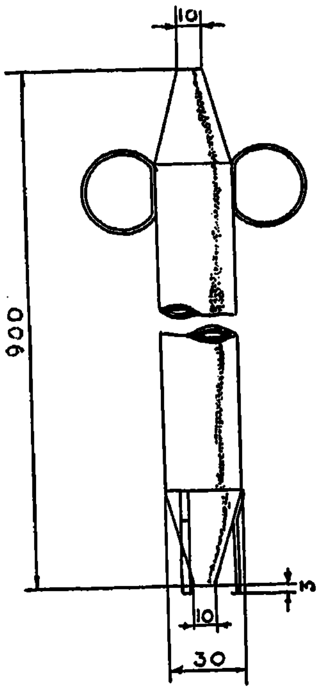



Fig. 2.

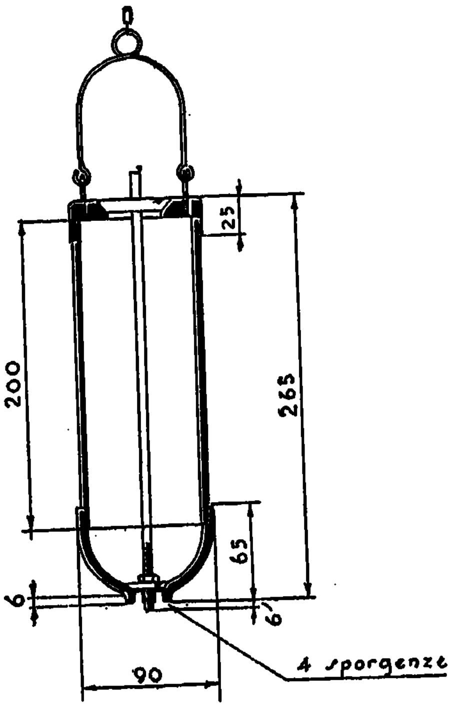



Fig. 3.

*c*) La sonda destinata al prelievo dei campioni da carri cisterna deve avere una lunghezza sufficiente per arrivare, con il suo bordo inferiore, fino a circa 12 mm dal fondo della cisterna.

*Nota.* — Un tipo consigliabile è rappresentato nella fig. 3. È di metallo trafilato o fuso, lavorato in tutte le sue parti. Una apposita valvola si apre automaticamente quando il dispositivo giunge al fondo della cisterna e permette l'uscita dall'alto dell'aria contenuta nella sonda.

**305.** *Recipienti per i campioni.* — Devono essere lattine o bottiglie di vetro chiaro, munite di tappo di sughero o di vetro smerigliato; devono essere perfettamente puliti e asciutti.

*Nota.* — La bottiglia di vetro ha il vantaggio che si può verificare visualmente se è bene pulita. I campioni tenuti in bottiglia di vetro devono però essere conservati al buio per impedire che l'influenza della luce possa alterare le caratteristiche di colore e dei depositi dell'olio. Si dovrà pertanto riporre ciascuna bottiglia in apposito astuccio di cartone, non appena eseguito il prelevamento del campione.

Non si devono usare tappi di gomma; i tappi di sughero devono essere nuovi e di buona qualità. Si può evitare il contatto dell'olio col tappo ricoprendo quest'ultimo con un foglio di stagnola o di alluminio. Se si impiegano lattine è necessario che le saldature dei lembi dei fogli di latta siano tutte all'esterno.

**306.** *Pulizia degli apparecchi.*

*a*) Le sonde ed i recipienti destinati a contenere i campioni devono essere ben lavati prima dell'uso, avendo cura che non vi rimangano traccie di filacci o altre materie fibrose e che, in caso di apparecchi nuovi, siano asportate anche le minime traccie di saldatura.

*Nota* 1. — Le sonde ed i recipienti non chimicamente puliti e secchi possono facilmente inquinare i campioni e dare luogo a risultati non attendibili.

*Nota* 2. — È consigliabile usare un conveniente solvente per togliere ogni traccia di saldatura o di resina (colofonia). Questa si può asportare facilmente con benzina o benzolo. Traccie, anche minime, di resina possono inquinare il campione e rendere errati i risultati delle prove di rigidità dielettrica e dei depositi.

*b*) Le sonde dovranno essere pulite con benzina e poi asciugate nella stufa descritta al n. 307 *a*). È buon sistema lavarle ed asciugarle subito dopo ogni prelevamento, di guisa che siano sempre pronte per un nuovo prelievo di campione.

*c*) I recipienti debbono essere lavati prima con benzina ed asciugati, poi con una saponata acquosa concentrata, risciacquati con acqua distillata, ed infine asciugati con corrente d'aria calda ed essiccati nella stufa descritta al n. 307 *a*).

Il preventivo lavaggio con benzina si può omettere per recipienti che abbiano contenuto solo olio nuovo.

**307.** *Modo di conservare gli apparecchi.*

*a*) Prima del loro impiego le sonde ed i recipienti devono essere conservati in un armadio secco, riscaldato, nel quale la temperatura non scenda mai sotto 38°C.

*b*) Le sonde devono essere conservate in posizione verticale, collocate in una rastrelliera munita sul fondo di un opportuno canale di scolo.

*c*) I recipienti, dopo la pulizia di cui al numero precedente, verranno collocati aperti nell'armadio; essi dovranno invece essere chiusi immediatamente quando si tolgono dall'armadio.

I recipienti che non possono essere tenuti nell'armadio riscaldato fino al momento del loro impiego (come quelli che devono essere preparati per essere spediti al luogo del prelievo dei campioni) vanno sottoposti alle modalità di lavatura e asciugamento di cui al numero precedente. Dopo essere stati tolti dall'armadio e tappati, i tappi verranno avvolti con cappucci di carta assicurati al collo della bottiglia con legatura; e finalmente il tappo e una parte del collo verranno immersi in paraffina fusa per un totale ricoprimento. Nel togliere i tappi ed i cappucci paraffinati occorrerà avere una particolare attenzione che la paraffina non vada ad inquinare l'olio.

**308.** *Modo di prelievo dei campioni.*

*a*) Si deve prendere un quantitativo di olio sufficiente per tutte le prove. È sufficiente un litro circa per le prove fisico-chimiche, mentre occorrono circa tre litri per la prova della rigidità dielettrica.

*b*) I campioni devono essere prelevati solo quando l'olio ha raggiunto la temperatura dell'ambiente; l'olio freddo può condensare sulla superficie tanta umidità dall'atmosfera, da far variare in modo sensibile le sue propietà isolanti. Per conseguenza non si faranno campioni quando piove e si dovrà aver cura che non avvengano inquinamenti per polvere trasportata dal vento o per altre cause.

*c*) I campioni saranno sottoposti alle prove solamente dopo un riposo di almeno 8 ore.

*d*) I barili, dai quali si deve togliere l'olio di campione, devono essere messi in fila col cocchiume in alto. I tappi saranno levati e posti a lato dei fori, con la parte bagnata di olio verso l'alto. Si chiude la sonda col pollice e la si immerge nell'olio per circa 30 cm, si leva quindi il pollice affinchè l'olio possa salire sulla sonda. Si chiude di nuovo col pollice l'estremità superiore della sonda e la si estrae dal fusto. L'olio così estratto servirà per lavare la sonda e perciò questa verrà adagiata orizzontalmente e verticalmente così che l'olio venga in contatto con ogni superficie interna della sonda, allo scopo di ottenere la massima nettezza. Durante la pulizia della sonda, bisogna evitare di toccare quelle parti della stessa che saranno immerse successivamente nell'olio da campionarsi, perchè il contatto delle dita o della mano può essere sufficiente a causare notevoli variazioni nelle caratteristiche, specialmente di rigidità dielettrica. L'olio che ha servito per lavare la sonda, si getta via lasciandolo scolare completamente.

Si introduce nuovamente la sonda nell'olio, non muovendo il pollice finchè l'estremo della sonda non abbia toccato il fondo del recipiente; quando la sonda è piena, se ne chiude l'estremo superiore col pollice, la si estrae rapidamente ed il suo contenuto viene lasciato scolare nell'interno del recipiente destinato a contenere il campione.

L'estremo inferiore della sonda non deve essere mai toccato con le dita dell'altra mano. La mano libera deve essere usata per dirigere il getto di olio che fluisce dalla sonda, la quale deve essere toccata solamente per quanto è necessario. L'olio che esce dalla sonda non deve toccare la mano o le dita mentre lo si versa nel recipiente; l'olio che avanza deve essere gettato via. Quando il recipiente destinato a contenere il campione è riempito, deve essere chiuso rapidamente; così pure dovrà essere chiuso il barile col proprio tappo.

Il recipiente sarà immediatamente etichettato e fatto pervenire al più presto al laboratorio destinato alle prove.

*e)* Quando la partita di olio è contenuta in recipienti più piccoli dei normali cilindri o barili, il prelievo dei campioni deve essere fatto usando sonde proporzionalmente più piccole, ma con le stesse modalità descritte nel paragrafo precedente.

*f)* L'olio contenuto nei carri cisterna verrà campionato introducendo sonde attraverso al coperchio superiore del vagone, badando bene, nell'aprire detto coperchio, di non introdurre nessuna impurità nell'olio. Si farà scendere la sonda nell'interno della cisterna fino a toccarne il fondo, cosicchè essa si apra e si riempia d'olio automaticamente. Per nessuna ragione il campione potrà essere prelevato direttamente dalla valvola di scarico del fondo.

*g)* Nel caso in cui da una stessa partita devono essere presi diversi campioni, si deve evitare il pericolo di inquinamenti tra l'uno e l'altro, perciò o si usano sonde diverse per ciascun campione, oppure se si vuole adoperarne una sola, per ogni successivo prelievo essa deve essere previamente asciugata e poi lavata con l'olio del nuovo campione; questo olio di lavaggio deve essere buttato via prima di prendere il quantitativo destinato al campione.

Deve essere provveduto un sufficiente numero di sonde per assicurare lo scolamento di ciascuna di esse dopo la risciacquatura coll'olio prima di usarle nuovamente. Quando si devono fare pochi campioni, sono sufficienti due sonde, ma per farne un grande numero, per esempio quando si tratta di campionare un carro completo di olio confezionato in cilindri, è desiderabile di averne 6 o più.

*h)* Quando si vuol prendere un campione medio da una stessa partita, può essere usata una stessa sonda durante tutta l'operazione di campionamento e si può omettere la risciacquatura con olio ad ogni presa di campione.

**309.** *Modalità per prelevare campioni di olio da apparecchi in servizio.* — Nel caso in cui si debbano prelevare campioni di olio contenuto in trasformatori, interruttori od altri apparecchi elettrici, nei quali non può essere usata la sonda, le modalità prescritte nei precedenti paragrafi verranno seguite per quanto è possibile; in ogni modo bisogna far sì che il campione rappresenti quanto più possibile la qualità dell'olio che si trova al fondo del cassone dell'apparecchio. Le casse degli interruttori, dei trasformatori e degli altri apparecchi elettrici, sono normalmente provviste di valvole di scarico e di rubinetti, attraverso i quali può essere versato direttamente l'olio nel recipiente destinato a riceverlo. Bisogna lasciar fluire attraverso alle valvole od ai rubinetti un sufficiente quantitativo di olio per essere sicuri che il campione non contenga porzioni di olio che erano trattenute nel rubinetto o nella valvola di scarico. Per questo, la valvola ed il tubo di scarico devono essere di dimensioni tali da dare un getto di olio uniforme e da evitare qualsiasi ostruzione della condotta da parte degli eventuali depositi.

## CAPITOLO IV.

## PRESCRIZIONE PER GLI OLII.

Le seguenti prescrizioni valgono per olii nuovi come provengono dalle Raffinerie (1).

### Caratteristiche fisiche.

**401.** *Caratteri organolettici.* — L'olio deve essere limpido e di colore chiaro.

**402.** *Impurità.* — L'olio non deve contenere materiali in sospensione (polvere, fibre, sabbia, ruggine, ecc.).

**403.** *Umidità.* — L'olio, come proviene dalle Raffinerie, deve essere praticamente esente da umidità.

**404.** *Peso specifico a* 15°C — Deve essere compreso fra 0,85 e 0,92 (2).

**405.** *Viscosità a* 20°C — Massimo 8° Engler (Vk = 60,8).
» » 50°C — » 2°,5 » (Vk = 16,6).
» » 75°C — » 1°,5 » (Vk = 6,3) (3).

(1) Alcuni membri del Sottocomitato avevano proposto dei valori massimi di acidità e depositi anche per gli olii nuovi già trattati nei trasformatori e pronti per l'uso. Dopo lunga discussione il Sottocomitato, dopo aver constatato che mancano allo stato attuale dei dati sperimentali attendibili per stabilire tali valori, ha deciso di soprassedere a qualsiasi prescrizione al riguardo in attesa che i Costruttori dei trasformatori si procurino tali elementi.

(2) Sono da preferire gli olii a peso specifico basso.

(3) La viscosità cinematica Vk è la viscosità assoluta divisa per il peso specifico dell'olio. La viscosità assoluta viene espressa in centipoises.

**406.** *Scorrevolezza a bassa temperatura.*

*a)* Per olii destinati ad apparecchi da installare all'interno: a 0°C massimo 4 secondi; a —5°C massimo 12 secondi.

*b)* Per olii destinati ad apparecchi da installare all'aperto: a —5°C massimo 6 secondi; a —20°C massimo 18 secondi.

**407.** *Temperatura d'infiammabilità* (Pensky-Martens). — Minimo 140°C.

**408.** *Rigidità dielettrica.* — La tensione di scarica, misurata con spinterometro a sfere di 10 mm di diametro alla distanza di 5 mm non dovrà essere inferiore a 40 000 Volt (media di 3 prove). Nessuna delle tre prove dovrà dare meno di 33 000 Volt.

### Caratteristiche chimiche.

**409.** *Acidità ed alcalinità inorganica.* — L'olio deve essere esente da acidi e da alcali inorganici.

**410.** *Acidità organica.* — Massimo 0,05 % (espressa in acido oleico).

**411.** *Asfalto e resine.* — L'olio deve essere esente da asfalto e da resine.

**412.** *Zolfo.* — Massimo 0,25 %. L'olio non deve contenere zolfo atto ad annerire il rame secondo quanto è detto al n. 513.

**413.** *Ceneri.* — Traccie.

**414.** *Indice di alterabilità.* — Al termine della prova di cui al n. 515:

*a)* il deposito non dovrà superare il 0,5 per mille;

*b)* l'acidità (espressa in acido oleico) non dovrà superare il limite massimo di 0,25 %.

**415.** (facoltativo) *Tendenza ad alterare il cotone* (1). — Al termine del trattamento di cui al n. 516, il cotone dovrà avere una resistenza alla trazione non inferiore al 60 % di quella che lo stesso cotone imbevuto d'olio aveva prima del trattamento.

## CAPITOLO V.

## METODI DI CONTROLLO (2).

**501.** *Colore.* — Si osserverà contro luce l'olio contenuto in un tubo da saggio di 15 mm di diametro interno. L'olio dovrà apparire chiaro e limpido. Lievi torbidezze potrebbero provenire da umidità o da paraffina. Riscaldando il tubo, le impurità dovute alle paraffine scompariranno a 45°÷50°C, quelle dovute alla umidità a 100°C.

**502.** *Impurità in sospensione.* — Si sciolgono 5 gr. di olio in 100 cmc di benzolo caldo e si filtra la soluzione attraverso un filtro Schleicher e Schull N. 589, nastro bianco, previamente essicato in stufa a 110°C e tarato. La filtrazione si fa usando un imbuto riscaldato. Prima di prelevare il quantitativo destinato alla prova si dovrà agitare energicamente il campione. Finita la filtrazione e lavato bene il filtro, sempre con benzolo caldo, si secca il filtro, in stufa a 110°C e quindi lo si lascia raffreddare in un essicatore a cloruro di calcio; dopo di che si pesa il residuo.

**503.** *Peso specifico.* — Per questa determinazione si farà uso del picnometro, il quale è costituito da un'ampollina di vetro a tappo smerigliato con una marca di taratura per acqua a 15°C. Si riempie il picnometro fino alla marca e poi si pesa tenendo nota della temperatura.

La differenza tra il peso del recipiente pieno e quello vuoto, divisa per il peso dell'acqua del picnometro a 15°C, dà il peso specifico dell'olio in esame.

Se la temperatura alla quale viene fatta la determinazione è diversa dai 15°C, si farà la correzione usando il coefficiente 0,0007 (valevole per olii di peso specifico compreso fra 0,85 e 0,92).

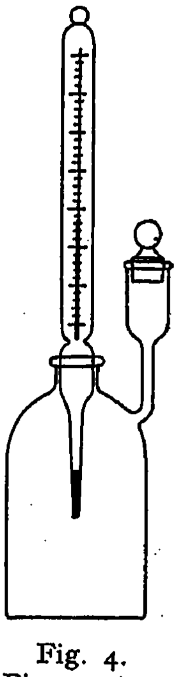


Fig. 4. Picnometro.

**504.** *Viscosità.* — Serve il viscosimetro di Engler, costituito (vedi fig. 5) da due caldaie metalliche poste l'una dentro l'altra. La caldaia interna ha sul fondo un foro, che viene chiuso da una spina di legno.

Nella caldaia interna si mette l'olio, mentre l'esterna serve a contenere l'acqua necessaria per il riscaldamento. L'apparec-

(1) Questa prescrizione non riguarda l'olio destinato ad apparecchi, in cui gli isolanti siano rivestiti di lacche inattaccabili dagli acidi che si possono produrre negli olii.

(2) Per le analisi chimiche quantitative è opportuno rivolgersi ad un Laboratorio Chimico fornito dei mezzi necessari.

chio poggia sopra un treppiedi, che contiene il dispositivo per il riscaldamento. Sotto il treppiedi si trova un matraccio tarato per 200 cmc. Si versano 240 cmc d'olio nella caldaietta, e si riscalda quindi il bagno finchè il termometro immerso nell'olio

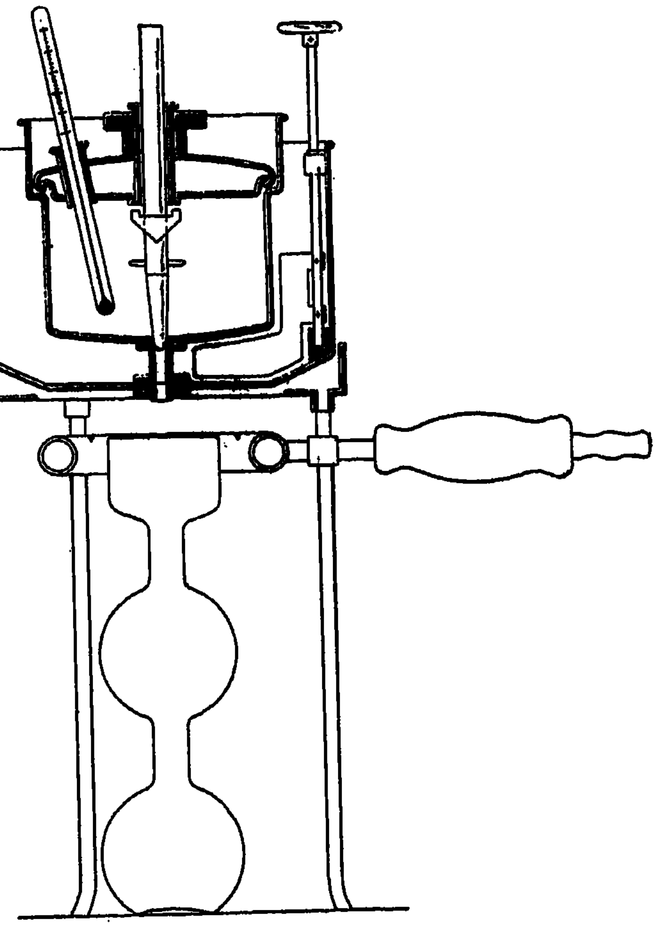


Fig. 5. - Viscosimetro Engler.

segna la temperatura voluta. Dopo che la temperatura sarà rimasta costante per alcuni minuti, si apre la valvola, e si conta, con un contasecondi, il tempo necessario per empire il matraccio fino al segno corrispondente a 200 cmc.

Il tempo impiegato dall'olio, diviso per quello necessario per il passaggio del medesimo quantitativo di acqua a 20°C, dà il grado di viscosità.

Per avere risultati esatti è necessario che la temperatura del bagno esterno dell'apparecchio sia molto prossima a quella dell'olio in prova (differenza da 0°,5 a 1°C).

Per ogni campione di olio si eseguiranno tre prove: i tempi risultanti non dovranno differire l'uno dall'altro più del 5 %.

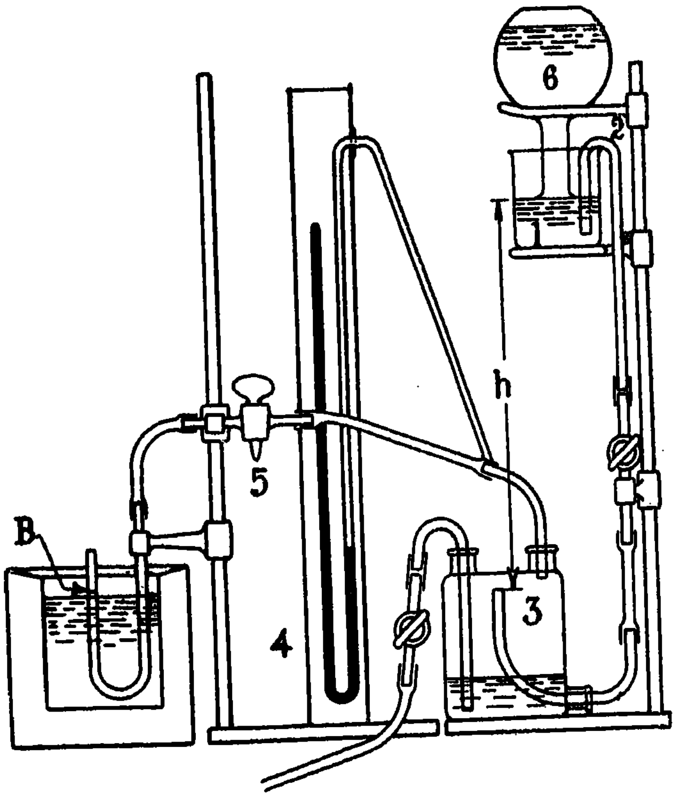



Fig. 6.

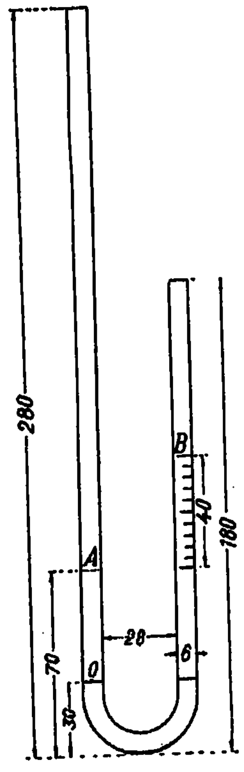



Fig. 7.

**505.** *Scorrevolezza e bassa temperatura.* — Serve l'apparecchio rappresentato nella fig. 6 di cui la parte fondamentale è costituita da un tubo di vetro ad U le cui dimensioni in mm risultano dalla fig. 7.

Il bicchiere 1, contenente dell'acqua, porta un sifone 2 che termina in basso in una bottiglia di Woulf 3. Dato il dislivello tra il bicchiere e la bottiglia, l'acqua, zampillando dal sifone, eserciterà una certa pressione nella bottiglia stessa. Questa pressione viene misurata mediante un manometro 4 e viene trasmessa all'olio in prova mediante un tubo munito di un rubinetto a tre vie 5. Il pallone 6, soprastante al bicchiere, serve a mantenere costante il livello dell'acqua nel bicchiere stesso e quindi a mantenere costante la pressione. L'apparecchio è munito anche di un rubinetto di scarico.

Per la determinazione si regola il dislivello tra il bicchiere e la bottiglia in modo da leggere sul manometro una pressione esatta di 100 mm di acqua.

L'olio da esaminare viene mantenuto per mezz'ora nel suo recipiente originale o in un tubo da saggio ben tappato alla temperatura di 20°C e poi versato mediante una pipetta sottile nel tubo ad U in modo che arrivi al segno A. È necessario

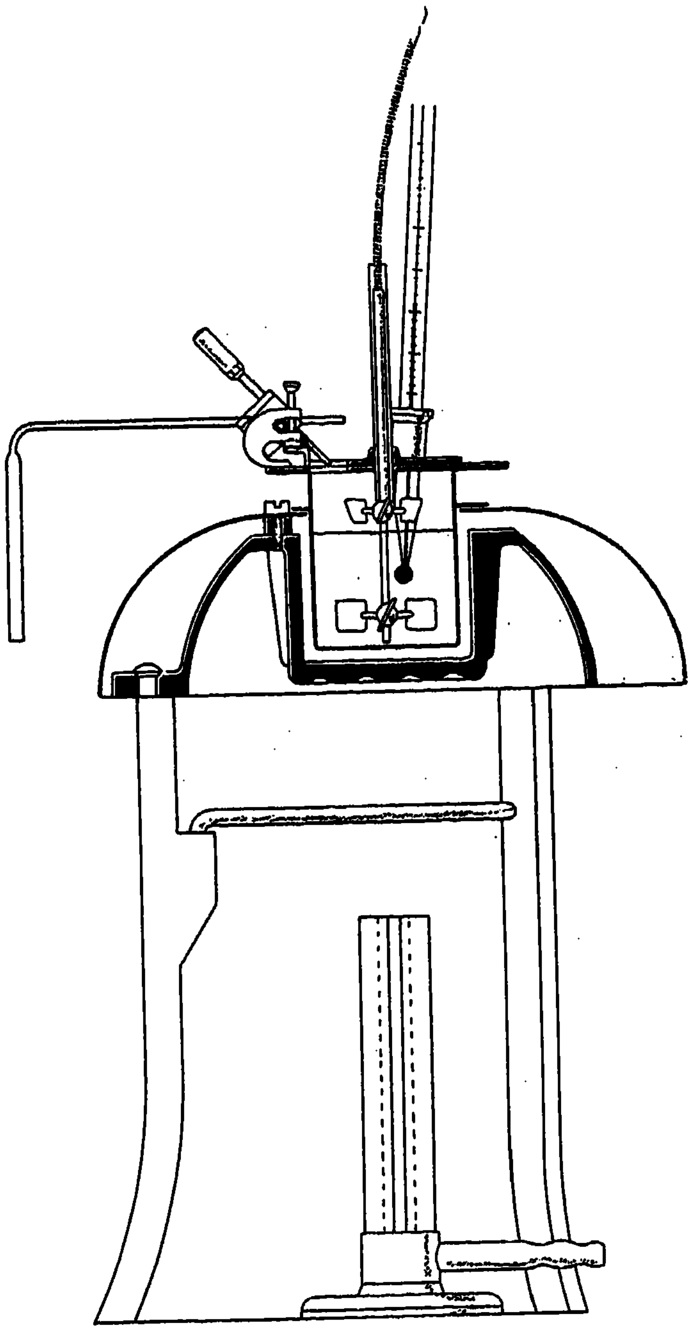


Fig. 8. - Apparecchio Pensky-Martens.

mantenere l'olio a 20°C prima della determinazione per mettere tutti gli olii nelle stesse condizioni di prova; solo in tal modo si può trascurare la contrazione dell'olio dovuta al raffreddamento.

Caricato il tubo ad U, lo si immerge nella miscela frigorifera, assicurandolo ad un morsetto e lasciandolo in riposo esattamente per mezz'ora. È importantissimo che il tubo ad U non venga mosso durante il raffreddamento. Il segno B dovrà sporgere leggermente dalla miscela frigorifera.

Trascorsa la mezz'ora si controlla a vuoto la pressione, poi si apre rapidamente il rubinetto a tre vie, immettendo la pressione nel tubo ad U e mettendo contemporaneamente in movimento un cronometro.

Per azione della pressione, l'olio sale nel tubo ed il tempo in secondi che impiega per raggiungere il segno B, ossia per percorrere i 40 mm, dà il giudizio sulla scorrevolezza dell'olio alla temperatura di prova.

Finita la determinazione si mette l'olio in comunicazione colla pressione atmosferica e si attende 10 minuti prima di ripetere la prova.

Per ogni campione di olio si eseguiranno tre prove: i tempi risultanti non dovranno differire l'uno dall'altro più del 5 %.

**506.** *Temperatura di infiammabilità.* — Si ricorre all'apparecchio Pensky-Martens (fig. 8). L'olio viene riscaldato in vaso chiuso, e agitato con dispositivo speciale. Di quando in quando, mediante apposita leva, si apre un foro predisposto nel coperchio e da esso si introduce per la durata di 2" una fiammella di ignizione, che non deve essere più lunga di 2-3 mm. Verso la fine della determinazione la fiammella va introdotta nel recipiente per ogni grado d'innalzamento della temperatura.

Il punto di infiammabilità è dato da subito bagliore che si propaga dalla fiammella di ignizione a tutta la superficie dell'olio.

**507.** *Rigidità dielettrica.* — È consigliabile usare una vaschetta di vetro come rappresentata in fig. 9 contenente lo spinterometro, costituito da due sferette di ottone di 10 mm di diametro, fissate alla distanza di 5 mm.

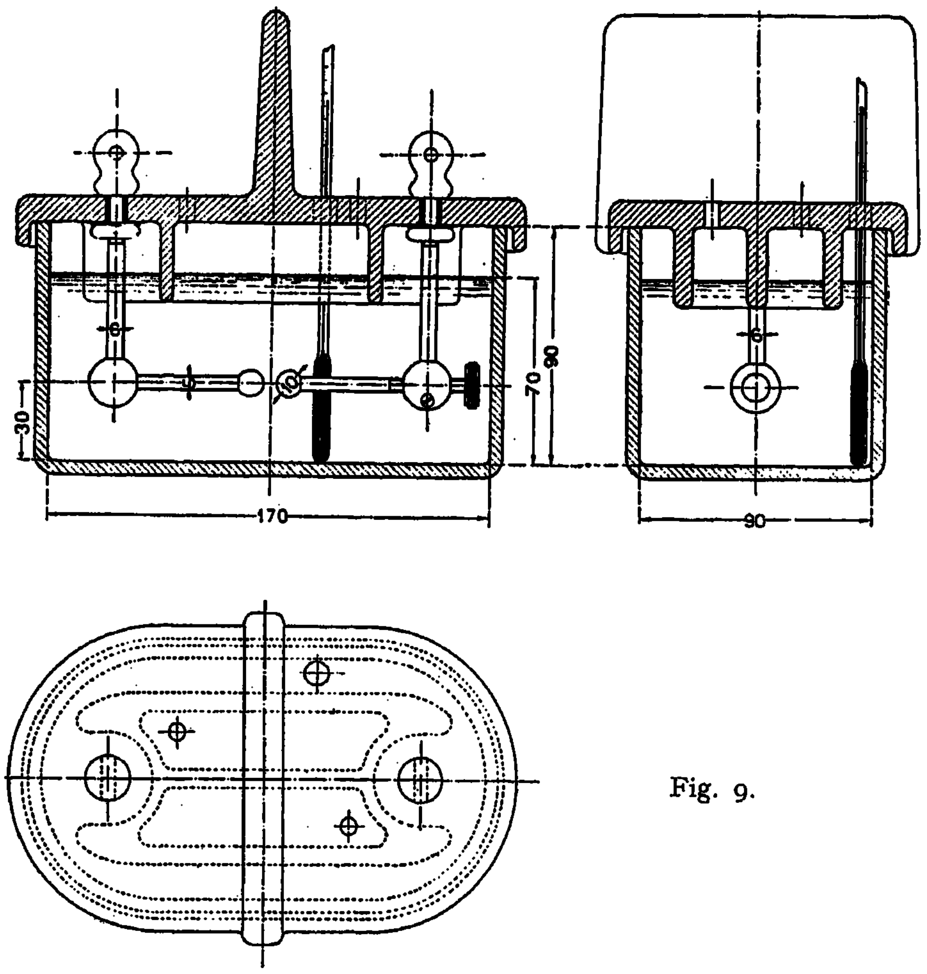



Fig. 9.

Prima della prova l'olio (circa tre litri) dovrà essere essiccato con sei ore di riscaldamento a 110°; indi sarà filtrato con ordinaria carta da filtro previamente essicata, e lasciato raffreddare a temperatura di qualche grado superiore all'ambiente.

Dopo aver accuratamente pulito e risciacquato con lo stesso olio da provare, vaschetta e sfere, si verseranno lentamente nella vaschetta circa tre quarti di litro d'olio e si lascierà il tutto in riposo per circa 10 minuti prima di applicare agli elettrodi la tensione di prova. Questa dovrà essere alternata, di frequenza industriale, di forma praticamente sinusoidale, e dovrà essere regolata o con regolatore ad induzione, oppure agendo direttamente sulla eccitazione dell'alternatore. La misura della tensione si eseguirà con un buon voltmetro sul primario o sul secondario del trasformatore elevatore; ma si dovrà una volta tanto eseguire un controllo con uno spinterometro a sfere sull'alta tensione, col quale si viene a tener conto tanto della caduta di tensione nel trasformatore, quanto della eventuale deformazione della curva di tensione (1). Il trasformatore di prova deve poter raggiungere una tensione di almeno 50 kV, e la sua potenza non deve essere inferiore a 400 VA. Qualora si impieghi un trasformatore di potenza notevolmente superiore, la corrente di corto circuito sull'alta tensione dovrà essere limitata a circa 0,5 Amp. mediante resistenze liquide o metalliche sull'alta tensione stessa. La tensione applicata allo spinterometro verrà aumentata con la massima rapidità, compatibile con una buona lettura al voltmetro, fino ad ottenere la scarica continua fra gli elettrodi.

Si getterà allora l'olio, si ripulirà lo spinterometro e si ripeterà analogamente la prova su una seconda parte dell'olio, e poi ancora sulla terza parte. Per il giudizio dell'olio si assumerà la media delle tre tensioni che avranno prodotto le scariche. Eventuali scariche iniziali che si verificassero a tensioni sensibilmente inferiori a quella della scarica continua, denotano presenza di umidità o di impurità in sospensione.

**508.** *Acidità inorganica.* — Si verificherà mescolando 10 gr. d'olio con 100 cmc di acqua distillata e riscaldando la miscela dopo averla convenientemente agitata. Lasciata riposare la miscela, quando i due liquidi saranno separati, si estrarranno 30 cmc di acqua, nella quale si verseranno alcune goccie di una soluzione di arancio di metile (0,3 gr. di arancio di metile in 1000 cmc di acqua distillata).

In presenza di acidi l'arancio di metile diventa rosso.

**509.** *Alcalinità.* — Si verificherà come al n. 508; soltanto, invece di aggiungere l'arancio di metile, si aggiungeranno alcune goccie di fenolftaleina (soluzione alcoolica 1 per cento).

In presenza di alcali si avrà un'intensa colorazione rosso-violacea.

**510.** *Acidità organica.* — Si determina come segue:

In un cilindro di vetro graduato di 100 cmc, previamente neutralizzato, si versano 10 gr. di olio e 90 cmc di una miscela formata di due parti di benzolo ed una parte di alcool etilico al 95 %, pure previamente neutralizzata con soda caustica decinormale, fino ad ottenere un colore rosso-vino, usando come indicatore alcune goccie di una soluzione alcoolica al 2 % di bleu alcalino 6 B. Si aggiungono allora 2 cmc della soluzione di bleu alcalino suddetta, si agita sino a che l'olio si è disciolto completamente e si titola con una soluzione decinormale di soda caustica fino ad ottenere la colorazione rosso-vino.

Si moltiplicano per 0,282 i cmc di soda caustica $\frac{N}{10}$ usati, esprimendo così direttamente l'acidità in per cento di acido oleico.

**511.** *Asfalto.* — La determinazione si fa nel modo seguente: 2 gr. di olio vengono disciolti in 80 cmc di benzina normale. Si lascia a riposo per 16 ore, poi si filtra attraverso un filtro Schleicher e Schull N. 589, nastro bianco e del diametro di mm 90, previamente essicato a 110°C e tarato in pesa filtro; si lava con benzina normale fino a che essa passa perfettamente incolore. L'insolubile, essiccato a 110°C, sarà considerato come asfalto duro.

**512.** *Resina.* — Si determina qualitativamente mescolando 10 cmc di olio con 10 cmc di alcool al 70 %. Si passa la miscela attraverso un filtro imbevuto di alcool, e si riscalda in capsula di porcellana fino all'evaporazione a secco. Eventuali residui avranno una consistenza resinosa. Questi verranno sciolti in 1 cmc di anidride acetica. Vi si aggiungerà poi una goccia di acido solforico del peso specifico di 1,35. In presenza di resina il liquido prenderà un colore violetto, che però dopo poco tempo diventerà bruno.

**513.** *Zolfo.*

a) *Determinazione qualitativa*: una lastra di rame brillante, immersa nell'olio a 85°÷90°C circa, deve rimanere lucida e pulita anche dopo 20 ore di immersione.

b) *Determinazione quantitativa*: si determina mediante la bomba Mahler. Si bruciano a tal fine 0,8÷1 gr. dell'olio da esaminare nella bomba Mahler alla pressione di circa 25 atmosfere di ossigeno.

Dopo raffreddamento si fanno passare i gas di combustione attraverso una soluzione di acqua ossigenata al 3 %.

Terminata questa operazione si apre la bomba e la si lava quantitativamente con acqua distillata calda, raccogliendo il liquido attraverso un filtro. Dopo aver fatto bollire la soluzione per un quarto d'ora si acidifica leggermente con acido cloridrico concentrato e si precipita l'acido solforico con cloruro di bario. Si fa bollire per altri 20 minuti circa e si lascia a riposo per circa 10 ore, si filtra attraverso un filtro Schleicher - Schull N. 589, nastro bleu, e del diametro di mm 110. Dopo aver lavato bene con acqua distillata calda si calcina in una muffola fino a colore rosso scuro. Dopo raffreddamento in essiccatoio si pesa il solfato di bario, si moltiplica per il coefficiente 0,1373 e si divide per il peso dell'olio impiegato: si ottiene così il contenuto in zolfo in per cento.

**514.** *Ceneri.* — Si pesano 20 gr. circa di olio in una capsula tarata e previamente arroventata. Si pone la capsula su un cartone d'amianto munito di un foro corrispondente al fondo della capsula e si riscalda mediante una piccola fiamma in modo che l'olio distilli senza infiammarsi e senza uscire dai bordi della capsula. Quando tutto l'olio è distillato si riscalda a forte fiamma su un triangolo di porcellana fino a quando tutto il carbone è bruciato.

Se questa operazione va troppo lenta, si tratta il residuo dopo raffreddamento, con una soluzione concentrata di nitrato ammonico (che deve essere chimicamente puro, privo di ceneri), e si essica in stufa a 110°C. Si scalda allora il residuo

(1) Tale controllo è indispensabile ogni qualvolta si cambi la sorgente di f. e. m. impiegata.

con cautela e, dopo aver scacciato il sale d'ammonio, con fortissima fiamma. Si pesa dopo raffreddamento in essiccatore.

Se dopo che l'olio è distillato, si nota una forte quantità di alcali nella cenere (ciò che è indicato facilmente da un residuo fuso caratteristico), si lascia raffreddare la capsula prima di calcinare a forte fiamma. Il residuo carbonioso viene estratto con acqua distillata bollente; si passa la soluzione quantitativamente attraverso un filtro privo di cenere e si lava. Si essica la capsula col filtro, si incenerisce e si calcina fortemente come si è detto sopra. Dopo raffreddamento si porta la soluzione di alcali nella capsula, si tira a secco a 105° e si essica fino a costanza di peso.

**515.** *Prova di alterabilità.*

a) *Depositi*: Per determinare la tendenza a formare depositi si pesano 40 gr. di olio in una provetta di vetro neutro di Jena, avente un diametro interno di mm 22 ed un'altezza di mm 200, contenente 2 gr. di rete di rame elettrolitico brillante a 400 maglie per cmq, tagliata in forma di quadrato e avvolta a cilindro. La provetta porta all'altezza di 122 mm una marca ed è contrassegnata con le lettere f. « L.O.M. ».

Si riscalda l'olio senza interruzione per 300 ore a 110°C in un termostato Heraeus con le dimensioni interne in mm di 250, 250, 260. La temperatura viene misurata con un termometro, il quale abbia il bulbo a circa 55 mm dal fondo su cui poggiano le provette con l'olio in esame.

Terminato il riscaldamento, si filtra l'olio ancora caldo attraverso un filtro Schleicher e Schull N. 589, nastro bianco e del diametro di 90 mm. Il filtro viene previamente essicato in un pesa-filtri a 110°C e pesato dopo 15 minuti di raffreddamento. Si deve aver cura che durante la filtrazione l'olio non si raffredda al di sotto di 80°C, usando perciò un imbuto riscaldato.

Finita la filtrazione si mette da parte l'olio filtrato (sul quale si determinerà l'acidità) e si lava il filtro con benzina normale fino a quando essa passa incolore. Fatto ciò si essica il filtro a 110°C e quindi lo si lascia raffreddare per 15 minuti in essiccatoio a cloruro di calcio e si pesa.

Una piccola parte del residuo rimane nella provetta e sulla rete; si lava perciò la provetta accuratamente prima con benzina normale e poi con benzolo caldo, si versa detto benzolo in una bevuta tarata, si scaccia il solvente, si secca e si pesa. Si aggiunge il risultato al peso del residuo trovato sul filtro, e si moltiplica il peso totale per 25; in tal modo si esprime la quantità di depositi per mille.

b) *Acidità*: Si determina sull'olio filtrato, dopo raffreddamento a temperatura ambiente ed entro 6 ore dalla filtrazione. Si agita energicamente l'olio per renderlo omogeneo e se ne pesano 10 gr. in un cilindro graduato di 100 cmc e si procede in modo identico a quanto è detto al paragrafo 510.

**516.** *Tendenza ad alterare il cotone.* — Si preparano due bacchette di vetro su ciascuna delle quali viene avvolto una matassina formata di 10 m di filo di cotone greggio (titolo 92/2, 90-100 giri per 10 cm).

Una di queste bacchette viene immersa nell'olio da provare, dopo di che si misurerà la resistenza alla trazione del filo di cotone, per cui vale la media di 15 prove.

L'altra bacchetta verrà invece immersa in 40 gr. di olio contenuti in una provetta di vetro neutro di Jena, avente il diametro interno di mm 22 ed un'altezza di mm 200, contenente 2 gr. di rete di rame elettrolitico brillante a 400 maglie per cmq tagliato in forma di quadrato e avvolto a cilindro, come per la prova di cui al n. 515.

Il filo di cotone non deve venire a contatto con la reticella di rame e deve essere tutto immerso nell'olio.

Dopo 300 ore di riscaldamento a 110°C si misurerà la resistenza alla trazione del filo di cotone così trattato, prendendo la media di almeno 15 prove.

(L'olio di questa prova non dovrà servire nè per la determinazione dell'acidità, nè per quella dei depositi).

La diminuzione di resistenza meccanica, in confronto alle prove eseguite sul cotone imbevuto di olio nuovo, darà la valutazione della tendenza dell'olio ad alterare i materiali isolanti.

## CAPITOLO VI.

## RACCOMANDAZIONI PER L'ESERCIZIO DI APPARECCHI CONTENENTI OLIO.

### Trattamento degli olii prima della messa in servizio.

**601.** L'olio, prima di essere usato in qualsiasi apparecchio elettrico, deve essere convenientemente essiccato e filtrato per eliminarne completamente l'umidità e le impurità.

**602.** I trasformatori che siano stati per lungo tempo in un ambiente umido, o pei quali l'olio sia stato fornito separatamente, devono essere asciugati mediante opportuno trattamento. Per abbreviare il processo di disidratazione è consigliabile verificare se in fondo alla cassa ci sia dell'acqua, che si farà scolare.

**603.** *Riscaldamento mediante resistenza metalliche.* — Uno dei sistemi pratici per tale operazione è quello di eseguire il riscaldamento con energia elettrica, mediante resistenze metalliche disposte al fondo del cassone del trasformatore. Per evitare che un riscaldamento eccessivo del metallo possa deteriorare l'olio, le resistenze saranno calcolate in modo che la corrente non superi il valore indicato dalle seguenti formule:

per i fili $$I \leqq 50 \sqrt{\frac{d^3}{\rho}}$$

per i nastri $$I \leqq 30 \sqrt{\frac{s\,p}{\rho}}$$

$I$ = corrente in Ampère;
$d$ = diametro del filo in mm;
$s$ = sezione della piattina o nastro in mmq;
$p$ = perimetro della piattina in mm;
$\rho$ = restività del metallo costituente la resistenza in microohm-cm (a caldo). Come materiale è da preferire l'argentana e leghe analoghe.

L'energia necessaria al riscaldamento potrà venire ridotta, avvolgendo attorno alla cassa del materiale coibente che eviti il disperdimento del calore; nei trasformatori a raffreddamento artificiale verrà sospesa naturalmente la circolazione del mezzo raffreddante durante questa operazione. La fig. 10 indica la potenza necessaria per questo riscaldamento, in relazione alla potenza dei trasformatori, e precisamente:

curva I e II per trasformatori in olio con raffreddamento naturale, cassa *senza* e rispettivamente *con* opportuna protezione con materiale coibente;

curva III e IV per trasformatori in olio con raffreddamento ad acqua, cassa *senza* e rispettivamente *con* opportuna protezione con materiale coibente.

La temperatura dell'olio, misurata mediante un termometro collocato 20 cm sotto la superficie, verrà mantenuta intorno a 110°C, senza mai superarli. Si troncherà il processo quando non si noterà più alla superficie alcuna traccia di ebollizione. A riscaldamento ultimato sarà opportuno eseguire un controllo della rigidità dielettrica, su campioni prelevati sia appena cessato il riscaldamento, sia successivamente a distanza di alcune ore. Sarà anche opportuno, se possibile, eseguire un controllo della acidità dell'olio.

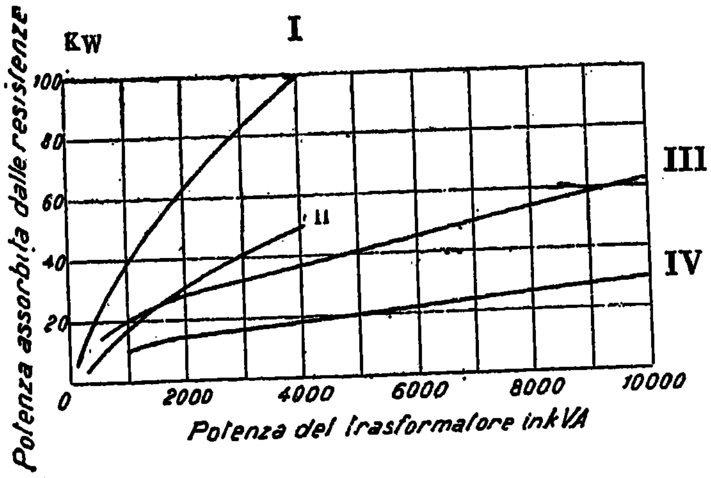



Fig. 10.

Il riscaldamento è più efficace se eseguito in autoclave in cui sia fatto il vuoto. In tal caso la temperatura potrà essere ridotta in relazione al grado di vuoto raggiunto (bastano 10°C circa di più della temperatura di ebollizione dell'acqua nelle condizioni di vuoto raggiunto).

*Nota.* — Una verifica quantitativa del grado di disidratazione raggiunto può essere fatta mescolando in una provetta una piccola quantità di olio con solfato di rame anidro in polvere; questo diventa azzurro in presenza anche solo di traccie d'umidità.

**604.** *Riscaldamento dei trasformatori fuori olio.* — Se le circostanze lo permettono, è conveniente in generale far precedere il riscaldamento di cui sopra da altro preliminare da compiersi col trasformatore fuori olio. Poichè in qualche caso si può produrre una pericolosa ossidazione di residui di olio, è consigliabile interpellare in proposito la Casa costruttrice.

Tale operazione si può eseguire entro una stufa con circolazione d'aria calda. La potenza occorrente al riscaldamento di questa, è press'a poco eguale alla potenza di corto circuito del trasformatore, quale si può calcolare in base ai dati indicati sulla targa caratteristica. Per grossi trasformatori (ad esempio oltre i 5000 kVA) basta una potenza minore. Le resistenze elettriche, destinate a consumare l'energia anzidetta, vengono collocate nel canale di ammissione dell'aria, e la circolazione di questa viene regolata in modo opportuno.

Quando si dispone di una tensione adatta, si può riscaldare il trasformatore in corto circuito con una corrente di valore conveniente (circa metà od un terzo del valore normale). Il riscaldamento dell'avvolgimento si fa lentamente, aumentando per gradi la corrente, in modo che la temperatura dopo 12 ore raggiunga 40°C, dopo 48 ore 90°C circa. Quest'ultima temperatura resta costante durante tutto il processo. Si raccomanda di determinare la temperatura col metodo dell'aumento della resistenza degli avvolgimenti, e di controllarla mediante termometro. Anche qui l'impiego di un autoclave a rarefazione aumenta l'efficacia del processo e permette di ridurre sensibilmente la temperatura (di regola da 10° a 15° più della temperatura del vapore acqueo, corrispondente alla pressione, cioè al grado di vuoto dell'autoclave).

Tale processo ha una durata da 2 a 4 giorni: quindi il trasformatore viene collocato nella propria cassa ripiena d'olio, preventivamente asciugato, ed il tutto trattato come è detto nel numero precedente.

**605.** Il riscaldamento del trasformatore può essere fatto, quando sia possibile, mediante circolazione dell'olio in adatti apparecchi riscaldatori esterni. Questo procedimento ha il vantaggio rispetto a quello del n. 603, di rendere più rapida l'eliminazione dell'umidità contenuta nel trasformatore per effetto dell'attiva circolazione dell'olio e ridurre il pericolo di carbonizzazione dell'olio per effetto dell'eccessivo riscaldamento delle resistenze.

### Verifica dell'olio dei trasformatori ed interruttori durante l'esercizio.

**606.** Durante l'esercizio, le proprietà dell'olio possono alterarsi, sia per la formazione di depositi, sia per assorbimento di umidità o per infiltrazione di acqua. Perciò l'olio deve essere sottoposto ad un controllo periodico.

Ogni sei mesi circa si dovranno togliere dal trasformatore due campioni d'olio, uno preso al fondo, l'altro alla superficie. I due campioni, senza asciugarli nè filtrarli, saranno sottoposti alla prova di rigidità dielettrica, come al n. 507. Inoltre verrà accuratamente determinata l'acidità come al n. 510. È raccomandata la massima cura nella pulizia e nell'asciugamento della vaschetta e delle sfere dello spinterometro. Data la possibilità che nell'olio si trovino materiali in sospensione, può accadere che si verifichino scariche a tensione minore di quella che provoca la scarica continua. In tal caso si assume, pel giudizio del campione, la media delle tre tensioni che hanno provocato le tre prime scariche. Si può ancora ritenere adoperabile, per trasformatori ad alta tensione, un olio la cui tensione di scarica risulti uguale o maggiore di 30 000 Volt (per 5 mm di distanza delle sfere). Al disotto di tale limite occorre essiccare l'olio coi metodi già indicati.

Durante l'essiccamento dell'olio, la prova allo spinterometro indica in ogni momento a quale punto sia giunta l'operazione, e quando convenga troncarla.

Le provette d'olio, prelevato sistematicamente come sopra è indicato, saranno contraddistinte con numero progressivo e data, e disposte in ordine cronologico. L'accurata ispezione indicherà lo stato dell'olio e rivelerà l'eventuale inizio di alterazioni pericolose.

**607.** Per prevenire infiltrazioni di acqua nell'olio dei trasformatori con raffreddamento ad acqua, si raccomanda di controllare almeno una volta all'anno la tenuta dei refrigeranti, provandoli in modo conveniente con una pressione pari al doppio almeno di quella normale di esercizio, ed in ogni caso non minore di 2 atmosfere. In occasione della prova di rigidità dielettrica dell'olio se ne controlleranno le proprietà, quali il colore, la viscosità e l'acidità. Eventuali alterazioni di queste proprietà in confronto di quelle del campione tipo (il quale dovrà essere prelevato a trasformatore nuovo, cioè prima della sua regolare messa in servizio) saranno un indice dell'eventuale formazione dei depositi. Se l'alterazione fosse notevole, converrà sollevare il trasformatore dall'olio e verificare se esistano sullo stesso traccie dei depositi in discorso. In tal caso converrà filtrare l'olio, e se il deposito è notevole lavare il trasformatore. Servono egregiamente a questo scopo i filtri a pressione con carta assorbente e le centrifughe. La filtratura e la centrifugazione sono più efficaci se eseguite a temperatura non superiore a 20°-30°. La filtratura con olio molto caldo non elimina completamente l'umidità e la centrifugazione ad alta temperatura può ossidare l'olio.

È consigliabile ad ogni modo di filtrare l'olio dei trasformatori di grande potenza (ad es.: oltre 2000 kVA) una volta all'anno.

Se l'acidità organica dell'olio, filtrato a freddo, risulta superiore a $1 \div 1{,}5\%$, è consigliabile ricambiare l'olio, soprattutto se la temperatura di regime normale del trasformatore è piuttosto elevata (superiore a 60°). Procedendo alla sostituzione dell'olio si dovrà liberare anzitutto ogni parte del trasformatore dai depositi in discorso. Poi si laveranno gli avvolgimenti con petrolio e quindi con un getto di olio caldo a $50 \div 60°$ e non più, onde non deteriorare l'isolamento. Il pacco lamellare la cassa, i tubi per refrigerante, ecc., potranno essere puliti con strofinacci o spazzole.

**608.** Converrà infine sottoporre l'olio ai controlli suddetti dopo periodi di sovraccarichi eccezionali dei trasformatori, ovvero di funzionamento in condizioni di raffreddamento deficiente.

**609.** L'olio degli interruttori dovrà essere filtrato ogni qualvolta si verifichino dei depositi. Alcune qualità di olio producono, durante la formazione degli archi di apertura degli interruttori, dei depositi carboniosi i quali assumono talora la forma di fiocchi nerastri, che galleggiano alla superficie e si depositano anche sulle parti sovrastanti. Questi olii dovranno allora essere filtrati o centrifugati; in tale occasione si dovranno pulire con cura tutte le parti interne degli interruttori, per liberarle dai depositi in discorso, e determinare l'acidità dell'olio.

L'olio degli interruttori dovrà essere verificato periodicamente almeno una volta all'anno per verificare la rigidità dielettrica e la formazione di depositi o parti carboniose.

**610.** I serbatoi metallici destinati alla raccolta dell'olio devono avere la superficie interna, a contatto con l'olio, non verniciata e senza traccie di ruggine.

---

# Schema di Norme per la protezione delle radioaudizioni contro i disturbi ed i pericoli provenienti degli impianti elettrici

*A termini dell'art.* 10 *dello Statuto del Comitato Elettrotecnico Italiano, pubblichiamo qui appresso il testo delle « Norme per la protezione delle radioaudizioni contro i disturbi ed i pericoli provenienti dagli impianti elettrici », elaborato dal Sottocomitato Radiotrasmissioni del C.E.I. in collaborazione col Sottocomitato Tecnico del Comitato Superiore di Vigilanza sulla Radiodiffusione.*

*Le eventuali osservazioni e proposte di modifiche dei Soci Tecnologici dovranno essere trasmesse entro tre mesi dalla data di pubblicazione, alla Presidenza del C.E.I.*

## PREMESSA

### GIUSTIFICAZIONE DELLE PRESENTI NORME.

Le principali cause di disturbo alle radioaudizioni sono da ricercare:

*a*) nelle perturbazioni elettriche dell'atmosfera;

*b*) nelle stesse radiodiffusioni e nelle altre radioemissioni;

*c*) negli impianti elettrici in generale.

Non si conoscono per ora rimedi di sicura efficacia applicabili ai ricevitori radiofonici, per la eliminazione dei disturbi atmosferici; i rimedi contro i disturbi dovuti alle radioemissioni (interferenze radiofoniche, disturbi radiotelegrafici, fischi di reazione, ecc.) debbono d'altra parte ricercarsi nel perfezionamento tecnico di esse e nella legislazione relativa. Pertanto le presenti norme si limitano a considerare la terza categoria, la quale comprende la maggior parte dei comuni disturbi radiofonici nei grandi centri abitati.

Si reputa necessario premettere alcune considerazioni sulla possibilità di ottenere una buona ricezione radiofonica senza agire sugli impianti da cui prendono origine i disturbi.

L'aumento della potenza dei radiodiffusori è sotto questo punto di vista, il migliore fra i vari rimedi proposti, ma non appare attualmente opportuno spingerlo oltre certi limiti, nè esso da solo potrebbe eliminare ogni inconveniente.

Altri rimedi di carattere preventivo quali l'aumento della selettività dei radioricevitori, l'uso dei filtri elettrici (passabasso) nei circuiti di alimentazione, l'uso di circuiti differenziali nell'aereo (l'uno sintonizzato, l'altro poco fuori sintonia), appaiono come semplici palliativi, atti, in circostanze favorevoli, ad attenuare i disturbi, ma non ad eliminarli, opponendovisi, almeno per ora, la natura impulsiva dei disturbi stessi e il conseguente amplissimo spettro di frequenza che essi ricoprono.

Più efficace è l'uso di antenne esterne razionalmente disposte; ma esso non è sempre possibile, specialmente nei grandi caseggiati nell'interno delle città.

Contro i disturbi provenienti dalle reti elettriche sono stati ultimamente proposti dalla Delegazione Polacca al Comitato Internazionale Radiotelegrafico (Copenaghen 1931) vari dispositivi che meritano una speciale menzione, e che sono basati sulla considerazione che l'aereo può ritenersi, grossolanamente, come l'armatura comune di due condensatori, aventi per seconda armatura rispettivamente la terra e la rete disturbante.

Tali dispositivi sono sommariamente descritti nel Capo I delle norme e sono indubbiamente molto ingegnosi; ma, affinchè essi riescano sicuramente efficaci, sarebbe necessario che l'equilibrio o la neutralizzazione cui essi mirano potessero realizzarsi in modo indipendente dalla frequenza; in modo cioè di riuscire validi anche per impulsi ricoprenti ampi spettri di frequenza. È ciò, anche in accordo con gli esperimenti finora compiuti, sembra difficile in generale, attesa la natura degli accoppiamenti che fanno capo all'antenna, i quali solo in via approssimativa possono considerarsi puramente elettrostatici, non potendosi in genere trascurare nè gli accoppiamenti elettromagnetici, nè i difetti di isolamento.

Si può dunque concludere che i mezzi protettivi finora escogitati non permettono di sperare una soluzione soddisfacente del problema dei disturbi provenienti dagli impianti elettrici. Rimangono quindi da considerare i rimedi preventivi, che tendono ad eliminare i disturbi all'origine, cioè negli impianti disturbatori.

Al riguardo si deve osservare che in molti casi i rimedi che evitano i disturbi radiofonici sono altresì favorevoli alla buona conservazione degli impianti elettrici, dai quali essi provengono, cosicchè molti di tali rimedi tornano anche ad indiretto vantaggio di chi li applica.

Quest'ultima considerazione non vale per taluni impianti ed apparecchi aventi scopi domestici, igienici o voluttuari, che utilizzano, o che inevitabilmente dànno origine a fenomeni di alta frequenza, e che sono perciò specialmente suscettibili di disturbare le radioaudizioni. Per essi devesi però considerare che la loro sempre maggiore diffusione potrebbe essere compromessa dal fatto stesso che ne risultino disturbate le radioaudizioni, atteso che queste per proprio conto tendono a interessare sempre più largamente il pubblico. L'adozione di tali dispositivi, che possono permettere la pacifica convivenza di tali applicazioni con le radioaudizioni, può perciò riuscire anche ad essi utile indirettamente.

Considerando infine che il diffondersi degli apparati radio riceventi implica direttamente e indirettamente un maggior consumo di energia elettrica, e riesce perciò vantaggioso ai produttori di questa e conseguentemente anche ai costruttori, sembra potersi concludere che la benevola, volonterosa collaborazione degli elettrotecnici nella eliminazione dei disturbi radiofonici sia in definitiva la soluzione più conforme all'interesse generale.

A tale principio sono informate le presenti norme, le quali tendono ad indirizzare le nuove costruzioni elettriche verso una disciplina tecnica più severa, che d'altra parte, evitando il generarsi di oscillazioni elettriche non necessarie o la loro superflua propagazione, non potrà che giovare ad un sempre più perfetto funzionamento degli impianti.

Ad ogni modo la nostra legislazione offre la possibilità di azioni repressive contro gli utenti degli apparati disturbatori, come risulta dall'art. 8 della Legge 14 giugno 1929-VI, n. 1352, che dà facoltà al Ministero delle Comunicazioni di prescrivere quelle norme o quelle modificazioni agli impianti, che saranno ritenute necessarie per impedire disturbi alle radioaudizioni, sentito il parere di una Commissione di tre tecnici, dei quali due nominati dal Ministero ed uno designato dalla parte interessata. Al Ministero stesso è così riconosciuta implicitamente la competenza di dirimere ogni controversia, che nella interpretazione e applicazione delle norme tecniche di protezione possa insorgere.

La parte III delle presenti norme riguarda le condizioni tecniche che i costruttori di apparecchi e gli utenti delle radioaudizioni debbono osservare, per garantire sia la sicurezza della installazione, sia l'incolumità delle persone contro i pericoli che possono provenire dal collegamento degli impianti radio riceventi con le reti locali di distribuzione elettrica.

## GENERALITA'

N.B. – *Le norme seguenti, avendo essenziale attinenza alla protezione dei moderni impianti di radioaudizione contro i disturbi ed i pericoli provenienti dagli impianti elettrici, non intendono collidere in alcun modo con quelle di carattere generale già emanate, o che fossero per emanarsi, dalla A.E.I.; ma debbono servire di complemento ad esse al fine sopraspecificato.*

**1.** Sono sicure fonti di disturbi elettromagnetici alle radioaudizioni tutti i meccanismi che nel loro normale funzionamento producono delle brusche variazioni di intensità nella corrente, o delle frequenti interruzioni, o delle scintille. Per evitare i disturbi che ne conseguono occorre, con adatti dispositivi:

*a*) ridurre al minimo l'irradiazione diretta delle oscillazioni elettromagnetiche di alta frequenza, che su tali meccanismi si generano;

*b*) evitare che tali oscillazioni si propaghino fuori dell'ambiente in cui sono generate, lungo linee o fili conduttori uscenti da esso.

Tali dispositivi consistono in generale, per lo scopo di cui alla lettera *a*), in una schermatura più o meno completa degli apparati, o nell'impiego di resistenze smorzatrici delle oscillazioni nocive; e per lo scopo di cui alla lettera *b*), in filtri elettrici tendenti, da una parte, con adatti condensatori tra linea e la terra (o la massa), a trattenere vicino alla sorgente le oscillazioni stesse e, dall'altra, con adeguata induttanza (di minima capacità propria) ad ostacolarne il propagarsi sulle linee esterne.

Tali provvedimenti, naturalmente, non debbono danneggiare il funzionamento normale degli apparati, nè aumentarne eccessivamente il costo di impianto e di esercizio.

**2.** Un'altra categoria importante di disturbi alle radioaudizioni comprende quelli dovuti al cattivo o irregolare funzionamento di apparati e impianti elettrici, che normalmente non dovrebbero dar luogo a disturbi; irregolare funzionamento dovuto sia a qualità scadente dei materiali, sia a difetto di manutenzione.

Un passo importante nella riduzione dei disturbi radiofonici sarà perciò compiuto quando tutti gli apparati, tutte le macchine elettriche e tutte le linee di trasporto soddisferanno rigorosamente alle Norme dell'A.E.I., per ciò che riguarda sia il loro impianto, sia la loro manutenzione; in tal modo sarà invero ridotta al minimo la possibilità di guasti, di scariche, di dispersioni verso terra, e le interruzioni saltuarie e le variazioni accidentali di corrente e di tensione assumeranno carattere del tutto eccezionale.

Va però osservato che possono riuscire in certi casi dannose alle radioaudizioni anche piccole irregolarità di funzionamento o difetti di costruzione cui non possono ovviare le Norme dell'A.E.I. Un ulteriore passo verso la eliminazione dei disturbi potrà perciò consistere nell'affinamento delle prescrizioni e nella limitazione delle tolleranze, al quale scopo intendono, in modo particolare, talune delle Norme qui raccolte.

**3.** Nei capitoli seguenti sono presi in esame successivamente i principali tipi di impianti elettrici suscettibili di perturbare le radioaudizioni, e per ciascuno di essi sono date norme e descritti dispositivi che si ritengono, allo stato attuale delle conoscenze, atti ad evitare o a ridurre i disturbi di cui trattasi.

Tali dispositivi in genere, più che formare oggetto di tassative prescrizioni, possono considerarsi come concrete esemplificazioni, restando inteso che qualunque altro anche se qui non compreso, possa essere accettato, quando raggiunga lo scopo prefisso.

# PARTE I.

## RIDUZIONE DEI DISTURBI ALL'ARRIVO.

### CAPO I.

**111.** Premesso che i disturbi radiofonici, dovuti agli impianti elettrici raggiungono normalmente i radio ricevitori per il tramite dell'antenna e della presa di terra per fenomeno di induzione elettrostatica o elettromagnetica; che essi risultano

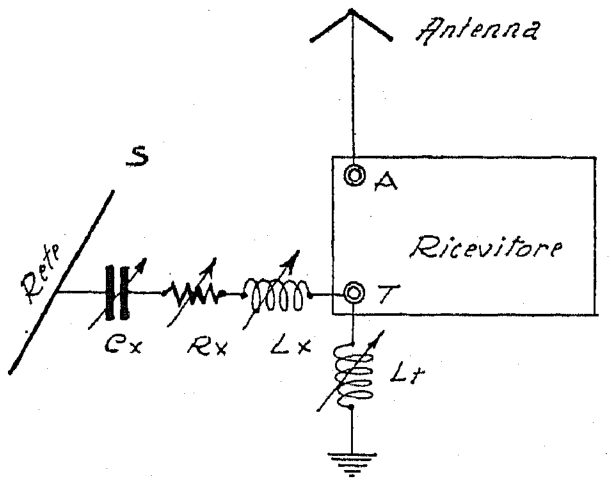



Fig. 1 *a*.

tanto più gravi quanto maggiore è il rapporto tra le f. e. m. indotte rispettivamente dalle condutture elettriche e dal campo e. m. della emissione che si vuole ricevere; tenendo conto della attenuazione che quest'ultimo subisce nell'interno degli edifici ove spesso è sensibile la influenza delle condutture elettriche; ne segue che i disturbi possono in molti casi attenuarsi coll'uso di antenne esterne, bene sollevate sul suolo, lontane quanto è possibile dalle condutture di qualsiasi specie e incrociantesi con queste ad angolo prossimo a 90°. Giova all'uopo anche l'uso di prese di terra molto efficienti, collegate ai ricevitori con fili corti e grossi. Antenne accordate (non aperiodiche) e debolmente accoppiate ai ricevitori risultano meno sensibili ai disturbi elettrici.

**112.** A misura che ci si addentra nell'interno delle città ove il livello elettrico dei disturbi aumenta, mentre diminuisce quello delle emissioni radio, attesa anche la difficoltà di impiantarvi antenne esterne ben disimpegnate, può consigliarsi l'uso dei seguenti dispositivi, atti in qualche caso a ridurre i disturbi all'arrivo, anche se non raggiungono di massima lo scopo di eliminarli completamente:

*a*) disposizioni tendenti ad arrestare i disturbi prima del loro ingresso nei ricevitori o nei locali in cui essi si trovano. Essi comprendono i filtri passa-basso, più o meno completi, con

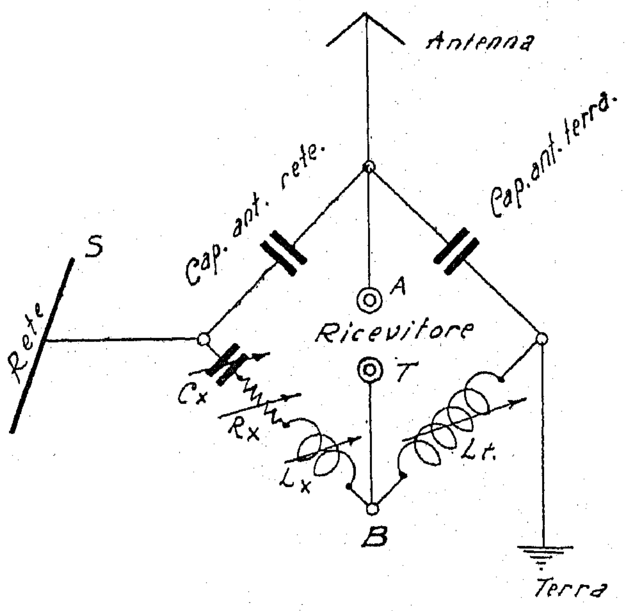



Fig. 1 *b*.

frequenza limite che può essere anche molto maggiore di quella della rete elettrica di distribuzione che alimenta l'apparecchio, disposti subito prima del ricevitore, o meglio prima dell'ingresso della rete nel locale del ricevitore;

*b*) dispositivi tendenti a neutralizzare l'accoppiamento della rete coll'antenna del ricevitore. Per questo scopo si possono usare condensatori, induttanze e resistenze variabili, collegate in serie tra il serrafilo di terra del ricevitore e la rete. Il collegamento tra il serrafilo di terra e la terra può pure farsi attraverso una adatta impedenza (generalmente una semplice induttanza), in modo da completare un ponte, del quale due lati, facenti capo al serrafilo d'antenna, sono costituiti dagli accoppiamenti dell'antenna con la rete e con la terra, e due lati (facenti capo al serrafilo di terra), sono le impedenze di cui sopra (fig. 1).

I disturbi agiscono su una diagonale (rete-terra) mentre il ricevitore è inserito sull'altra diagonale (serrafili di antenna e terra). Equilibrando il ponte per tentativi, con la adatta scelta delle impedenze (condensatori variabili da circa 500 $\mu\mu$F, induttanze variabili di circa 200 $\mu$H), il ricevitore dovrebbe risultare insensibile ai disturbi che agiscono sulla diagonale rete-terra, e mantenersi sensibile alle emissioni radio che agiscono sul lato antenna-terra del ponte;

*c*) dispositivi analoghi ai precedenti, applicabili quando l'antenna sia collegata al ricevitore attraverso al primario di un trasformatore ad A. F., e consistenti nel collegare alla rete,

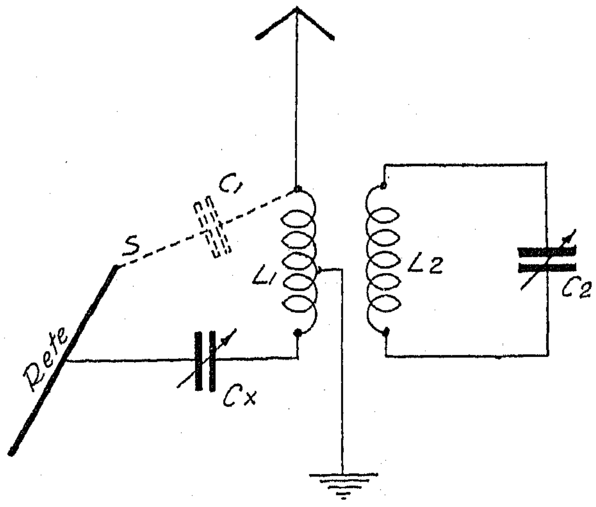



Fig. 2.

attraverso un condensatore variabile, l'estremo del primario non collegato all'antenna, e nel mettere a terra il centro del primario stesso (fig. 2);

*d*) dispositivi applicabili agli aerei a telaio muniti di condensatore di accordo, tendenti a neutralizzare l'effetto elettrostatico della rete, collegando una delle armature condensatore

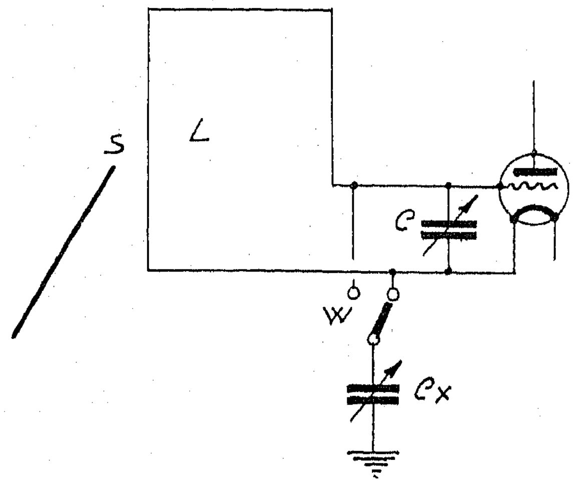



Fig. 3.

con la terra, o con una piccola antenna interna, attraverso una capacità variabile (300 $\mu\mu$F massimi) (fig. 3).

*e*) i dispositivi di cui alle lettere *b*), *c*), *d*) accoppiati coi filtri di cui alla lettera *a*) (fig. 4).

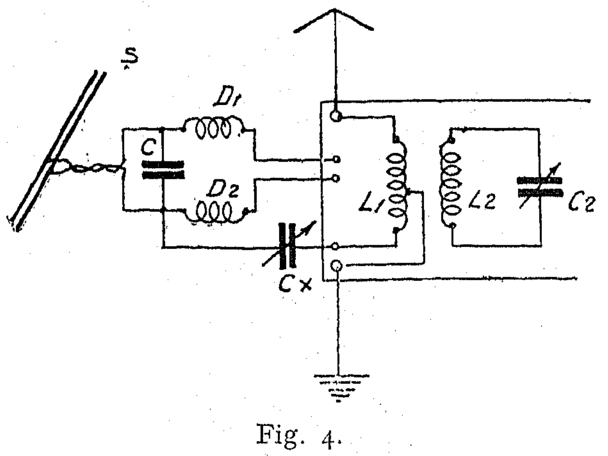



Fig. 4.

**113.** Sono misure favorevoli alla attenuazione dei disturbi nell'interno degli edifici:

*a*) la messa sotto cavo metallico, ben connesso a terra, di tutte le condutture elettriche interne;

*b*) l'adozione di una « ottima » presa di terra generale e il suo efficace collegamento con tutte le parti metalliche elettricamente passive (tubature di gas, di acqua, ringhiere, grondaie, ecc.) e con le carcasse delle macchine elettriche eventualmente presenti, in modo da ridurre al minimo le differenze di potenziale che fra di esse tendessero a manifestarsi;

*c*) la messa a terra delle linee disturbatrici che entrano negli ambienti, a mezzo di condensatori di circa 0,1 μF e la inserzione in esse di bobine di circa 100 μH prima dell'ingresso ed a valle dei condensatori.

## PARTE II.

## RIDUZIONE DEI DISTURBI ALL'ORIGINE.

### CAPO I.

### Ferrovie e tranvie elettriche e relative segnalazioni elettriche.

**211.** Tutti gli organi elettrici esistenti negli impianti di ferrovie o tramvie elettriche, devono essere costituiti e mantenuti in modo da evitare i contatti instabili e, per quanto possibile, le interruzioni accidentali delle correnti elettriche. In particolare i collegamenti elettrici tra motrice e rimorchio relativi ai vari servizi (campanelli, illuminazione, motocompressori, ecc.), devono essere assicurati con dispositivi di giunzione che li garantiscono contro ogni possibilità di contatti imperfetti.

**212.** Dovrà essere assicurato un buon contatto dell'organo di presa di corrente delle motrici col filo di linea, mantenendo per quanto possibile costante la distanza fra il filo aereo e le rotaie.

Nei nuovi impianti dovranno essere possibilmente adottati sistemi di presa ad archetto o a pantografo a preferenza di quelli a puleggia. Gli organi di presa dovranno essere costituiti di sostanza e sagomati in forma adatta ad assicurare la maggior stabilità di contatto.

**213.** Saranno da preferirsi le vetture completamente metalliche. In ogni caso i conduttori interni, specialmente quelli inerenti ai servizi di segnalazione e illuminazione, dovranno essere possibilmente in cavo isolato con guaina metallica accuratamente collegata alla massa generale della vettura.

**214.** I motori ed il combinatore delle vetture tranviarie, se già non sono racchiusi in armature metalliche, dovranno essere completamente schermati. L'armatura e lo schermo dovranno essere in ottimo collegamento con la massa generale delle vetture. Giova alla protezione che le spirali di campo dei motori in serie vengano inserite dalla parte della linea piuttosto che della terra, sempre che non sia preferita l'adozione dei dispositivi di protezione di cui si tratta al Capo IV.

Tener presente che i motori di trazione disturbano specialmente nei periodi in cui sono disinseriti dalla linea.

**215.** È consigliabile di inserire all'ingresso del filo di linea nella vettura una bobina di circa 200 μH, di sezione adeguata alla corrente di alimentazione, con un condensatore di circa 20 mμF disposto a valle fra l'estremità di essa e la massa generale. Possono con vantaggio inserirsi bobine di circa 100 μH tra i feeders e la linea di contatto.

**216.** Speciale cura dovrà essere posta per assicurare la bontà e la pulizia di questa ad evitare ogni scintillamento nel contatto con le ruote.

**217.** Tutti i collegamenti relativi alle segnalazioni elettriche dovranno essere eseguiti in cavo sottopiombo o protetti con guaina metallica, e possibilmente interrati. I congegni degli scambi automatici, ed i motorini che servono i segnali a semaforo, devono essere racchiusi in scatole metalliche completamente chiuse, interrate o in buon collegamento con la terra.

Qualora gli schermi di cui sopra non fossero sufficienti ad impedire la emissione di disturbi, giova la inserzione di qualche condensatore in derivazione fra le linee e le guaine e scatole metalliche di custodia.

**218.** Sono da evitare per quanto possibile i sistemi di segnalazione a contatto strisciante.

Nei sistemi di tale tipo già esistenti, e che non possono abolirsi, può essere consigliata l'adozione di un doppio filo di contatto, e l'inclusione di appositi condensatori derivati (fig. 5) nonchè l'impiego, per le segnalazioni luminose, di lampade a minimo consumo, come quelle a luminescenza.

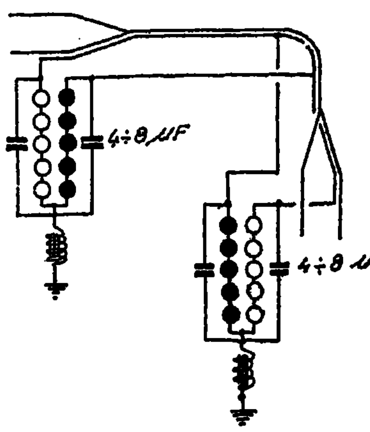



Fig. 5.

**219.** Per le linee di alimentazione e le cabine di trasformazione dovranno essere osservate le norme speciali riportate nei capitoli seguenti.

Nelle vetture provviste di compressore si dovranno applicare sul relativo motore adatti dispositivi di protezione (Capo IV).

Analogamente per i motori che servono i semafori degli scambi automatici, valgono le norme stabilite in generale per i motori elettrici (Capo IV).

### CAPO II.

### Linee di trasporto e di distribuzione dell'energia elettrica.

**221.** Tutti gli impianti per il trasporto e la distribuzione della energia elettrica, oltre ad essere costruiti a perfetta regola d'arte in conformità delle Norme generali dell'A.E.I. dovranno essere diligentemente sorvegliati e mantenuti in modo che sia assicurata la stabilità dei contatti ed evitata per quanto è possibile la formazione di effluvi alla superficie dei conduttori e degli isolatori, nonchè di scariche e dispersioni verso terra.

**222.** I punti delle linee di distribuzione, ove si chiude o si interrompe il circuito, sono sorgenti di disturbi, eppertanto, quando le chiusure e le interruzioni debbano essere frequenti,

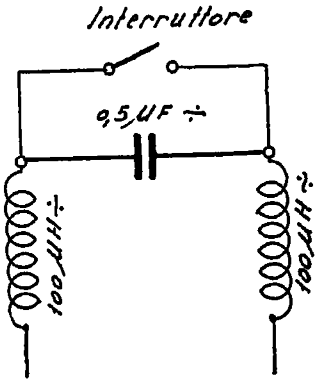



Fig. 6.

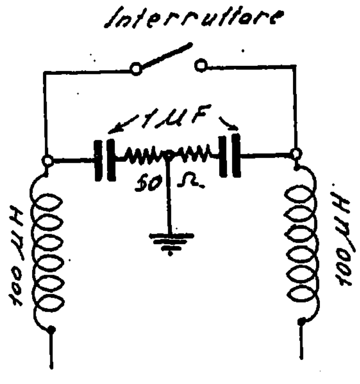



Fig. 7.

tali punti dovranno essere muniti di adatti dispositivi di protezione consistenti in induttanze, resistenze e capacità opportune ed opportunamente disposte. Come esempi possono servire quelli delle figg. 6 e 7.

**223.** Nelle linee ad altissima tensione è necessario che siano prontamente rimosse anche le minime cause di dispersione o i difetti anche saltuari di isolamento.

È inoltre importante che tutti i fili e corpi conduttori, disposti in vicinanza della linea, siano stabilmente messi a terra, o accuratamente isolati.

**224.** Negli impianti di illuminazione stradale mediante accurata manutenzione dovranno essere evitati, in particolare:

*a*) contatti instabili nei supporti delle lampade e nei raccordi mediante cordoni flessibili;

*b*) intermittenze e irregolarità nel funzionamento delle lampade ad arco;

*c*) difetti di isolamento di qualsiasi genere, anche relativamente piccoli.

## CAPO III.

### Centrali. Sottostazioni. Cabine di trasformazione.

**231.** Tutte le installazioni elettriche e le condutture relative alle cabine di trasformazione, alle centrali ed alle sottostazioni, dovranno essere tenute in stato di perfetto funzionamento, ponendo speciale cura per evitare ogni dispersione, ogni contatto difettoso nelle condutture, ogni anomalia dei collettori e delle spazzole, e per assicurare il migliore isolamento degli organi ad alta tensione e la minima resistenza dei collegamenti con la terra.

**232.** Ove sia possibile, sarà opportuno schermare le parti terminali dei conduttori all'uscita dalle centrali ed all'entrata nelle cabine e nelle sottostazioni, costituendole in cavo armato per una lunghezza di circa 50 a 100 metri. La capacità distribuita del cavo verso terra è in genere sufficiente per eliminare molte perturbazioni.

## CAPO IV°

### Macchine elettriche.

**241.** Dovranno essere tenuti rigorosamente puliti e, quando occorra, smerigliati, gli anelli ed i collettori delle macchine rotanti.

Speciali cure saranno poste nella manutenzione delle eccitatrici e delle altre macchine a corrente continua.

Nelle macchine con spazzole mobili dovrà essere accuratamente studiato il montaggio di queste ultime, in modo che esse non subiscano oscillazioni e assumano la posizione più adatta per evitare lo scintillamento.

**242.** Nei motori con eccitazione in serie sarà da preferirsi la disposizione simmetrica degli avvolgimenti di campo, con la quale risulta intercalata una forte reattanza in ogni conduttore di alimentazione, specialmente utile per limitare la propagazione degli impulsi di bassa frequenza.

**243.** Quando le prescrizioni precedenti non bastino alla eliminazione delle perturbazioni o non sia possibile la loro applicazione, si potrà ricorrere alla applicazione di condensatori atti ad assorbire le cariche inerenti alle momentanee sovratensioni ed a creare un passaggio, verso la massa della macchina e verso terra, alle correnti eventuali di alta frequenza.

Tali dispositivi potranno essere determinati praticamente per tentativi seguendo il criterio del passaggio graduale dalle soluzioni più alle meno semplici.

Gli schemi raccomandabili sono indicati nelle figg. 8 e 9.

**244.** Per i piccoli motori (da 5 a 20 HP) è, in generale, sufficiente la capacità da 0,5 a 5 $\mu$F se trattasi di corrente continua,

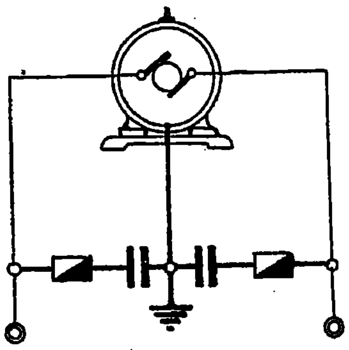


Fig. 8.

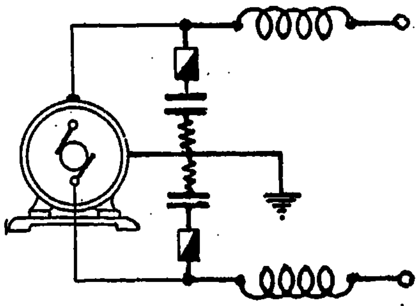


Fig. 9.

oppure di 0,1 $\mu$F al massimo, se trattasi di corrente alternata. I condensatori dovranno essere provati ad una tensione tripla di quella d'esercizio della macchina.

**245.** Quando non sia sufficiente l'applicazione di soli condensatori come avviene spesso nel caso di grandi motori (20÷400 HP) si consiglia la disposizione della fig. 9. Il tipo ed i valori

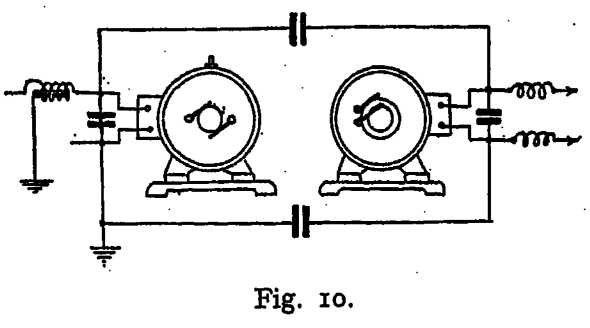


Fig. 10.

più adatti delle impedenze dipendono dalla tensione e dalla corrente di esercizio. In generale saranno sufficienti bobine composte di 100 a 200 spire, del diametro di 12 a 15 cm, di filo di sezione tale da produrre una caduta di tensione trascurabile.

**246.** I gruppi convertitori destinati alla trasformazione di corrente di una specie in quella di un'altra debbono considerarsi come aggregati di due macchine distinte funzionanti indipendentemente, e richiedono l'applicazione a ciascuna, di dispositivi appropriati. Valgono per questo caso gli schemi delle figg. 10 e 11.

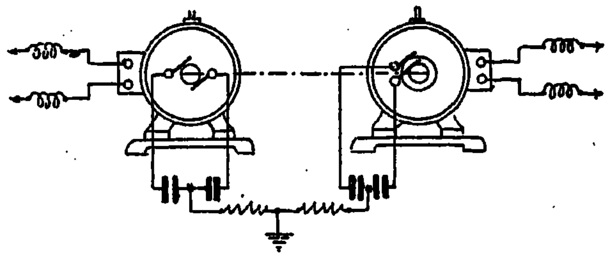


Fig. 11.

## CAPO V.

### Raddrizzatori di corrente alternata e apparecchi per carica accumulatori.

**251.** I raddrizzatori di corrente alternata che più frequentemente disturbano le radioaudizioni, sono quelli meccanici a vibrazione, impiegati talora per la carica di piccole batterie di accumulatori. Quando non sia possibile sostituirli, tali raddrizzatori dovranno essere muniti di filtri formati da resistenze e condensatori disposte come nella fig. 12. Possibilmente poi essi dovranno essere completamente schermati.

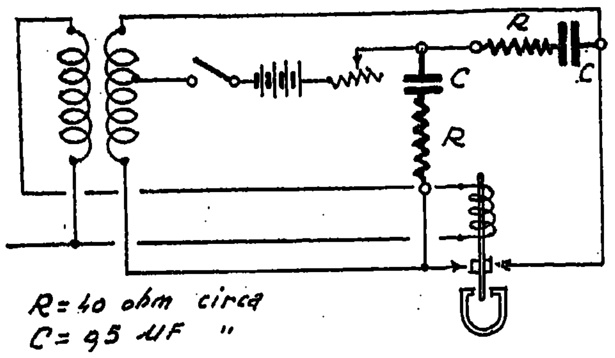



Fig. 12.

**252.** I raddrizzatori ad arco dovranno possibilmente essere corredati di adeguate bobine di impedenza così alla entrata come alla uscita della corrente.

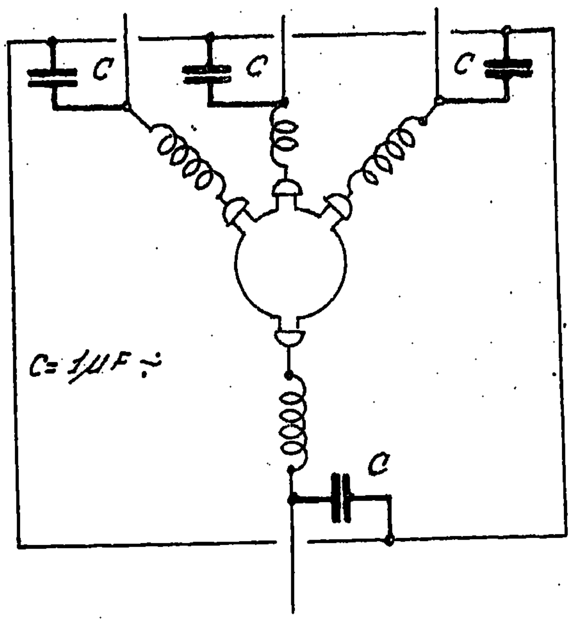



Fig. 13.

Le ondulazioni della corrente raddrizzata inerenti al numero limitato di fasi primarie e di alimentazione anodica, possono in massima parte eliminarsi mediante circuiti derivati di assorbimento, sintonizzati per le principali armoniche superiori, oltre che per l'onda fondamentale.

Eventualmente possono anche derivarsi opportune capacità fra i circuiti di alimentazione anodica, all'ingresso della camera del vapore, e l'involucro metallico, e fra questo e l'uscita della corrente dal catodo (vedi fig. 13).

## CAPO VI.

### Insegne luminose.

**261.** Quando il meccanismo di commutazione si trovi installato lontano dall'insegna luminosa, il conduttore di collegamento deve essere completamente schermato con invol cro metallico messo a terra.

**262.** Anche il meccanismo di commutazione deve di norma essere racchiuso in una scatola metallica messa a terra; in ogni caso esso dovrà almeno essere munito di condensatore di derivazione verso terra e, se del caso, anche di bobine di impedenza e di resistenze in serie nei punti di interruzione (fig. 14).

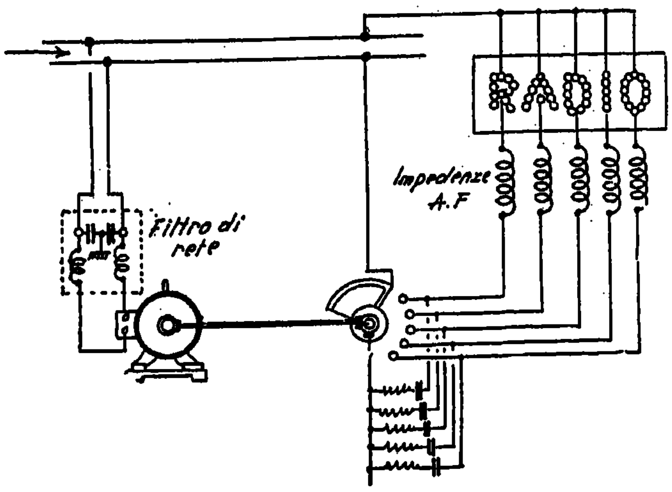



Fig. 14.

**263.** Disturbi eventualmente dovuti ad insegne di tubi al neon potranno ridursi disponendo in parallelo con questi due condensatori, fra loro riuniti in serie e aventi il centro a terra, od anche disponendo tra l'insegna ed il fabbricato, a guisa di schermo, una fitta rete metallica messa a terra.

## CAPO VII.

### Apparecchi elettrici domestici. Suonerie elettriche. Ascensori.

**271.** Per tutti gli apparecchi elettromeccanici domestici che comprendono piccoli e medi motori a collettore, dovrà effettuarsi con la maggior cura la manutenzione e la regolazione delle spazzole secondo le norme di cui al Capo IV.

**272.** A tutti i piccoli motori ai quali non sia possibile eliminare mediante la regolazione delle spazzole lo scintillamento, dovrà essere applicato un dispositivo di protezione analogo a quelli consigliati per le altre macchine elettriche.

Risultati soddisfacenti, compatibilmente con la necessaria semplicità di montaggio, si ottengono di solito inserendo fra

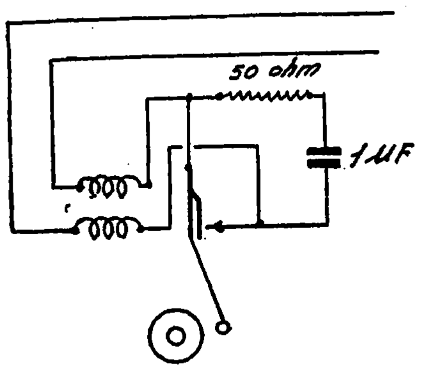



Fig. 15.

le spazzole due condensatori da 0,1 μF provati a tensione convenientemente elevata, posti fra loro in serie e col punto centrale connesso elettricamente alla custodia metallica del motore, messa a sua volta a terra, attraverso una delle tubazioni dell'acqua, del gas, del riscaldamento.

**273.** Gli apparecchi elettro-domestici muniti di regolatore automatico di temperatura, come i termofori, ferri da stiro, ecc. dovranno essere provvisti nei limiti del possibile di apposito condensatore (da circa 0,1 μF) che shunti l'interruttore automatico.

**274.** Nelle suonerie elettriche è consigliabile una distribuzione simmetrica (fig. 15) del circuito del vibratore, in maniera che in ognuno dei conduttori si trovi inserita una delle due bobine del magnete che fungerà da impedenza.

Il contatto del vibratore dovrà inoltre essere shuntato con un condensatore di capacità sino a 1 μF, in serie con una resistenza di 50÷100 ohm (fig. 15).

**275.** Per gli ascensori e i montacarichi valgono le norme relative alle macchine elettriche in generale (cfr. Capo IV). Sarà inoltre verificato a brevi e prestabiliti intervalli di tempo il funzionamento dei relais dei piani al fine di eliminare le imperfezioni dei contatti striscianti, ricambiando quando occorre i bastoncini di carbone e le mollette che si rendessero difettose.

## CAPO VIII.

### Apparati medicali e depuratori di gas.

**281.** Per tutti gli apparati medicali muniti di macchine elettriche rotanti (trapani per dentisti, apparecchi per massaggi, ecc.) valgono le norme relative ai piccoli motori (Capo IV e Capo VII).

**282.** Pei vibratori degli apparati medicali, destinati ad eccitare oscillazioni ad alta frequenza, è consigliabile la disposizione simmetrica degli avvolgimenti dell'interruttore (cfr. schema fig. 17).

**283.** Gli apparati medicali che utilizzano fenomeni ad alta frequenza devono essere almeno muniti di sistema di blocco e filtro secondo lo schema della fig. 17.

I circuiti sede di oscillazioni ad alta frequenza devono possibilmente essere racchiusi in involucri metallici completi (schermi), collegati alla terra ed ai capi del circuito di ingresso a mezzo di condensatori.

Possibilmente dovrà essere schermato tutto l'ambiente in cui essi si trovano.

**284.** Gli apparati ad irraggiamento per massaggio elettrico ad a. f. comprendenti un tubo a gas rarefatto attraverso il vetro del quale passa la corrente ad alta frequenza che viene applicata al paziente, e che sono in generale unipolari come mostra

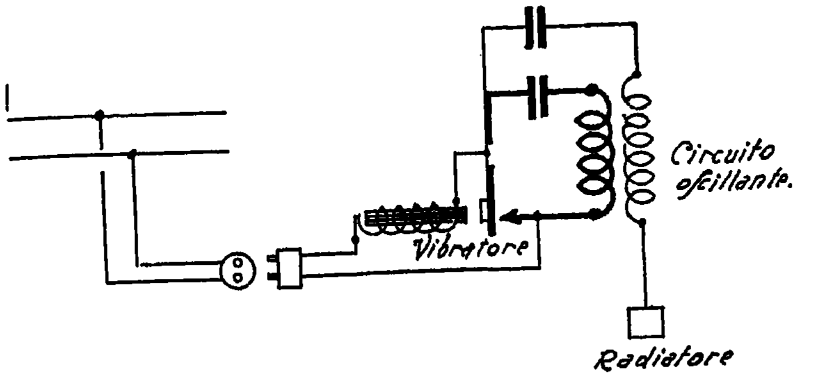



Fig. 16.

la fig. 16, producono minori disturbi quando siano modificati secondo lo schema della fig. 17. L'anello che circonda il trasformatore deve essere utilizzato come punto neutro delle oscillazioni delle bobine, al quale si appoggia una mano del paziente, così da chiudere il circuito attraverso il corpo dello stesso, e diminuire conseguentemente l'irradiamento.

**285.** La inserzione e disinserzione degli apparecchi per diatermia deve essere fatta sempre con gli elettrodi già applicati sul paziente. Nel caso che questa norma non venga osservata

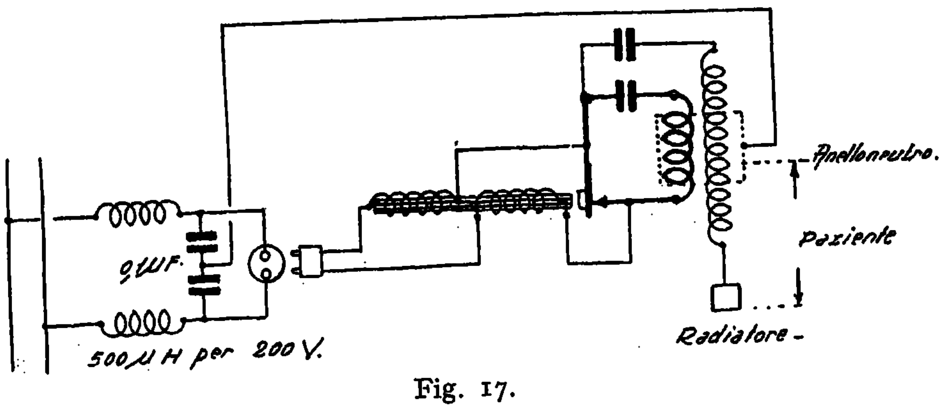



Fig. 17.

è consigliabile applicare ai morsetti di alimentazione condensatori in derivazione ed impedenze in serie come è indicato in fig. 17.

**286.** Negli impianti per la produzione di raggi X, alimentati mediante raddrizzatori meccanici, si dovranno smorzare mediante forti resistenze (100 000 ohm) le oscillazioni generate

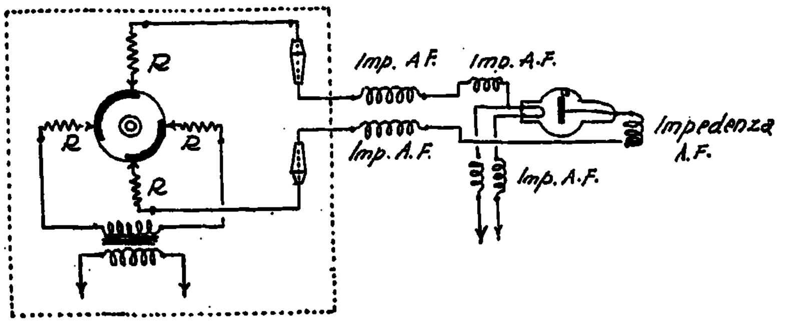



Fig. 18.

dalle eventuali scintille. Come è indicato nella fig. 18, le resistenze dovranno applicarsi immediatamente vicino ai morsetti e tutto il raddrizzatore dovrà possibilmente essere racchiuso in un involucro metallico.

Nei conduttori ad alta tensione, che adducono al tubo di Roentgen, dovranno essere applicate, una accanto al tubo ed una accanto alla macchina generatrice, due impedenze per alta frequenza (100 $\mu$H circa). Analoghe impedenze saranno inserite nei conduttori che alimentano il filamento incandescente.

I raddrizzatori a tubi elettronici dovranno essere preferiti nella progettazione dei nuovi impianti.

Se l'alimentazione è fatta con corrente continua, e l'alta tensione è ottenuta con un convertitore, valgono per quest'ultimo le norme relative alle macchine elettriche rotanti (cfr. Capo IV).

**287.** Negli impianti per la epurazione elettrostatica dei gas devono essere ridotte al minimo le perturbazioni dovute alla presenza eventuale del raddrizzatore secondo le norme del precedente N. 286. Inoltre:

*a*) dovrà essere impedita la propagazione di oscillazioni elettriche lungo i conduttori che collegano il raddrizzatore alla camera di purificazione, inserendo in serie all'uscita dal raddrizzatore delle forti resistenze da 10 000 a 100 000 ohm (fig. 19),

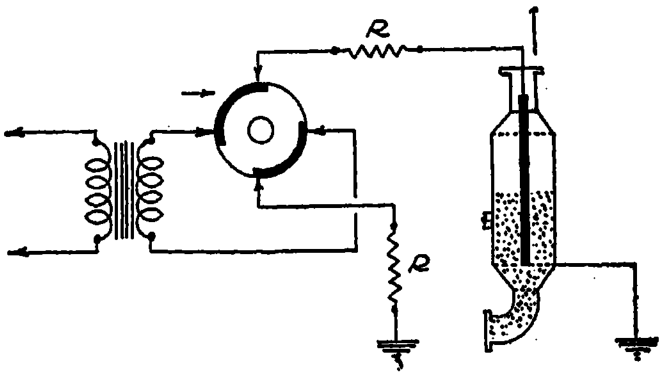



Fig. 19.

ovvero delle impedenze per a. f. di circa 100 $\mu$H e di trascurabile capacità. È consigliabile inserire più bobine in serie invece di una sola, avendo cura che non si verifichino fra loro degli accoppiamenti capacitativi;

*b*) vicino alla camera di purificazione e, parallelamente ad essa, potranno essere disposti dei conduttori messi a terra, che assorbiranno in parte l'energia irradiata dall'elettrodo ad alto potenziale;

*c*) il conduttore che adduce all'elettrodo di alto potenziale dovrà essere per tutta la sua estensione schermato con guaina metallica messa a terra;

*d*) anche in questi impianti riusciranno preferibili, ai raddrizzatori rotanti, quelli a tubi elettronici in quanto questi non dànno in genere luogo a perturbazioni.

## CAPO IX.

### Impianti telegrafici e telefonici.

**291.** Speciale cura dovrà essere posta nella manutenzione di quegli organi elettrici degli impianti di telefonia e telegrafia, che per l'ufficio loro possono originare oscillazioni e. m.

Saranno specialmente considerati come tali:

*a*) gli interruttori, gli invertitori, i commutatori, i tasti di manipolazione, i relais;

*b*) i vibratori, gli alternatori, le suonerie e gli organi per la produzione di impulsi di chiamata;

*c*) i dischi combinatori degli apparati telefonici automatici;

*d*) gli organi di selezione nei pannelli delle centrali automatiche.

**292.** I dispositivi di cui alla lettera *a*) dovranno essere possibilmente shuntati da capacità dell'ordine di 1 $\mu$F ed eventualmente muniti di filtri del tipo di quelli delle figg. 6 e 7.

**293.** Per gli organi di cui alla lettera *b*) valgono le prescrizioni stabilite per i vibratori delle suonerie (Capo VII) e per le macchine elettriche in generale (Capo IV).

**294.** Negli apparati telefonici automatici di abbonato potrà inserirsi utilmente sui contatti interruttori del disco di chiamata una capacità dell'ordine di 1 $\mu$F isolata a 500 Volt.

**295.** Per gli organi di cui alla lettera *d*) ed in generale per tutti quelli delle centrali automatiche, occorre evitare la irradiazione delle perturbazioni dalle parti metalliche dei selettori ed il loro propagarsi nelle linee degli abbonati. A tale scopo:

*a*) l'uscita delle linee dovrà essere fatta in cavi sotterranei con guaina messa a terra;

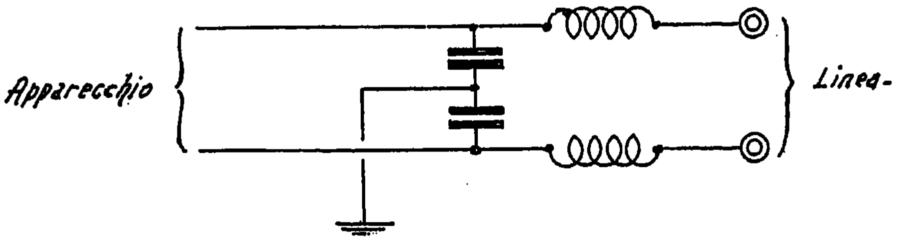



Fig. 20.

*b*) gioverà disporre opportuni filtri per ciascuna linea di abbonato (bobine d'impedenza in serie ai conduttori e piccole capacità in parallelo), come indicato dalla fig. 20.

*c*) dovrà essere provveduto ad una efficace schermatura dei pannelli dei selettori nei limiti consentiti dalle esigenze del servizio.

**296.** La propagazione degli eventuali disturbi prodotti dagli impianti telegrafici multipli, celeri, stampati e dai telescrittori, può essere evitata inserendo sulla linea alla uscita dall'apparecchio un'adeguata induttanza; per es. una bobina a nido d'ape di circa 400 spire (resistenza 9,5 ohm, induttanza 10 mH).

**297.** Dovranno per quanto possibile evitarsi i circuiti telefonici costituiti da un solo filo con ritorno per la terra.

# PARTE III.

## NORME SPECIALI PER GLI APPARECCHI DI RADIOAUDIZIONI CONNESSI ALLE RETI ELETTRICHE DI DISTRIBUZIONE.

*Premessa.* — Si considerano apparecchi per radioaudizione connessi alle reti elettriche di distribuzione quelli predisposti per ricevere in tutto o in parte da una linea esterna la corrente necessaria per il loro funzionamento, e quelli che utilizzano la rete come organo captatore delle onde elettromagnetiche.

Rientrano pertanto in questa categoria non solo i ricevitori veri e propri e gli apparecchi acustici che ne facciano parte, ma anche gli amplificatori separati, gli apparecchi di alimentazione (alimentatori), i dispositivi di carica delle batterie e quelli che servono di connessione alla rete quando questa deve essere usata come organo captatore delle onde.

## CAPO I.

### Norme costruttive.

**311.** Gli apparecchi per radioaudizione, destinati ad essere connessi alle reti di distribuzione, oltre che rispondere, in quanto applicabili, alle Norme della A.E.I. per l'ordinazione e il collaudo delle macchine elettriche, nonchè a quelle per l'esecuzione e l'esercizio degli impianti elettrici, debbono essere costruiti con i migliori accorgimenti tecnici per ridurre al minimo i pericoli per le persone.

Nei paragrafi seguenti sono indicate alcune delle precauzioni all'uopo consigliabili.

**312.** Ogni apparecchio per radioaudizione deve portare una targhetta con l'indicazione della Ditta costruttrice e del tipo e delle caratteristiche della corrente di alimentazione (valori della tensione e della frequenza).

Tutti gli organi di collegamento debbono portare in modo chiaro l'indicazione della rispettiva destinazione; in particolare, sulle connessioni con la rete dev'essere indicato il tipo della corrente e la tensione corrispondente a ciascuna presa.

**313.** Le parti metalliche, destinate ad essere collegate metallicamente con la rete e quelle comunque soggette a tensioni verso terra superiori a 60 Volt, debbono essere sicuramente protette contro il pericolo di contatti accidentali da parte delle persone o con altre parti metalliche non sottoposte a tensione.

**314.** Nei trasformatori di alimentazione, il primario collegato alla rete dev'essere di norma separato dal secondario a mezzo di schermo metallico messo a terra. L'uso di autotrasformatori di alimentazione non è ammesso.

I condensatori che fanno parte dei dispositivi di radioconnessione alla rete devono avere l'isolante di mica o di vetro, o di altro materiale di rigidità equivalente, ed essere del tipo ad armature fisse.

**315.** Le parti metalliche degli apparecchi per radioaudizione accessibili durante il funzionamento, debbono essere rivestite di materiale isolante, che assicuri una protezione efficace e durevole.

Un ottimo isolamento deve essere in particolare assicurato per le manopole e per le loro viti o spine di fissaggio, per le leve dei commutatori, per i manubri di regolazione, per i morsetti e gli accessori analoghi sporgenti dalla custodia, nonchè per gli auricolari delle cuffie telefoniche.

**316.** Le parti metalliche interne degli apparecchi, soggette a tensione, e in ogni caso le guarnizioni metalliche delle valvole termoioniche, debbono essere convenientemente protette in guisa da escludere ogni pericolo di contatto per l'operatore, sia durante il funzionamento, sia durante il riposo.

**317.** Le parti metalliche che non fanno parte dei circuiti, come le basi dei vari organi, le custodie e i coperchi, non debbono in alcun caso entrare in tensione.

**318.** Gli apparecchi riceventi racchiusi in una custodia che renda le parti interne normalmente inaccessibili, sono esenti dall'obbligo di soddisfare alle prescrizioni di cui all'art. 316, ma debbono essere provvisti di un interruttore che tolga la tensione quando occorra rimuovere il coperchio per l'ispezione interna o per il ricambio delle valvole. La presenza o l'assenza della tensione dovrà essere segnalata da una lampadina spia, che potrà essere quella stessa che serve per la illuminazione degli organi di regolazione.

## CAPO II.

### Norme relative alle temperature di funzionamento degli apparecchi.

**321.** Durante il funzionamento continuo degli apparecchi per radioaudizione non debbono essere sorpassati i seguenti limiti di sopraelevazione di temperatura rispetto all'ambiente:

*a*) per le pareti esterne 25°C;

*b*) per gli avvolgimenti dei trasformatori 45°C;

*c*) per tutte le altre parti interne, escluse le valvole termoioniche e le resistenze, 50°C.

**322.** Tutte le parti degli apparecchi debbono essere costruite con materiali atti a sopportare per lungo tempo, senza danno, le predette temperature, e per breve tempo quelle temperature più elevate che possono verificarsi in caso di corti circuiti momentanei. Le valvole termoioniche e le resistenze debbono poter sopportare, indefinitamente le temperature massime di regime.

**323.** Contro gli effetti dei corti circuiti saranno disposte valvole fusibili appropriate in punti opportuni. Una coppia di valvole fusibili, dovrà sempre essere inserita nel circuito primario del trasformatore di alimentazione.

## CAPO III.

### Norme relative all'isolamento.

**331.** La resistenza di isolamento di ciascuna parte metallica dei circuiti rispetto a tutte le altre messe a terra non deve essere inferiore a due megaohm. Quella degli organi di manovra, misurata tra la parte metallica isolata e un foglio di stagnola bene aderente alla superficie esterna dell'isolante, non dev'essere inferiore a 100 megaohm.

Tutte le prove d'isolamento saranno eseguite dopo un minuto primo di applicazione di una tensione non inferiore a 500 Volt.

**332.** Gli apparecchi per radioaudizione debbono dopo 24 ore di permanenza in un ambiente saturo di umidità a 20°C resistere per un minuto ad una tensione alternata di 1500 Volt fra le diverse parti metalliche non destinate a rimanere in comunicazione permanente fra di loro.

I condensatori dei dispositivi di radioconnessione alla rete devono inoltre resistere alla stessa prova anche dopo essere stati immersi per un minuto primo nell'acqua e poscia asciugati esternamente.

I trasformatori di alimentazione debbono poter sopportare le prove di rigidità dielettrica prescritte dall'A.E.I.

Anche dopo tali prove le resistenze di isolamento non dovranno risultare inferiori a quelle indicate nell'art. 1.

# DIRITTO E GIURISPRUDENZA

**Fornitura di energia elettrica - Clausole di esclusività e di prelazione.**

MASSIMA.

*Le clausole di esclusività e di prelazione contenute in contratti di fornitura di energia elettrica, sono valide ed obbligatorie, purchè limitate nel tempo, non ostando esse ad alcun principio di ordine pubblico, nè ad alcun interesse della economia collettiva* (1).

*Non importa nullità del patto di esclusività o di prelazione, il fatto che lo stesso, ripetuto in vari contratti, a successive scadenze, implichi un vincolo indefinito dell'utente, poichè l'obbligo di rinnovo dei contratti non porta la necessità di apposizione di termine uguale a quello della originaria durata. Bene pertanto possono rinnovarsi i contratti precedentemente scadenti in guisa da far coincidere la loro scadenza con quella dell'ultimo.*

Appello Venezia, 3-28 dicembre 1931, Pres. Malipiero, in causa INDUSTRIA ELETTRICA SCLEDENSE (Avv.ti Fano e Rizzoli) c. ROMAGNA (Avv.ti Contursi Lisi e Ronzani).

FATTO.

Romagna Amedeo stipulò tre contratti di fornitura di energia elettrica colla Soc. An. Industria Elettrica Scledense (tutti reg. a Schio, i due primi il 19 luglio 1928 rispettivamente ai numeri 49 e 50 del Vol. 88 ed il terzo il 20 luglio 1928, N. 54, Vol. 88) il primo, per forza motrice per l'industria di fabbrica ghiaccio, nei locali in Malo via Porto N. 3 in data 19 febbraio 1925 e per la durata di tre anni dal 1° marzo 1925 al 28 febbraio 1928, salvo tacita proroga di anno in anno in mancanza di disdetta da darsi per lettera raccomandata almeno un mese prima delle scadenze; il secondo per illuminazione dei locali in Malo Via Porto N. 13 ad uso abitazione e laboratorio, in data 9 aprile 1925 e per la durata di quattro anni e mesi due dal 1° aprile 1925 al 31 maggio 1929; il terzo per forza motrice per industria di fabbrica gazose nei locali in Malo Via Porto (il N. non è indicato) in data 1° dicembre 1927 per la durata di quattro anni da tal giorno e così fino al 30 novembre 1931.

Nel primo contratto è stampigliata la clausola: « l'Utente garantisce alla Società il diritto di prelazione per la fornitura di energia elettrica alla fine del contratto per uguale periodo »; negli altri due identica clausola è inserita a stampa. Tutti e tre poi recano stampata al N. 10 delle condizioni generali la seguente: « La Società avrà diritto esclusivo di fornitura di energia elettrica nei locali indicati nel contratto ed annessi di uso dello abbonato ». Nella imminenza della scadenza del primo contratto, con lettera che non porta data, ma è pacifico essere stata spedita il 31 gennaio 1928, il Romagna scrisse alla Scledense:

« Avendo finito il contratto di anni tre della energia elettrica per motore 4 ½, per ora rinuncio contratto: favorite venire a ritirare i contatori ». Premesso quanto sopra, e che il Romagna subito dopo quella lettera si era arbitrato di concludere una nuova fornitura di energia elettrica con la ditta dell'Ing. Alessandro Marzotto, avendo cominciato ad usarne dal 1° luglio 1928, e che con ciò si era reso doppiamente inadempiente, sia per aver violato la clausola di prelazione di che al primo contratto impedendo ad essa Scledense di usarne col trattare a sua insaputa coll'altra ditta, sia per avere violato le clausole di esclusiva dei due posteriori contratti, i quali erano tutt'ora in vigore e quindi anche nel momento della conclusione del contratto colla ditta concorrente; premesso, ripetesi, quando sopra, la Società Industria Elettrica Scledense con citazione 3 agosto 1928 convenne il Romagna avanti il Tribunale di Vicenza per sentir giudicare:

1) Non avere potuto il Sig. Romagna Amedeo stipulare un nuovo contratto di fornitura di energia elettrica per il tempo successivo al 1° marzo 1928 e per lo stesso scopo previsto dal contratto già in corso con la Società Industria Elettrica Scledense senza avere prima posto la Società stessa in condizione di esercitare il diritto di prelazione di cui alla clausola contrattuale.

2) Non potere il detto Romagna Amedeo stipulare nuovi contratti di fornitura di energia elettrica per i locali ad uso industria ed annessi siti in Malo, Via Porto, e ciò per il periodo di tempo in cui saranno in vigore i contratti 9 aprile 1925 e 1° dicembre 1929, vale a dire sino a tutto il 30 novembre 1931, giusta il disposto della clausola numero 10 prevista nei contratti stessi.

3) Dichiararsi prorogato e valido ad ogni giuridico effetto il contratto di fornitura di energia elettrica concluso il 19 febbraio 1925 tra la Spett. Industria Elettrica Scledense ed il Sig. Romagna Amedeo di Malo, per avere la Società attrice, in dipendenza e per la durata dei contratti 9 aprile 1925 e 1° dicembre 1929, diritto esclusivo di fornitura di energia elettrica nei locali siti in Malo Via Porto di uso del convenuto, il quale sarà tenuto a tutte sue spese a provvedere alla immediata rimozione dello allacciamento della rete di altra ditta, ripristinando immediatamente l'allacciamento con la rete della Società attrice, autorizzata quest'ultima, in difetto, e trascorsi giorni dieci dalla notifica della emananda sentenza, ad eseguire quanto sopra a tutte spese e rischio del convenuto.

4) Condannarsi il Sig. Romagna Amedeo a rifondere alla Società attrice i danni tutti patiti da determinarsi in separato giudizio. Spese rifuse. Sentenza provvisoriamente esecutiva.

Contestata la lite, l'attrice concluse richiamando le domande di citazione, ed in via subordinata dedusse prova per interrogatorio e per testi sul seguente capitolo: Vero che dal 1° luglio 1928 la ditta Romagna Amedeo di Malo usufruisce, per il proprio impianto industriale, l'energia elettrica distribuita dalla ditta Ing. Marzotto di Valdagno.

Il Romagna in linea di fatto negò la esistenza della clausola di prelazione nel primo contratto, sulla quale vertiva la questione, affermando di aver firmato in bianco la relativa scrittura, la quale era poi stata riempita dalla Società secondo gli accordi in tutto il resto, ma arbitrariamente per quanto riguardava la stampigliata clausola di prelazione, aggiunse che successivamente alla disdetta del contratto, data per eccessiva onerosità, aveva avuto da altra ditta offerta di fornitura di energia al prezzo di lire 0,16 al kWh di gran lunga inferiore a quello di L. 0,60 praticato dalla Scledense, e che pur non esistendo il patto di prelazione si era rivolta alla Scledense per sentire se fosse stata disposta a fornirgli la energia alle condizioni della concorrente ditta, e che dopo la sua risposta negativa si era accordato colla concorrente ditta Marzotto per un prezzo al disotto della metà di quello praticato dalla Scledense.

In linea di diritto osservò che, data la esistenza nei due posteriori contratti delle clausole di esclusiva insieme alle clausole di preferenza e data la interferenza delle varie clausole sia fra di loro sia con le diverse scadenze dei contratti stessi, veniva a crearsi tal condizione che egli non poteva più liberarsi dal primo contratto, nel senso cioè che o doveva rinunciare alla per lui indispensabile energia ad uso forza motrice per la fabbrica di ghiaccio, o, volendosene servire, era costretto a dipendere per forza e senza limite di tempo della Scledense, che così si era creato un monopolio: per il quale motivo era da ritenersi la nullità delle clausole di esclusiva, da non potersi perciò invocare dalla Scledense. Quindi concluse: In via principale respingersi le domande attrici: spese rifuse. In via subordinata ammettersi prova per interrogatorio e per testi sui capitoli:

1) Essere vero che il contratto di fornitura di energia elettrica per la fabbrica di ghiaccio venne dal Romagna Amedeo firmato in bianco, e la clausola di prelazione a stampa (recto a stampiglia) venne posta successivamente senza previo consenso del Romagna Amedeo.

2) Vero che il Romagna Amedeo, quando disdettò il contratto 19 febbraio 1925 con lettera raccomandata 31 gennaio 1928 prodotta avversariamente, comunicò alla Società Elettrica Scledense che aveva un'offerta di fornitura di energia da altra ditta a L. 0,16 per kWh in luogo di L. 0,60.

3) Vero che il Sig. Romagna Amedeo esercisce l'unica fabbrica di ghiaccio esistente in Comune di Malo e che deve provvedere alla fornitura dell'Ospedale civile del Comune e di altri enti pubblici.

Il Tribunale, ritenendo conferente ed ammissibile la prova orale sui primi 3 capitoli, e facendo proprie le considerazioni del Romagna circa la clausula di esclusiva, da ritenersi perciò illecita, con sentenza provvisoriamente esecutiva 22 marzo, 19 aprile 1929, disattesa ogni diversa e contraria istanza, ammise le prove per interrogatorio e testi sui detti tre primi capitoli.

La Scledense propose appello con citazione 11 maggio 1929 Rep. 1482 Uff. Giud. Barbarigo, lamentando sia che si fossero ammesse le suddette prove, sia che si fosse ritenuta la illiceità della clausola di esclusiva.

Il Romagna appellò incidentalmente sostenendo che il Tribunale per quella stessa rilevata dannosa interferenza tra le due clausole onde aveva ritenuto la illiceità di quella di esclusiva, avrebbe dovuto logicamente ritenere la illiceità anche di quella di preferenza e perciò respingere senz'altro le domande attrici. Questa Corte, Sez. IIª, in ordine all'appello incidentale considerò che il patto di prelazione era valido: in ordine allo appello principale lo ritenne parzialmente fondato, quanto alla doglianza circa le prove, opinando di doverne escludere il capitolo primo, infondato, quanto all'altra doglianza, opinando che la clausola di esclusiva era illecita per essere contraria alla pubblica economia, e quindi all'ordine pubblico, in quanto un vasto accaparramento di clientela legata a quel patto, rende impossibile il sorgere di nuovi impianti idroelettrici, con la conseguenza di aggravato tributo verso l'estero per l'acquisto di carbone: illecita adunque sotto questo riflesso, e per tali conseguenze, indipendentemente da un trascurabile pregiudizio degli interessi privati che da una specie di monopolio possano essere offesi: per ciò con sentenza 6-19 gennaio 1930, respinto l'appello incidentale, ed accolto parzialmente il principale, eliminò dalla ammissione delle prove testimoniali fatta dal Tribunale, il primo capitolo dedotto; confermò nel resto l'appellata sentenza e condannò la Scledense nelle spese del giudizio di appello.

La Scledense ricorse in Cassazione pel motivo che erroneamente la Corte d'Appello aveva dichiarato la nullità del patto di esclusiva. La Suprema Corte osservò come, esaminata la questione sotto l'aspetto giuridico, trascurato dalla Corte d'Appello, sia lecito il patto di esclusiva purchè limitato nel tempo e nello spazio, perchè come tale non è lesivo del diritto inalienabile della libertà individuale di colui che si obbliga a rispettare la esclusività, e come, esaminata la questione sotto l'aspetto economico considerato dalla Corte di Appello, sia egualmente lecito il patto suddetto. Quindi aggiunse: per queste considerazioni la impugnata sentenza deve essere cassata e la sua causa rinviata per nuovo esame: in occasione del quale potrà essere trattata anche in relazione a quello che il resistente Romagna ha prospettato nella sua memoria difensiva, in dipendenza della condizione di fatto in cui esso si troverebbe, o di tener chiuso l'opificio, o di sottostare per sempre alla fornitura esclusiva della Società; una tale situazione, se sussistesse, renderebbe nullo il patto di esclusiva a tenore di ciò che a principio si è considerato circa la necessità della temporaneità di esso perchè non ne rimanga soppresso il diritto di libertà individuale dello obbligato; ma l'accertamento della situazione medesima sfugge alla competenza della Corte di Cassazione perchè importa interpretazione di tre contratti e calcolo della loro protrazione con le successive rinnovazioni, e deve perciò essere riservato al Giudice del merito.

In base a tale motivazione con sentenza 19 gennaio, 19 febbraio 1931 (registrata a Roma il 16 marzo 1931, Vol. 518, N. 9371) cassò la impugnata sentenza e rinviò la causa per nuovo esame ad altra Sezione di questa stessa Corte, delegata a provvedere anche sulle spese del giudizio di Cassazione. Quindi la Scledense per atto 9 giugno 1931 Uff. Giud. Serena portò ancora avanti a questa Corte la causa, che venne assegnata alla Sezione Iª. Le conclusioni delle parti si leggono in epigrafe.

### Diritto.

Il riesame integrale della causa vuole essere fatto secondo l'ordine delle censure mosse alla appellata sentenza, sia dalla Scledense colla citazione di appello, sia dallo appellante per incidente Romagna.

La Scledense si duole adunque innanzi tutto che il Tribunale abbia ammesso il 1º capitolo, di prova orale del Romagna, laddove la manifesta e stridente contraddizione coi successivi bastava a dimostrare come il fatto dedotto a prova non fosse vero, e che abbia ammesso gli altri due contenenti a loro volta circostanze di fatto in aperto contrasto colle lettere dello stesso Romagna. Quanto al primo capitolo è veramente patente il suo contrasto coi successivi; non basterebbe però questo solo rilievo per respingerlo, giacchè in via di lontana ipotesi non potrebbesi escludere che il Romagna, pur sapendo di aver firmato un contratto non contenente la clausola di prelazione (perchè a suo dire sarebbe stata stampigliata in seguito dalla Scledense in uno spazio che era rimasto in bianco) prima di rivolgersi ad altra ditta avesse creduto, indipendentemente da ogni impegno, di sentire se la Scledense era disposta a rinnovare il contratto alle stesse migliori condizioni offerte dall'altra Ditta.

Ma havvi un altro motivo (non quello adottato nella precedente sentenza di appello, sul quale e sullo errore del quale è qui inutile riferire ed indugiare) un altro motivo, dicesi, che impone la rejezione del capitolo in esame: ed è che il Romagna appellò incidentalmente per far dichiarare la nullità precisamente di quel patto di prelazione del primo contratto che viceversa ancora vorrebbe sostenere e dimostrare, questa volta con una veramente insuperabile contraddizione, che non era scritto nel momento della firma del contratto da parte sua. Che proprio del patto di prelazione del primo contratto, e non dei successivi, egli domanda la nullità è cosa manifesta; non potrebbe infatti essere diversamente, giacchè la Scledense proprio quel patto invoca a sostegno di sue domande (nè certo avrebbe potuto invocare i patti di prelazione dei posteriori contratti) onde necessariamente la reazione del Romagna su quello e non sugli altri va a cadere, se non la si voglia far cadere nel vuoto.

È dunque necessariamente implicita nella domanda proposta collo appello incidentale la ammissione della esistenza del patto di prelazione, siccome era implicita nelle seguenti parole che si leggono a pagina 8ª della comparsa presentata nel precedente giudizio di appello « se si trattasse di un contratto isolato ed unico, non si discuterebbe sulla legittimità del patto di prelazione ». Tale ammissione poi è addirittura esplicita nella comparsa presentata dal Romagna in questa sede di rinvio, nella quale a pagina 10ª si legge: « *Ora alla scadenza del 1º contratto per effetto del patto di prelazione* il Romagna doveva rinnovarlo per egual periodo di tempo alle condizioni della concorrenza ».

Di fronte a tutto ciò non si riesce a comprendere come il Romagna possa ancora sostenere ed assumere di provare che il patto di prelazione non esista: onde la doglianza della Scledense quanto al primo capitolo è fondata. Non altrettanto può dirsi quanto agli altri due.

Non contraddice in modo certo e sicuro allo assunto del Romagna la circostanza che egli il 31 gennaio 1928 abbia scritto che rinunciava al contratto ed invitando a ritirare i contatori: potrebbe essere che nonostante ciò, meglio ponderate le cose, poco appresso abbia ritenuto di comunicare alla Scledense le offerte fattegli dalla Ditta concorrente, per metterla in grado di esercitare il diritto di prelazione. Meno ancora si contraddice la successiva lettera del 24 ottobre 1928, con la quale deplorava che i contatori non fossero ancora stati ritirati, sembrando logico tale suo atteggiamento, ove fosse vero, come Romagna vuol provare, che la Scledense non aveva voluto esercitare il diritto di prelazione.

In secondo luogo la Scledense si duole che il Tribunale abbia ritenuto la illiceità del patto di esclusiva. Relativamente a questo obbietto è da tenere presente come la questione della nullità, prospettata dal Romagna sotto il riflesso del vincolo *sine die* cui lo assoggettava la interferenza dei succeduti contratti in diverse scadenze e risolta dal Tribunale secondo la sua tesi, sia stata invece dalla precedente sentenza di questa Corte risolta ancora affermativamente ma sotto diverso riflesso, quello cioè che il patto di esclusiva è contrario alla pubblica economia e quindi all'ordine pubblico.

Cosicchè in questa sede di rinvio il Romagna non pure sostiene ancora la tesi della nullità pel 1º motivo, ma, nonostante la avvenuta cassazione della sentenza della Corte d'Appello, fa proprio *ex novo* l'argomento di questa sentenza e sostiene che il patto è contrario alla pubblica economia ed all'ordine pubblico, ed innanzi tutto eccepisce la nullità per tal motivo. È pertanto necessario riprodurre quanto in proposito osservò la Suprema Corte, dal cui insegnamento, sostenuto con logica stringente e persuasiva, è impossibile scostarsi. « È facile rilevare che il fatto dell'esodo della moneta italiana all'estero per ivi acquistare carbone utilizzabile per ogni kW di energia elettrica che non si produce in Italia non è sufficiente per dedurne in modo assoluto un danno alla economia pubblica, tale da influire sull'ordine pubblico, giacchè altrimenti dovrebbe essere dichiarata illecita ogni importazione di merce che potesse essere sostituita da altra nazionale e che egualmente produce un esodo della moneta dal Regno, che potrebbe essere evitato, ciò che sarebbe decisa negazione del principio della libertà degli scambi cui si riconosce tanta benefica influenza nello sviluppo dell'industria e dei commerci e sul benessere delle popolazioni.

« Non basta adunque l'addurre l'inconveniente dannoso dell'esodo della moneta nazionale per dire che la economia pubblica rimanga offesa o danneggiata da una contrattazione, ed invece bisogna tenere presente tutti gli effetti che dalla medesima possono derivare: ed a questo proposito contro le conclusioni cui

nella specie la impugnata sentenza è addivenuta, può ritorcersi quello che essa stessa espone circa l'incremento che deve essere dato alla produzione di energia elettrica nel Regno appunto per evitare un corrispondente acquisto di carbone all'estero.

« È invece opinione concorde di economisti che per lo incremento sopraddetto, il patto di esclusività di fornitura a favore del produttore della energia elettrica, è condizione che si può dire necessaria, in quanto che si tende con esso ad assicurare all'azienda una continuità di clientela il cui rendimento sia adeguato alle esigenze numerosissime delle spese d'impianto e di esercizio, le quali richiedono l'immobilizzazione di considerevoli capitali che non sarebbero destinati alla azienda senza la sicurezza di ragionevole compenso. Dimodochè se lo sviluppo della produzione elettrica è di massimo interesse per la economia della nazione, come giustamente ha detto la Corte di Appello, è proprio un tale interesse che giustifica il patto di esclusiva fra produttore e consumatore, anzichè renderlo illecito come la Corte medesima ha soggiunto ».

Nemmeno è attendibile l'altra eccezione della illiceità del patto di esclusiva sotto il riflesso di un vincolo a tempo indeterminato pel fatto della cennata interferenza, illiceità affermata dal Tribunale senza approfondire l'esame della questione. Conviene ripetere che la Scledense denunciò la violazione del contratto primo in data 19, febbraio 1923, della durata triennale dal 1° marzo 1925 al 28 febbraio 1928, anche per trasgressione della clausola di esclusiva, ma non a quella contenuta nel contratto stesso, sibbene a quelle contenute nei contratti successivi: ed era logico, perchè una clausola di esclusiva non può evidentemente volgere a legare lo stipulante per quella prestazione che già cade in contratto, ma a legarlo per quelle future di cui sia per avere bisogno. Nel caso quale è quello in esame di più succedenti contratti, con diversa scadenza, si può ammettere che, rispetto all'ultimo contratto ed all'ultima sua contenuta clausola di esclusiva, diventi futura prestazione anche quella che era la prestazione dei primi contratti venuti a scadere pendente l'ultimo e sua eventuale proroga per prelazione; cosicchè per quel patto di esclusiva dell'ultimo contratto sia tenuto l'utente a dipendere dalla stessa ditta fornitrice protetta dalla esclusiva. È poi fuori di dubbio che se l'utente fosse di volta in volta obbligato a rinnovare i primi contratti man mano che vengono a scadere per uguale loro precedente durata, attraverso la vicenda delle varie succedentisi scadenze, verrebbe ad essere legato indefinitivamente. Ma la questione che il Romagna pone in questi termini è male posta: egli in sostanza su quella ipotesi afferma una già attuale esistenza di suo vincolo *sine die* pel fatto della esistenza dei tre contratti a varie scadenze, ponendo come presupposto il fatto certo che egli, alle varie scadenze, sia per essere obbligato a rinnovare i singoli contratti per un tempo eguale alla singola loro precedente durata, perpetuando in tal modo la vicenda vincolativa. E qui sta il suo errore, perchè egli a ciò non è punto obbligato, precisamente perchè non è tenuto a vincolarsi *sine die.* Vuol dire adunque che alle scadenze singole egli avrà diritto di far coincidere le scadenze dei rinnovandi contratti colla scadenza dell'ultimo, e così eviterà l'attuazione di un vincolo *sine die*; che se la ditta fornitrice fosse per pretendere il contrario, allora sì, ma solo allora sorgerebbe la possibilità di un vincolo *sine die*, e di fronte alla giusta pretesa della ditta fornitrice, egli avrebbe il diritto di insorgere e di tenersi liberato da una clausola di cui la ditta fornitrice fosse per pretendere la applicazione con criterio estensivo ed inaccettabile. Ma oggi come oggi, ripetesi: il Romagna non può affermare di essere già legato *sine die*, e per ciò anche questa sua eccezione va respinta, e devesi riconoscere fondato il secondo motivo di appello della Scledense.

L'appello incidentale del Romagna è senza fondamento. Egli in sostanza sostiene che, come il Tribunale ritenne lecito, per le dette interferenze, il patto di esclusiva, avrebbe conseguentemente dovuto ritenere illecito anche il patto di prelazione. Quanto si è detto sopra circa la validità del patto di esclusiva serve anche a confutare questo altro assunto del Romagna; essendo comunque da osservare che fosse pure (e non è) illecita la clausola di esclusiva dell'ultimo contratto, anzi, per essere più esatti, fosse pure inapplicabile nei riguardi del primo contratto, non ne deriverebbe mai la conseguenza della illiceità del patto di prelazione contenuto nel 1° contratto. Le spese seguono la soccombenza.

P. Q. M. (*omissis*).

NOTA

(1) La precedente sentenza, poi cassata, della Corte d'Appello di Venezia, nella stessa causa, ed in senso contrario, è stata pubblicata in questa rivista, fascicolo di gennaio 1931, a pag. 49, con nota.

La sentenza della Cassazione fu pure pubblicata nel fascicolo di maggio 1931, pag. 428.

Avendo la Corte di Appello di Venezia, in sede di rinvio, fatto acquiescenza, nella sentenza annotata, alla massima dettata dalla Suprema Corte, si è ristabilita la unanimità della Giurisprudenza circa la validità dei patti di esclusività e di prelazione.

Sul quale principio non occorre richiamare i precedenti, che, numerosissimi, si possono trovare ad ogni piè sospinto scorrendo i precedenti fascicoli e la precedenti annate di questa rivista.

**Fornitura di energia elettrica - Convenzioni coi comuni - Prezzi massimi e minimi e loro obbligatorietà - Patti di esclusività e di sospensione della fornitura - Azione possessoria - Patto del minimo canone e risarcimento danni.**

MASSIMA.

*Il contratto generale per fornitura di energia elettrica fra la ditta produttrice ed un Comune, non può intendersi come stipulazione a vantaggio di terzi (gli abitanti del Comune) nel qual caso essa sarebbe revocabile fino a che tutti i terzi non avessero dichiarato di volerne approfittare.*

*Devesi invece ritenere che il Comune stipuli in rappresentanza dei cittadini, dei quali è per legge legittimo rappresentante quando debbansi tutelare i loro interessi nella concessione di un pubblico servizio.*

*Non tutti i patti contenuti in simile accordo sono di ordine pubblico, ma solo quelli intesi a tutelare la pubblica incolumità ed il pubblico interesse; non quelli che tutelano il privato interesse economico degli utenti.*

*Le stipulazioni di prezzi sono quindi validamente derogabili nelle private convenzioni liberamente consentite fra fornitore ed utente.*

*La stipulazione di prezzi massimi nell'accordo generale, lasciando libera la Società fornitrice di praticare prezzi minori, non la obbliga a concedere a tutti tali minori prezzi, che caso per caso siano stati consentiti.*

*È valido e non contrario all'ordine pubblico il patto di esclusività contenuto nel contratto di fornitura.*

*È pure valido il patto che consente di troncare la fornitura in caso di mancato pagamento.*

*Nè la sospensione della fornitura può costituire turbativa di possesso, ravvisandosi in essa soltanto la interruzione di somministrazione di beni non ancora pervenuti nella disponibilità dell'utente.*

*Il fornitore, valendosi di tale facoltà di sospensione, non rinuncia agli effetti del contratto, nè libera l'utente dall'obbligo di sua osservanza.*

*Bene possono liquidarsi i danni per la inadempienza dell'utente in misura non minore dell'importo dei mancati consumi, con riferimento al minimo canone contrattuale obbligatorio fino alla naturale scadenza del contratto.*

*Non è ammissibile la prova peritale tendente a provare un fatto materiale transitorio avvenuto in passato e non lasciante traccia (nella specie un abbassamento di tensione).*

Tribunale Messina, 31 marzo - 12 aprile 1932, Pres. ed Est. Ilardi, in causa Soc. Generale Elettrica della Sicilia (Avv.ti Calamarà, Indelicato e Todaro) c. Ziino (Avv.ti Raneri e Isaja).

FATTO.

Che, con atto rogato dal segretario generale del Comune di Messina il 27 febbraio 1925, n. del repartorio 6893 reg. in Messina il 30 marzo 1925 al n. 5576 con esenzione di tasse, debitamente approvato dalle autorità tutorie del Comune, il Comune stesso concedette alla Società Messinese per Imprese Elettriche (S.M.I.E.) « la costruzione del nuovo impianto per la pubblica illuminazione elettrica della città di Messina e dei villaggi » (art. 1).

Con altro atto del medesimo giorno rogato dallo stesso segretario n. di repertorio 6984 reg. il 30 marzo al n. 5375 con Lire 722,39 esatte dal ricevitore Biotti, anch'esso approvato, il Comune medesimo concedette alla stessa Società « il servizio della pubblica illuminazione elettrica della città di Messina e dei villaggi, la fornitura dell'energia elettrica occorrente per gli usi municipali » (art. 1) ed inoltre, « nell'ambito del piano regolatore, e sulle strade dove essa avrà i propri distributori, l'energia elettrica per illuminazione ai privati utenti e, nei li-

miti delle sue disponibilità, energia per forza motrice » (art. 23). Con appositi allegati (primo e terzo) furono stabiliti i prezzi e le condizioni per la fornitura elettrica ai privati.

Tali concessioni sono tuttora in vigore.

Sotto l'imperio di esse, con contratto del 17 novembre 1927, reg. in Messina il 24 aprile 1931 al n. 3493, con L. 23,10 esatte dal procuratore superiore Biotti, la Società si obbligò di fornire al Can. Ziino Liborio l'energia Elettrica occorrente per l'illuminazione dei locali del caffè denominato « Gran Bar » sito in Piazza Cairoli di Messina coi patti di cui in tale contratto.

Con altro del 31 dicembre 1927, reg. il 23 aprile 1931 al n. 3492 con L. 19,10 fra le stesse parti fu convenuta la somministrazione di energia elettrica per azionare un motore.

Con atto del 13 aprile 1931 la Società Generale Elettrica della Sicilia, anonima con sede in Palermo, rappresentata dal suo Presidente, Prof. Angelo Forti, succeduta alla S.M.I.E. convenne davanti questo Tribunale il Can. Ziino ed espose che questi dall'ottobre 1930 al febbraio 1931 non aveva pagato la energia consumata come forza motrice ed era perciò debitore di Lire 3734,40 e che, inoltre dall'agosto 1930 a tutto febbraio 1931 non aveva pagato l'energia consumata per illuminazione in lire 11.416,17.

Aggiunse che il convenuto di suo arbitrio aveva sciolto i contratti in quanto aveva fatto attaccare ai suoi apparecchi di illuminazione e di forza motrice energia elettrica fornita da altri.

Chiese che il convenuto fosse condannato al pagamento delle somme suddette con gl'interessi ed al risarcimento dei danni derivati dall'arbitraria risoluzione del contratto da liquidarsi in separata sede ed alle spese.

All'udienza del 16 marzo 1932 le parti conclusero nel modo surriferito.

Ciò premesso in fatto, si osserva in

### Diritto.

Che il convenuto fonda la sua difesa sul presupposto che coi contratti citati intervenuti tra il Comune e la Società questa siasi obbligata di praticare un prezzo unico costante per tutti gli utenti di energia elettrica della città e dei villaggi e che il solo fatto che in alcuno dei villaggi o in alcun punto della città la società fornisca l'energia a prezzo minore di quello stabilito con tutti gli altri utenti dia senz'altro a questi il diritto di ottenere la riduzione del prezzo al minimo di quello praticato con altri, e che, se a ciò non consenta, gli utenti abbiano diritto di non adempire le obbligazioni assunte in applicazione del noto principio *inadimplenti non est adimplendum*.

Di questo presupposto il convenuto non ha curato di dare la dimostrazione. Onde il Tribunale deve esaminare se esso abbia fondamento nei contratti di cui sopra.

Nel contratto del 27 febbraio 1925 reg. al n. 5375, all'art. 23 si legge:

« Energia ai privati: La S.M.I.E. si impegna di fornire nell'am-
« bito del piano regolatore e nelle strade dove essa avrà i propri
» distributori, l'energia elettrica per illuminazione ai privati
« utenti.... Si obbliga altresì di fornire nei limiti delle sue dispo-
« nibilità energia per forza motrice. I prezzi massimi e le
« condizioni di vendita oggi esistenti per la collettività degli
« utenti, vengono precisati in apposito prospetto, che forma
« parte integrante del presente contratto.

« Alla scadenza indicata all'art. 14 per la revisione del ca-
« none per la pubblica illuminazione, si potrà anche procedere,
« su richiesta di una delle parti (Comune o Società) alla revi-
« sione dei prezzi massimi di vendita dell'energia ai privati ».

Nell'allegato prospetto primo si legge:

« Utenti luce. Prezzo massimo, tasse escluse:

« L. 1,65 per kWh senza impiego di minimo consumo. Su que-
« sto prezzo vengono applicati sconti fino a ridurre il prezzo a
« L. 1,15 per kWh a seconda della potenza installata e della
« utilizzszione oraria.

« Per le grosse utenze vengono concordati sconti speciali
« variabili da caso a caso, che riducono sensibilmente il prezzo
« unitario forza motrice.

« Prezzo massimo per le piccole utenze senza garanzia di mi-
« nimo consumo, da L. 1 a L. 0,90 per kWh e per i pastifici e
« panifici da 0,90 a 0,85 per kWh.

« Su questi prezzi vengono applicati sconti fino a ridurre il
« prezzo a centesimi 50 per kWh a seconda della potenza instal-
« lata, dell'impegno di minima utilizzazione e dell'orario di
« esercizio.

« Alle grosse utenze con garanzia di minima utilizzazione
« vengono accordati sconti sino a ridurre il prezzo a cent. 25
« per kWh.

« Per le utenze che disimpegnano servizi pubblici i prezzi
« unitari subiscono ulteriore riduzione ».

Nell'allegato prospetto terzo, contenente le condizioni generali relative alla fornitura di energia elettrica, all'art. 1 si legge:

« La Società fornisce sulle proprie linee di distribuzione l'ener-
« gia elettrica a tutti coloro che ne facciano domanda e che
« provino di avere un impianto eseguito secondo le prescrizioni
« da essa società stabilite. È sempre fatta riserva alla società
« di accettare o meno la domanda dell'utente ».

All'art. 9 dello stesso allegato si legge:

« All'utente.... che non effettui in tempo utile i pagamenti
« stabiliti nei conti mensili, o comunque manchi ad una soltanto
« delle presenti condizioni la società avrà diritto di sospendere
« la fornitura dell'energia senza obbligo di preavviso, nè di messa
« in mora, nè di alcun atto giudiziale o stragiudiziale e senza
« diritto a nessun indennizzo a favore dell'utente e salvo sem-
« pre il diritto di rivalsa per maggiori danni e spese ».

All'art. 12 sta scritto:

« La Società ha il diritto esclusivo delle forniture di energia
« elettrica nei locali dell'utente: l'utente non può permettere
« l'esecuzione di altri impianti nè potrà riavere fornitura di
« energia nello stabile stesso da altra persona o ente produttore
« o fornitore di energia ».

All'art. 29 si legge:

« In base ai rilievi mensili desunti dal misuratore, la Società
« redigerà la fattura dell'energia elettrica consumata.

« Gli eventuali reclami non daranno in nessun caso diritto
« all'utente di differire il pagamento. Detta fattura dovrà
« essere pagata alla presentazione. Passati cinque giorni sarà
« sospesa la fornitura ».

All'art. 31:

« Tre mesi prima della scadenza della fornitura ognuna delle
« parti ha il diritto di denunziarla mediante lettera racco-
« mandata.

« In mancanza di tale denunzia, l'abbonamento s'intende
« rinnovato, salvo accordi speciali ».

Art. 32.

« La Società si riserva di stipulare accordi speciali, o a stra-
« satto per fornitura di energia ».

Che il convenuto ammette di non aver pagato l'energia consumata per l'ammontare chiesto dalla Società con la citazione in L. 15.151,15 ed a tale credito della Società oppone in linea di compensazione, oltre le lire tremila depositate presso la Società a titolo di anticipo sul consumo, altro credito di maggior somma di esso convenuto contro la Società per danni risentiti per diversi inadempimenti di obbligazioni contrattuali assunte dalla Società e che egli elenca come segue:

1) Violazione dell'obbligazione assunta dalla Società nei contratti col Comune di fornire ai privati l'energia elettrica a prezzo unico ed uguale per tutti gli enti di L. 1,65 per uso di luce e di L. 1, per uso di forza motrice per ogni kWh, prezzo da ridursi per le grosse utenze sino a L. 1,15 per la luce e a centesimi 25 per la forza motrice.

Assume il convenuto che la violazione cennata è stata commessa per averlo la Società costretto ad accettare il prezzo di L. 1,25 per la luce e di L. 0,73 per la forza motrice, con un minimo di kWh 750 mensili per la luce e di kWh 1050 mensili per forza motrice, mentre il « Bar Irrera » che lo Ziino assume di essere una grossa utenza uguale a quella del « Gran Bar » paga L. 1 per luce e L. 0,50 per forza motrice.

Aggiunge il convenuto che la violazione contrattuale commessa dalla Società deriva non solo dalla disparità di prezzo dell'energia fatta ai due esercizi suddetti, ma dal confronto tra i prezzi praticati al convenuto con quelli fatti a tutti gli utenti del villaggio Giampilieri che dal 1929 pagano L. 1,25 per luce e L. 0,60 per forza motrice.

2) Violazione dei due contratti tra il convenuto e la Società, in quanto questa che si era obbligata di dare la corrente per luce alla tensione di Volt 100 e quella per forza motrice alla tensione di Volt 260, nel novembre 1928, apportò tali modificazioni alla cabina di trasformazione di Piazza Cairoli per cui al Gran Bar l'energia per luce pervenne alla tensione di Volt 160 e quella per forza motrice alla tensione di Volt 310, il che apportò fulminamento di tutte le lampade costruite per la tensione di 150 e fulminamento delle resistenze di due macchine « Arduino » e di quella di una macchina « Condor ».

Il convenuto assume di avere perciò sofferto notevoli danni per essere stato costretto a fornirsi di lampade da 160 Volt, a far cambiare le resistenze delle macchine, e, prima che ciò avvenisse, a far impiantare un gasogeno a petrolio.

Assume ancora il convenuto che nel marzo 1931, mentre erano in corso trattative per la rinnovazione del contratto a migliori condizioni per l'utente, la Società abusivamente ed arbitrariamente diede ordine ai suoi impiegati, il 26 marzo detto, di staccare i fili portatori della corrente nei locali del Gran Bar, onde esso convenuto, per non sospendere l'esercizio del Bar, fu co-

stretto a servirsi dell'energia prodotta dalla Società Peloritana.

Che, come risulta dal patto sopra trascritto di cui all'art. 23 di uno dei contratti col Comune, la Società assunse l'obbligazione di osservare i prezzi massimi e le condizioni di vendita ai privati secondo gli allegati nell'ambito del piano regolatore di Messina.

Ora, per quanto non sia influente nella decisione della causa, il Tribunale ritiene tuttavia opportuno di chiarire che la collettività degli utenti di cui si parla nel citato articolo è quella della città nel centro urbano, compreso nell'ambito del piano regolatore.

Ciò è espressamente detto nel citato articolo, onde invano il contenuto adduce in suo favore quanto la Società ha praticato con gli utenti del villaggio Giampilieri.

Dall'articolo citato e dai prospetti contenenti i prezzi e le condizioni di vendita ai privati risulta che, quanto ai prezzi dell'energia, la Società, curando solo di non oltrepassare i prezzi massimi stabiliti, può praticare qualunque riduzione venga concordata di volta in volta tra essa e i singoli utenti.

Non vi è nel contenuto di tutti i contratti cennati un solo patto per cui possa ritenersi che, se la Società riduce i prezzi ad uno o a più degli utenti, tutti gli altri abbiano il diritto di ottenere simile riduzione.

Questa clausola « dell'utente più favorito » non solo non si trova nei contratti suddetti, ma diversi patti dei medesimi la escludono in maniera indubbia.

Invero, la riduzione «caso per caso» è incompatibile con una riduzione generale. Così pure lo stabilire dei « prezzi massimi » ha per implicito che vi siano dei prezzi minori.

Che la violazione dei patti riguardanti i prezzi dell'energia stabiliti dal Comune, che il convenuto addebita alla Società, oltre che essere esaminata, come si è fatto, con la interpretazione di essi secondo la lettera dei patti stessi e la intenzione dei contraenti, va anche guardata sotto un altro aspetto, e cioè quello della portata dei contratti tra il Comune e la Società in rapporto agli utenti, e della efficacia dei contratti tra la Società e i singoli utenti, quando eventualmente, vi siano patti non conformi a quelli stabiliti nei contratti col Comune.

Vi è chi ritiene che i patti stabiliti nei contratti col Comune a favore degli utenti debbano considerarsi come stipulazione a vantaggio di un terzo. Ma se così fosse, per la disposizione dell'art. 1128 C. C., la Società potrebbe revocare tale stipulazione prima che tutti gli abitanti del Comune avessero dichiarato di volerne profittare, ed i patti scritti a favore degli utenti non avrebbero alcun effetto pratico, nè il Comune potrebbe sostituirsi ai terzi a cui favore fu fatta la stipulazione per domandarne l'osservanza, perchè, sempre nei limiti del citato art. 1128, mancherebbe di interesse.

Ritiene, invece, il Collegio che, nei contratti tra la Società ed il Comune, gli utenti, che sono i cittadini del Comune stesso, debbano ritenersi rappresentati da questo, perchè il Comune è il naturale e legittimo rappresentante di tutti i cittadini quando si tratta della concessione di un servizio pubblico e della tutela dei loro interessi.

Sotto altro aspetto, ed a prescindere da questa forma di rappresentanza, può anche ritenersi che, trattandosi di disciplinare un servizio pubblico, il contratto tra la Società ed il Comune, approvato dalle autorità tutorie, diventi come un regolamento municipale di quel determinato servizio, di cui pertanto l'osservanza delle disposizioni può essere richiesta da chiunque vi abbia interesse.

Che, d'altronde, sia qualunque la figura giuridica nella quale si inquadrino i contratti suddetti tra la società ed il Comune, è certo che, per dottrina e giurisprudenza conformi, è riconosciuta l'efficacia di simili contratti a favore dei cittadini.

Le obbligazioni con essi assunte dalla Società possono avere un contenuto d'ordine pubblico, oppure no.

Sono, ad esempio, d'ordine pubblico quei patti che tendono a tutelare le persone e le cose dai danni che possono derivare dall'esercizio del servizio stesso, cioè dalla corrente elettrica, dal gas, ecc. mentre non sono tali quelli che hanno per fine di tutelare gli interessi dei privati nei rapporti economico-giuridici con la Società.

Dei patti che non sono di ordine pubblico i privati possono non avvalersi ed obbligarsi, ad esempio, a pagare alla Società un prezzo anche maggiore di quello previsto nei contratti tra Società e Comune.

Se contratti simili siano stati da privati validamente consentiti (cioè senza errore, violenza o dolo), non si vede perchè gli stessi non dovessero avere efficacia tra le parti contraenti.

La Suprema Corte, con sentenza n. 1372 del 20 aprile 1927, in causa Basilicò - Società Generale Elettrica della Sicilia, dopo avere affermato il principio che ogni nuovo utente di energia elettrica ha il diritto di pagarla a prezzo non superiore a quello massimo stabilito nella concessione fatta alla Società dal Comune, aggiunse che la Società può richiedere anche un prezzo superiore a tale massimo quando uno speciale vantaggio (dell'utente) ne giustifichi la richiesta.

Dalle considerazioni che precedono consegue che il convenuto, nei rapporti del quale i prezzi dell'energia furono stabiliti in misura inferiore al massimo di cui nei contratti col Comune, invano adduce maggiori riduzioni concesse dalla Società ad altri utenti, per ottenere uguali riduzioni, perchè egli è vincolato dalla forza obbligatoria dei contratti da lui stipulati con la Società riguardo ai quali non ha fatto valere alcuna azione di annullamento per vizio di consenso.

Che ciò stante, la richiesta di provare con testimoni i fatti che il convenuto ha elencato alle lettere *a, b, c, d, e,* del capitolato di prova non può essere accolta, perchè, a prescindere che i fatti che si chiede di provare non sono negati dalla Società, e quindi debbono ritenersi come ammessi, i fatti medesimi, per le ragioni di cui sopra, non possono avere alcuna influenza nella decisione di questa causa.

Così il fatto articolato *sub a,* che riguarda la « generalità degli abitanti di Giampilieri » villaggio che è fuori dell'ambito del piano regolatore, non può influire nei contratti tra la Società e gli utenti del centro urbano, perchè l'ambito del piano regolatore circoscrive, escludendone i villaggi, i luoghi in cui possono avere applicazioni i patti contenenti nell'art. 23 dei contratto col Comune reg. al n. 5375.

Del pari, i fatti indicati *sub b,* e *sub c,* cioè che al Bar Irrera e ad altri utenti della città la Società fa pagare l'energia a prezzi minori di quelli del Gran Bar, non hanno importanza, mancando, come si è osservato, in tutti i contratti suddetti la clausola « dell'utente più favorito » ed a prescindere che la violazione, validamente consentita tra le parti, del prezzo massimo stabilito dal Comune sarebbe valida per le ragioni sopra esposte.

I fatti di cui agli articoli di prova *sub d,* ed *e,* cioè che non ostante le proteste del Gran Bar la Società non volle ribassargli i prezzi, non hanno, di conseguenza, alcuna importanza.

Non ha nemmeno importanza lo accertare (oggetto dell'articolo di prova *sub g*) a quali prezzi la Società Elettrica Peloritana faccia pagare l'energia al Gran Bar, e quindi il relativo articolato di prova non è da ammettere.

Il fatto indicato *sub h,* costituisce ammissione del convenuto che sia stato egli, per mezzo della Società Peloritana, e non la Società attrice, a distaccare dall'impianto elettrico del Gran Bar i fili conduttori dell'energia fornita dall'attrice ed a farvi sostituire quella fornita dalla Peloritana. In ciò l'ammissione del convenuto è conforme all'assunto dell'attrice, epperò è inutile ammettere la prova di tal fatto. Che, prima di ammettere la prova del solo punto controverso del fatto indicato *sub h,* e cioè, se la Società attrice abbia dato, oppur no, ai suoi dipendenti l'ordine di staccare detti fili, occorre esaminare, il che infra sarà fatto, se la Società abbia il diritto di troncare la somministrazione dell'energia all'utente che non abbia adempito le sue obbligazioni. Cosicchè i fatti di cui nell'articolo di prova *sub h,* portano ad esaminare due questioni di diritto controverse tra le parti, e cioè se siano validi i patti contrattuali con i quali (patto VI) l'utente si obbligò per tutta la durata del contratto con la Società « a non fornirsi di altra energia elettrica all'infuori di quella vendutagli dalla S.M.I.E. » e concesse (patto XI) alla Società per qualsiasi inadempimento contrattuale, compreso il ritardo del pagamento di un solo mensile per oltre cinque giorni « facoltà di staccare l'utente dalla sua (della Società) rete senza bisogno di alcuna pronunzia giudiziale ».

Pel primo dei patti cennati la società diventò esclusiva fornitrice dell'utente durante la durata del contratto.

Non occorre qui ricercare le ragioni economiche, d'altronde facilmente intuitive, di un tale patto, che è di uso generale in contratti simili.

Dal punto di vista giuridico, è appena da ricordare che la sua liceità è universalmente riconosciuta dalla dottrina e dalla giurisprudenza quando sia limitato nel tempo e nello spazio.

Basta ricordare tra le sentenze più recenti. Cass. 20 aprile 1929 Cuniberti Soc. Forze Idrauliche Alto Po, in *Dir. Comm.* I, 310, 25 maggio 1929 Cuniberti Soc. S. S. « Alto Po » in *Giur. Ital.*, 362, 19 febbraio 1931. Soc. An. Industria Elettrica Scledense - Romagna, sentenza n. 585.

Con quest'ultima sentenza la Corte suprema cassò quella della Corte di Venezia del 17 gennaio 1930, che aveva ritenuto che un tale patto fosse « contrario alla pubblica economia, e quindi all'ordine pubblico ».

La Corte Suprema, con la citata sentenza e con altre ha ampiamente dimostrato che il « patto di esclusiva » è di vantaggio non di nocumento alla pubblica economia, perchè non sarebbe possibile, senza un tal patto cautelativo, l'esercizio di molte utili industrie che richiedono grandi spese di impianto. Comunque

basterebbe che dal punto di vista dell'economia nazionale la soluzione di una simile questione fosse soltanto dubbia, perchè nel dubbio dovesse ritenersi la validità del patto non essendo lecito di elevare a ragioni di ordine pubblico motivi incerti di economia, al fine di annullare un contratto. Sotto altro aspetto, per il nostro diritto pubblico non può considerarsi un tal patto, che riguarda l'acquisto di cose, come violatore della libertà individuale, quando il codice civile (art. 1628) permette la locazione della propria opera all'altrui servizio per un tempo determinato.

Il patto in esame non attiene nemmeno alla causa del contratto, perchè questa, nella specie, consiste nelle intenzioni reciproche delle parti di conseguire le scambievoli prestazioni (energia e prezzo), ma riguarda proprio l'oggetto del contratto. Ed allora è inutile parlare della violazione della libertà individuale, perchè se tal violazione vi fosse, riguarderebbe il consenso e nessun vizio di esso è stato addotto dal convenuto per chiedere l'annullamento del contratto. Va appena ricordato che la Società civile e l'ordinamento giuridico producono necessariamente limitazioni alla libertà individuale, che non può essere concepita in senso astratto ed assoluto, limitazioni che, sia nel campo del diritto pubblico che del diritto privato, aumentano col progredire della civiltà e col moltiplicarsi dei rapporti tra gli uomini, e costituiscono l'essenza stessa del diritto: *hominis ad hominem proportio*, proporzione che importa limitazione di quantità, niente in più, niente in meno.

Quanto al patto per cui la Società possa troncare la somministrazione delle cose senza autorizzazione giudiziale, nei contratti di fornitura di energia elettrica, gas, acqua, calore, ecc. esso è di uso comune e ne è stata riconosciuta la validità della dottrina e dalla giurisprudenza (Appello Torino, 7 maggio 1928, Milano-Società Elettrica Alta Italia, in *Giur. Torinese*, 1432).

Che tal patto non sia ritenuto contrario all'ordine pubblico, nè come avente un contenuto arbitrario contro la inviolabilità della proprietà e del possesso altrui (inviolabilità che, d'altronde, sia per lo Statuto del Regno, art. 29 capoverso, sia per il codice civile, art. 436, è soggetta a limitazioni) può desumersi dal fatto che moltissimi comuni, con le debite approvazioni, lo hanno inserito nei contratti di somministrazione di acqua potabile ai cittadini ed in pratica, come è noto, ne fanno larghissimo uso.

Ma se anche un tal patto non fosse scritto nei contratti di somministrazione di cose, il fornitore avrebbe sempre il diritto, per l'inadempimento del compratore alla sua obbligazione principale, quella di pagare il prezzo delle cose già ricevute, di sospendere la somministrazione avvalendosi del noto principio: *inadimplenti non est adimplendum*.

Nella vendita di cose mobili è riconosciuto dalla legge il diritto del venditore di non consegnare la cosa se non contro pagamento del prezzo (art. 1512 C. C. 67, 68 Cod. Com.).

Nelle vendite a consegne ripartite la giurisprudenza, anche nei casi in cui manchi un patto speciale, ha largamente riconosciuto il diritto del venditore di sospendere le consegne, quando le cose consegnate non siano state ancora pagate. (Fra tante: Cass. 30 maggio 1928, Bordazza-Tosca, sentenza n. 1387).

Il contratto di somministrazione è affine a quello di vendita a consegne ripartite e il principio: *inadimplenti* ecc. non può non applicarsi anche al contratto di somministrazione.

Nella specie vi è stato il patto liberamente consentito, onde l'utente invano parla di violazione del proprio possesso.

È da por mente che la rete della Società è esterna e i fili di essa vengono nei singoli casi, innestati a quelli dell'impianto interno dell'utente. Se, dunque, sino al punto d'innesto le condutture sono in possesso della Società, questa, senza possibilità di violare un possesso altrui, che sulle condutture della Società non esiste, può distaccarle.

Il possesso delle condutture proprie rimane all'utente, tanto che, nella specie il convenuto ha potuto immettervi energia fornita da altra Società, senza violare il possesso dell'attrice sulla propria rete.

Non è possibile sotto altro aspetto, parlare di un violento spoglio di possesso della somministrazione all'utente perchè le cose da somministrare sinchè non siano somministrate, cioè sinchè non passano nelle condutture dell'utente, non possono dirsi essere in possesso di questo, perchè del possesso mancherebbe almeno uno degli elementi costitutivi, cioè la detenzione, che l'utente delle cose ancora non somministrate, non ha nè direttamente nè per mezzo di altri che le detenga in suo nome, perchè si tratta di cose non ancora individuate e la cui individuazione avviene mediante il passaggio di esse attraverso il misuratore, perchè è allora soltanto che vengono staccate dalla massa (art. 1450 C. C.). Cosicchè si rivela dalle considerazioni che precedono che lo scopo del patto in esame da parte della Società non è stato quello di poter troncare la somministrazione senza violare l'altrui possesso, stante il consenso preventivo del possessore, perchè, si ripete, la Società è nel possesso della propria rete, ma è stato quello di esimersi da qualsiasi responsabilità per danni che potesse derivare a favore dell'utente per la sospensione della somministrazione di energia (art. 1450 ultima parte C. C.).

Per queste considerazioni è inutile ammettere la prova chiesta dal convenuto che nel marzo 1931 la società diede ordine ai suoi dipendenti di togliere l'attacco della propria rete all'impianto del convenuto, perchè, se pur la Società avesse dato tale ordine, era nel diritto di darli, ed anche se fosse stato eseguito, il convenuto non avrebbe potuto domandare risarcimento di danni nè ritenersi liberato dall'obbligazione assunta di non immettere nei suoi locali e nelle proprie condutture energia fornita da altri.

Che col patto VI dei contratti tra le parti in causa, fu stabilito che le convenzioni si dovessero ritenere tacitamente rinnovate se tre mesi prima della scadenza non fosse data disdetta per lettera raccomandata.

Quando la Società il 13 aprile 1931 istituì questo giudizio i due contratti suddetti andavano a scadere l'uno il 16 novembre e l'altro il 30 dicembre del medesimo anno.

Sinora nessuna delle parti ha disdetto il contratto « per lettera raccomandata ». Dall'esame di tutto il contratto è da dedurre che questo mezzo non fu ritenuto dai contraenti come formalità essenziale, cosicchè, ad esempio, dovesse considerarsi come nulla la disdetta data in tempo con atto di uffiziale giudiziario, ma fu indicato come uno dei modi sicuri usati nei rapporti commerciali per dichiarare all'altra parte la propria volontà.

Ammesso, perciò, che la disdetta, oltre che con la raccomandata potesse darsi con mezzi equipollenti, appare manifesto che, istituito questo giudizio col quale la Società addebita al convenuto di avere sciolto abusivamente e di suo arbitrio i contratti in corso, è da ritenersi avvenuta in modo adeguato la comunicazione della intenzione del convenuto di non intendere più rinnovare i contratti alla scadenza.

Epperò, per quanto attiene allo esame delle responsabilità dei contraenti per inadempimento dei contratti lo esame stesso va limitato al tempo nel quale i contratti rimasero in vigore.

Fermato, adunque, che il convenuto è obbligato ad eseguire il contratto relativo all'energia per luce sino al 16 novembre 1931 e per l'altro contratto sino al 30 dicembre stesso anno, consegue che egli al momento in cui tolse gli attacchi dei suoi impianti dalla rete della Società attrice, ed usò, contro il patto di esclusiva, di energia fornita da altri, deve rispondere dei danni cagionati alla società per l'uno e per l'altro inadempimento entro i limiti di tempo succennati.

Egli coi patti di cui al N. VII dei contratti con la Società attrice si era obbligato ad un minimo consumo mensile di energia luce per l'importo di L. 937,50 e di energia per forza motrice per L. 766,50. Sono patti leciti e validi previsti perfino nel prospetto dei prezzi allegato al contratto col Comune reg. al n. 5375, prospetto che espressamente prevede « l'impegno di minimo consumo » o « di minima utilizzazione ».

In virtù di tali patti il convenuto è obbligato di pagare i minimi mensili di consumo anche quando nessuna quantità di energia avesse consumato in tal tempo.

Tali minimi ascendono, dal 16 aprile al 16 novembre 1931, per la luce a L. 7500 e dal 30 aprile al 30 dicembre 1931 per la forza motrice a L. 6898, in tutto L. 14.398,50.

Può essere adunque accolta la domanda della Società di provvisionale sui danni in L. 12.584,50 perchè la liquidazione definitiva, da farsi, come si chiede, in separata sede, non potrà essere minore di tale cifra essendo L. 14.398,50 dovute pei minimi consumi mensili. Che dall'essere stato ritenuto come sopra che le parti sono state vincolate dai contratti suddetti per l'uno sino al 16 novembre 1931 e per l'altro sino al 30 dicembre stesso anno, discende come altra conseguenza che non occorre esaminare se sia fondata nei contratti suddetti la domanda della Società di essere autorizzata a staccare i fili conduttori dell'energia della Peloritana e attaccare i propri agli impianti del Gran Bar, perchè la dimanda stessa non può essere accolta, anche nella ipotesi che fosse riconosciuto alla Società istante il diritto di eseguire un tale distacco, perchè i contratti tra le parti in causa sono cessati per decorso del tempo in cui erano stati fatti, e perciò il convenuto può bene ora (dopo il 16 novembre ed il 30 dicembre 1931) servirsi dell'energia fornita da chiunque altro.

È appena poi da rilevare che per l'esame di tale domanda occorrerebbe il contraddittorio della Peloritana, perchè è in suo danno che si chiede il distacco dei fili portatori dell'energia da essa fornita.

Che il convenuto assume che esso è creditore della Società per lire trentamila quale ammontare dei danni da lui sofferti per inadempimenti contrattuali della Società.

Chiede la dichiarazione giudiziale di tale suo credito, lo oppone per la parte concorrente, in compensazione col credito della

Società e per la differenza a suo favore, chiede che la società sia condannata al pagamento.

Che sia come domanda di compensazione, sia come domanda riconvenzionale per l'eccedenza del credito, le due domande sono ammissibili per le disposizioni dell'art. 100 C.P.C.

Occorre, quindi, esaminarle nel merito.

Il convenuto assume essergli i danni asserti derivati da due distinti inadempimenti contrattuali della società; e cioè dall'avergli la Società fatto pagare l'energia a prezzi più cari che non avesse dovuto usargli, e dal 'avergli la Società nel novembre 1928, somministrato energia ad una tensione superiore a quella convenuta.

Il primo dei due asserti inadempimenti della Società è già stato dimostrato infondato, in fatto ed in diritto, per le ragioni sopra esposte che qui non occorre ripetere. Il relativo capo di domanda va pertanto respinto.

Quanto al secondo asserto inadempimento, per darne la dimostrazione, il convenuto ha chiesto di provare con testimoni (art. di prova *sub f*) che « a causa dei lavori di trasformazione alla cabina di Piazza Cairoli fatti dalla Società nel novembre 1928 » sofferse il fulminamento di tutte le lampadine e delle resistenze delle macchine, onde dovette fornirsi « di lampade Osram di maggiore costo », far sostituire le resistenze e servirsi temporaneamente di un gasogeno.

Non è il caso di esaminare se questa azione prodotta dal convenuto sia redibitoria o contrattuale perchè la Società non ha assunto che si tratti di azione edilizia nè ha eccepito la decadenza di cui all'art. 1505 C. C.

La indagine nella specie non è nemmeno da farsi di ufficio al fine che, nel caso si tratti di vizio occulto e non di *aliud pro alio*, sia da ricercare se il venditore avesse conosciuto, come afferma il convenuto, i vizi della cosa, elemento questo essenziale per farsi luogo al risarcimento dei danni ai sensi dell'art. 1502.

Ciò perchè sotto la denominazione di danni il convenuto ha chiesto soltanto il rimborso delle spese fatte per causa della vendita spese che per l'art. 1503 C. C. sono dovute anche nel caso di buona fede del venditore.

Che sia, comunque, l'azione prodotta edilizia o contrattuale, va subito rilevato che per quanto si riferisce alla tensione dell'energia per luce la domanda del convenuto è destituita di fondamento e va rigettata.

Invero, il convenuto assume che la energia a tensione superiore a quella pattuita fu fornita nel novembre 1928, in occasione della trasformazione della cabina di Piazza Cairoli.

Trattasi, quindi di un fatto transitorio e non duraturo. Or, col contratto per fornitura di energia per luce al convenuto, fu espressamente prevista una tolleranza del dieci per cento in più o in meno, come possibile variazione di tensione.

Questa per l'energia luce avrebbe perciò potuto transitoriamente essere portata a Volt 166, senza che, ciò facendo, la Società avesse violato il contratto.

Non può adunque il convenuto lamentarsi se la tensione dell'energia luce raggiunge nell'occasione suddetta Volt 160.

Che per l'energia per forza motrice fu stabilita una tolleranza dal 15 per cento, il che importa che la Società avrebbe potuto temporaneamente portare la tensione a Volt 299.

Il convenuto assume che nella cennata occasione la tensione raggiunse Volt 310.

Or con l'articolo di prova proposto il convenuto non tende a provare direttamente ciò, ma a dedurlo dal fatto del fulminamento delle resistenze delle due macchine.

Questo rapporto da effetto a causa, nella specie, è tutt'altro che sicuro, perchè il fulminamento delle resistenze può essere avvenuto per altre cause, ad esempio logoramento per lungo uso delle resistenze stesse, insufficienza di queste a resistere a tensioni anche di poco superiori a duecentosessanta Volt ecc.

È noto che la misurazione di energia elettrica è una operazione delicata che va fatta con appositi strumenti.

Il convenuto avrebbe dovuto, appena avvenuto il danno che lamenta, farne accertare le cause con una perizia.

Oggi, a quattro anni circa dal fatto, non può accertarsi se vi fosse stato l'eccesso di tensione asserito che si riduce a meno del 4 % (tale è la differenza tra Volt 299 e 310) sulla tensione massima consentita in via transitoria dal contratto.

Non può nemmeno disporsi una perizia perchè l'elevamento della tensione, se pur vi fu, fu transitorio e non ha lasciato tracce.

La prova offerta adunque è inadeguata al fine cui tende e non è da ammettere.

La relativa domanda per difetto di prova va rigettata.

Che, come si è cennato in principio, il convenuto ha opposto in compensazione al credito della Società, oltre i danni di cui sopra, anche il suo credito di L. 3000 nascente dal deposito da lui fatto presso la Società a titolo di anticipo sul consumo.

Tale veramente risulta dai contratti e dai medesimi non sorge che il deposito sia stato vincolato ad alcun'altra obbligazione del convenuto.

La somma depositata non può servire per anticipo sul consumo perchè i due contratti tra le parti hanno avuto fine per decorso di tempo.

Epperò per il detto credito del convenuto è avvenuta una compensazione legale col maggior credito dell'attrice da quando i due contratti suddetti cessarono di aver vigore, e cioè per L. 2000 il 17 novembre 1931 e per L. 1000 il 31 dicembre stesso anno.

Tale compensazione va dichiarata.

Che la società sui suoi crediti ha chiesto gl'interessi della domanda. Per quelli già scaduti a tal tempo (L. 15.151,15) nessun dubbio.

Per quelli derivanti dai minimi di consumo scaduti dopo la domanda decorrono dalla data di ciascuna scadenza mensile.

Che è di evidenza che la violazione del patto di esclusiva commessa dal convenuto ha arrecato alla Società dei danni, tra i quali sono quelli del mancato introito che la Società ha avuto del prezzo della energia che, senza la violazione del contratto, il convenuto avrebbe dovuto acquistare dalla società.

Tali danni vanno liquidati, come richiede, in separata sede.

Che la soccombenza è titolo per le spese.

Che può concedersi l'esecuzione provvisoria e, nella specie, è giusto di concederla perchè trattasi di pagamento di prezzo di merce (energia elettrica) ricevuta e consumata da oltre un anno.

P. Q. M. (*omissis*).

NOTA

(1) È notevole la suestesa sentenza del Tribunale di Messina per la diligenza e la ampiezza con le quali molte fra le principali questioni in materia di fornitura di energia elettrica sono state affrontate e risolte. Ed alle massime adottate, conformi anche alla prevalente giurisprudenza, non si può che assentire.

Per quanto concerne la inammissibilità della tutela possessoria dell'utente cui sia sospesa la fornitura, si veda, in questo stesso fascicolo, la sentenza del Pretore di Terni, che segue, con la nota di richiamo.

Per quanto concerne la liquidazione dei danni sulla base dei minimi di consumo contrattualmente fissati, si vedano da ultimo, in questa stessa Rivista: nel fascicolo di marzo 1931 a pag. 244, le sentenze 8-16 maggio 1930 e 3-16 maggio 1930 della Corte d'Appello di Milano, con le note di richiamo — nel fascicolo di maggio 1931, a pag. 429, la sentenza 12-30 aprile 1931 del Tribunale di Parma — nel fascicolo di settembre 1931 a pag. 802, la sentenza 1º maggio 1931 della Corte di Appello di Milano.

**Elettrodotto - Denuncia di nuova opera - Sospensione - Procedimento.**

MASSIMA

*Il proprietario di un elettrodotto può valersi della procedura possessoria per denunzia di nuova opera, allo scopo di sospendere la esecuzione di altro elettrodotto dal quale abbia ragione di ritenere sia per derivare danno al proprio impianto priormente installato* (1).

*Il provvedimento di sospensione emanato dal Pretore ai sensi dell'art.* 698 *Cod. Civ., implicando esercizio di un potere squisitamente discrezionale, non è soggetto ad un provvedimento di conferma o revoca da parte del magistrato competente per il merito.*

*Tale provvedimento di conferma non è chiedibile con azione a sè stante, potendo essere conseguenza soltanto del giudizio petitorio e di cognizione, in seguito alla valutazione integrale delle ragioni di merito.*

Appello Venezia, 22 dicembre 1931-15 gennaio 1932, Pres. Zanni, Est. Colagrosso, in causa INDUSTRIA ELETTRICA SCLEDENSE (Avv.ti Fano e Rizzoli) c. ENTE AUTONOMO FORZE IDRAULICHE ADIGE GARDA (Avv.ti Levi e Dal Savio).

FATTO

Con ricorso 24 ottobre 1929 per denuncia di nuova opera e di danno temuto, la Società Industria Elettrica Scledense esponeva al Pretore di Schio che essa fin dal 1898 ed in base a regolari concessioni distribuiva la energia elettrica per illuminazione e per forza motrice nel Comune di Schio; che, in quei

giorni, l'Ente Autonomo Forze Idrauliche Adige-Garda aveva iniziato la costruzione di una linea a bassa tensione nell'interno dell'abitato di Schio, mediante la posa della linea stessa, che dai pressi della Piazzetta S. Giovanni si porta oltre la Piazza Garibaldi incrociando le condutture della ricorrente all'altezza di Via Cavour, via Umberto I e Via Garibaldi; che per detti lavori l'Ente Adige-Garda aveva impiegato del materiale del tutto inadeguato e, cioè della treccia di rame di 150 millimetri quadrati, appoggiata a sostegni, ganci ed isolatori di scarsissima resistenza e tale da far prevedere da un momento all'altro una caduta del filo sulla conduttura della Scledense, con conseguente abbruciamento dei trasformatori di proprietà della stessa, con pericolo e danno alle persone e alle cose; che, inoltre, l'Ente Adige-Garda mancava della necessaria autorizzazione per stendere la conduttura elettrica a bassa tensione, perchè non erano peranco state date, secondo legge, dal Genio Civile le provvidenze da osservarsi per la regolare esecuzione dei lavori.

Ciò premesso, la Industria Elettrica Scledense chiedeva allo adito Pretore che, a norma degli articoli 698-699 Cod. Civ. ordinasse la sospensione dei lavori intrapresi dall'Ente Adige-Garda per la costruzione della rete a bassa tensione nell'abitato del Comune di Schio», fino a pronuncia definitiva dell'autorità giudiziaria.

Il Pretore, con provvedimento dello stesso giorno, ordinava l'accesso sul luogo delle opere denunciate allo scopo di verificare lo stato delle cose con l'assistenza delle parti e di un perito, nominato nella persona dell'Ing. Domenico Greselin.

L'accesso seguiva il 29 stesso ottobre in presenza delle parti e del perito, ed, in esito alle sue risultanze, il Pretore « ritenuto che in parte i lavori, a giudizio del perito, non sarebbero stati eseguiti secondo le rigorose prescrizioni regolamentari e che, in qualche parte, presenterebbero delle deficenze; considerato, altresì, che i lavori vennero iniziati, senza la autorizzazione delle Autorità competenti », ordinava alla Società Adige-Garda di sospendere i lavori iniziati, inibendo alla stessa la prosecuzione dei lavori medesimi e mandando le parti a provvedersi dinanzi all'Autorità competente a' sensi di legge. In relazione a tale provvedimento la S.I.E.S., con citazione 8 novembre 1929, conveniva avanti il Tribunale di Vicenza l'Ente Adige-Garda per sentirsi confermare l'ordine dato dal Pretore e dare, ad un tempo, tutte le necessarie provvidenze onde evitare danni ai propri impianti, con la condanna della Società convenuta al risarcimento del danno, conseguente al suo arbitrario procedere, da liquidarsi in separata sede, oltre al pagamento delle spese. Conviene ricordare che, in data 12 dicembre 1929, la I.E.S. aveva nuovamente ricorso al Pretore di Schio perchè vietasse all'Ente Adige-Garda di continuare i lavori che essa asseriva essere stati proseguiti in ispregio dell'ordine di sospensione; che il Pretore fissò nuovo sopraluogo con altro perito; che però nelle more, avendo l'Ente Adige-Garda notificato alla S.I.E.S. decreto 14 dicembre 1929 del Pretore di Vicenza che lo autorizzava a costruire linee elettriche nell'interesse della città di Schio per la distribuzione di energia a bassa tensione, la stessa Società « Scledense » dichiarava di rinunciare alla procedura iniziata col suddetto secondo ricorso e di tale rinuncia prendeva atto la controparte. È da soggiungere, infine, che con citazione 10 febbraio 1930, la I.E. Scledense convenne l'Ente Adige-Garda avanti lo stesso Pretore di Schio, per ottenere la rimessione in pristino stato dei lavori da esso proseguiti in preteso spreto dell'ordine di sospensione dalla Piazza Garibaldi a Via Pasubio e Via Rovereto di Schio e che il relativo giudizio fu definito per sentenza 10 giugno 1930, colla quale il Pretore respingeva la domanda proposta dalla Società attrice. Costituitosi il contraddittorio, la convenuta chiedeva il rigetto delle domande attrici, le quali erano formulate nel senso dell'ammissione di una prova per interpello e per testi sugli stessi capitoli riproposti in questa sede, e di una perizia diretta ad accertare se i corti circuiti, le interruzioni e i danni lamentati furono determinati dai lavori intrapresi dalla convenuta e per quale causa.

L'adito Tribunale, con sentenza 2-7 novembre 1930, respinse le domande attrici, con la condanna alle spese. Avverso tale sentenza la Società Scledense propose appello, e, all'udienza di discussione, i procuratori delle parti prendevano le conclusioni innanzi trascritte.

### Diritto

Osserva la Corte che l'appellante ebbe a dedurre in giudizio, dinanzi al Tribunale, una duplice domanda: quella di conferma del provvedimento del Pretore di Schio, e l'altra di richiesta di tutte le necessarie provvidenze, all'oggetto di evitare i danni ai suoi impianti, affermando, nel contempo, l'obbligo giuridico della convenuta alla rifusione dei danni conseguenti al suo arbitrario procedere. I primi Giudici rigettarono la prima istanza considerando come di fronte alla speciale natura del giudizio di denuncia di nuova opera o danno temuto, dovesse ritenersi giuridicamente infondata la domanda, come formulata, di conferma immediata del provvedimento pretoriale di sospensione dei lavori. L'appello che investe innanzi tutto, tale punto della sentenza, presentasi sfornito di giuridica consistenza. Ed invero, è principio ricevuto in dottrina e giurisprudenza che, data la essenza del giudizio di enunciazione di nuova opera, il quale ha una funzione del tutto assicurativa, di natura similiare al rimedio del sequestro, con finalità schiettamente provvisorie e contingenti, e nel quale il Pretore esplica un potere squisitamente discrezionale, non possa esservi margine per un giudizio immediato di conferma o di revoca da parte del Magistrato competente per il merito.

La conferma o l'annullamento del provvedimento contingibile ed urgente emesso dal Pretore, perciò, se può essere una conseguenza diretta del giudizio di merito, in esito alla integrale valutazione della posizione delle parti, non può, invece, costituire l'obbietto immediato ed autonomo di una pronuncia del Giudice di merito. Pertanto, se, nel caso concreto, non si era ancora proceduto alla disamina di tutta la posizione di merito, la quale non poteva avvenire se non in seguito ad una congrua istruttoria, è manifesto come il Tribunale non avesse potestà alcuna di confermare o revocare *hic et nunc*, il provvedimento del Pretore, appunto perchè ogni decisione al riguardo non poteva essere che un puro e conseguenziale risultato della disamina di merito. Per converso, pienamente fondato si palesa l'appello per quanto ha tratto al secondo punto. Il tribunale ritenne inammissibile la prova per interpello e per testimoni formulata dall'attrice, movendo dal presupposto che le dedotte circostanze fossero diverse da quelle denunciate al Pretore col ricorso 24 ottobre 1929 e che per di più si identificassero con quelle già prese in esame dal Pretore, nel giudizio iniziato con la citazione 10 febbraio 1930 e chiuso con la sentenza di rigetto 10 giugno 1930, passata in giudicato. Da tali elementi di fatto i primi Giudici dedussero la illazione che il proposto probatorio non fosse in correlazione, nè logica, nè giuridica col contenuto della citazione introduttiva 8 novembre 1929, intimamente connessa col ricorso 24 ottobre 1929 e che, inoltre, tale probatorio non potesse esser preso in esame, neppure agli effetti del risarcimento dei danni, dato che l'obbietto del giudizio instaurato atteneva essenzialmente alle violazioni del diritto di proprietà e ai correlativi provvedimenti. Ora, a dimostrare la infondatezza di tali argomentazioni, è sufficente il richiamo alla precisa situazione di fatto. Posto che, in giudizio, risultavano processualmente accertati i due elementi del diritto di proprietà e di possesso degli impianti da parte dell'attrice e quello della priorità; e, posto pure che la pretesa attrice si fondava sul contenuto delle speciali disposizioni di legge in materia di trasmissione a distanza delle correnti elettriche e, segnatamente, sull'art. 13 1° capoverso del regolamento 25 ottobre 1895 N. 642 alla legge 7 giugno 1894 N. 232, è manifesto come l'unica ricerca da attuarsi, fosse quella relativa al punto se la dedotta istruttoria apparisse concludente in rapporto a tali norme di diritto e al *petitum* giudiziale. In sostanza, l'attrice, col suo probatorio, mirava a dimostrare come, da parte della convenuta, proprietaria di un impianto nuovo, non fossero state osservate quelle cautele necessarie a rendere possibile il regolare esercizio dell'impianto preesistente di essa attrice, e come i fatti dannosi lamentati non fossero che la conseguenza di quella omissione di cautele già denunziata col ricorso 24 ottobre 1929. Tale ultima circostanza appare indubbia, quando si faccia capo al contenuto del ricorso, ove appunto si legge che « il pericolo sarebbe divenuto anche più grave con la prosecuzione dei lavori verso l'abitato di *Via Pasubio* dove la rete di distribuzione è più complessa e dove, quindi, potranno moltiplicarsi gli incidenti, quando non siano rigorosamente osservate le necessarie previdenze ».

Se, quindi, l'attrice fin dall'inizio del suo *iter* processuale ebbe ad insorgere contro l'ammissione delle prescritte cautele, se, per tale fatto ottenne decreto di sospensione delle opere, e se, poi, con la citazione introduttiva, chiese l'emanazione degli opportuni provvedimenti, chiedendo di provare che precisamente per effetto di tale omissione, ebbero a verificarsi dei danni, non può contestarsi che quelli indicati nel probatorio, anche se cronologicamente posteriori alla citazione, si riferissero tuttavia ad una situazione di fatto già dedotta in giudizio. Tale verità si rende, poi, ancor più manifesta, quando si consideri che i guasti e i danni ebbero a verificarsi precisamente nella *Piazzetta Garibaldi* e *Via Pasini*, dove i lavori erano stati sospesi dal Pretore e quindi lungo la *Via Pasubio*, dove vennero continuati, non ostante l'inibitoria pretoriale, e quando si consideri, altresì, che i danni temuti in data 24 ottobre 1929 non potevano materialmente verificarsi che in un tempo successivo e, cioè, non appena sarebbe stata immessa la corrente elettrica attraverso la conduttura.

Ciò stante, il motivo addotto dai primi Giudici per negare l'ingresso alla chiesta istruttoria, e cioè, che i dedotti fatti fossero

diversi da quelli denunciati nel ricorso 24 ottobre 1929 e nella citazione 8 novembre 1929, non ha giuridica consistenza, perchè la intelligenza dei dedotti capitoli sta a dimostrare come essi rientrassero, propriamente, dal lato logico e giuridico, nell'ambito del *petitum* giudiziale. Nè poteva ostare a tale ammissione il fatto che, in gran parte, tali capitoli erano stati dedotti nel giudizio pretoriale, diretto ad ottenere la rimessione in pristino stato delle opere proseguite dopo il provvedimento 29 ottobre 1929, giacchè è decisivo il riflesso che il giudizio pretoriale e quello per cui è appello, hanno finalità manifestamente differenti, e che, dal lato processuale, non è inibito di utilizzare lo stesso sistema e lo stesso contenuto probatorio per conseguire due distinti scopi. Pertanto, ravvisandosi la perfetta concludenza della chiesta prova per interpello e per testimoni, come di quella peritale (interamente dimenticata dai primi Giudici), devesi in riforma della reclamata sentenza, far adito a tutta la chiesta istruttoria. Nè, infine, ha valore la eccezione dedotta, in questa sede, dall'appellata Società circa la carenza di azione nell'appellante per il fatto che, in seguito alla convenzione 27 ottobre 1930 (reg. a Schio il 9 gennaio 1931 al N. 745), essa appellante sarebbe divenuta proprietaria di tutta la rete *de qua*, poichè vale, in contrario, la considerazione che manca la prova circa il punto se, in tale convenzione, sia propriamente compresa la rete in contrasto, a prescindere poi dal rilievo che ignorasi se siasi verificato il riscatto di cui all'art. 3° del contratto. Ritenuto che la causa va rimessa per l'ulteriore suo corso, dinanzi all'autorità giudiziaria di primo grado (art. 492 Cod. Proc. Civ.) la quale, nel definitivo, giudicherà anche circa le spese di questo grado di giudizio.

P. Q. M. (*omissis*).

NOTA

(1) Circa la ammissibilità del rimedio possessorio della denunzia di nuova opera, in caso analogo a quello contemplato dalla sentenza annotata, si veda la sentenza 27 dicembre 1930 del Pretore di Mantova, in questa Rivista, fascicolo di Aprile 1931, pag. 339.

**Fornitura di energia elettrica - Sospensione - Azione possessoria - Inammissibilità.**

MASSIMA

*All'utente di una fornitura di energia elettrica cui venga sospesa la fornitura dell'energia mediante il taglio dei fili adduttori dell'energia stessa, non è consentito esperire la azione possessoria di reintegrazione per ottenere il ripristino del precedente stato di fatto, non avendo egli il possesso della energia non ancora fornitagli, e non essendo concessa una tutela possessoria all'eventuale diritto alla fornitura, costituente diritto personale di credito* (1).

Pretore Terni, Est. Belli, 23-24 febbraio 1932, in causa Eustacchi e Manni (Avv. Zingarelli) c. Società Interamna (Avv. Moretti).

Fatto

Con atto di citazione 13 febbraio 1922 i Signori Eustacchi Prospero e Manni Enrico convenivano in giudizio la Soc. Interamna in persona dell'amministratore delegato Ing. Nestore Riccioni: premettevano che in base a regolare atto di concessione del Comune di Terni, gl'istanti siano proprietari dell'impianto di illuminazione delle tombe nel Cimitero di Terni e gestiscano in maniera esclusiva tale impianto con energia elettrica fornita dall'Azienda elettrica municipale di Terni, a cui attualmente è succeduta per accordi intercorsi tra il Comune di Terni e la Soc. « Terni », la convenuta Soc. Interamna. Premettevano altresì che in violazione dei diritti degli istanti la Soc. Interamna si era arbitrata d'iniziare la costruzione di un nuovo impianto di illuminazione e nella mattinata aveva tagliato anche i fili adduttori della energia elettrica, nonostante le diffide fatte da essi istanti con atto 12 febbraio 1932: costituendo tale fatto spoglio violento del possesso e del godimento degli istanti dell'impianto d'illuminazione delle tombe con l'assoluta totale impossibilità dell'esercizio e della fornitura dell'illuminazione ai terzi; chiedevano la immediata reintegrazione nel possesso, godimento ed esercizio dell'impianto di illuminazione, emettendosi ogni altra conseguenziale pronunzia di legge: con sentenza provvisoriamente esecutiva. Comparse le parti a mezzo dei loro procuratori all'udienza straordinaria del 14 febbraio 1932 gli attori deducevano che il possesso dell'impianto deve ritenersi non unicamente limitato ai fili e agli apparecchi elettrici, ma altresì comprendere la energia necessaria per il funzionamento dell'impianto stesso e che quindi essendo stata tolta l'energia vi è uno spoglio tutelabile ai sensi dell'art. 695 Cod. Civ.: chedevano altresì l'accoglimento della domanda anche per quanto riguardava l'abbattimento delle nuove opere iniziate.

La convenuta Società Interamna eccepiva in linea di fatto la inesistenza di qualsiasi contratto con i Signori Manni ed Eustachi ed in linea di diritto la inammissibilità dell'azione di spoglio a tutela della fornitura di energia elettrica.

All'udienza di spedizione le parti concludevano come innanzi è trascritto.

Diritto

La questione che si presenta all'esame del giudicante non è nuova nè in dottrina nè in giurisprudenza: è ammissibile la tutela possessoria dell'utente di energia elettrica, a cui la società produttrice ha tagliato i fili adduttori dell'impianto, privandolo così dell'energia necessaria al funzionamento dell'impianto stesso? La difesa attrice ha sostenuto la diversità della specie presente da quella della fornitura a privato dell'energia in virtù di contratto di fornitura sostenendo che essi attori hanno il possesso dell'impianto in virtù di un atto di concessione amministrativa — deliberazione del Comune di Terni in data 25 settembre 1922. Osserva il giudicante che data la natura del presente giudizio è inibita ogni indagine circa i limiti e la validità della concessione, se essa cioè sia ancora in vita, e se la Soc. Interamna, succeduta al Comune e alla Società « Terni » abbia o meno l'obbligo di rispettare tale concessione: tale indagine va riservata al giudizio vertente fra le stesse parti innanzi al Tribunale di Terni. L'indagine da svolgere in questa sede è se gli attori abbiano un possesso qualunque sia dell'energia elettrica, di cui assumono essere stati spogliati: se cioè nella specie ricorrano gli estremi previsti dall'art. 695 Cod. Civ. per l'ammissibilità dell'azione di reintegra.

Per interpretare rettamente l'art. 695 Cod. Civ., esso va messo in relazione con l'art. 685 dello stesso Codice, che definisce il possesso come la detenzione di una cosa o l'esercizio di un diritto. La lata dizione di tale articolo potrebbe far ritenere che sia possibile possesso in senso tecnico di qualsiasi diritto. Ora il Codice Civile, seguendo la tradizione romana, ha ammesso la tutela possessoria della reintegranda soltanto per i diritti reali cioè per gli unici, per cui è possibile un possesso in senso proprio. Spetterà l'azione di reintegranda non soltanto al possessore *nomine proprio*, ma anche al possessore *nomine alieno* (locatario o mandatario) perchè in tal caso non viene ad essere protetto il rapporto obbligatorio che unisce il locatario alla cosa ma unicamente la detenzione della cosa che il locatario o commodatario ritiene per sè. Ma non è data la tutela possessoria a protezione di rapporti personali di obbligazione nemmeno se gli stessi siano a tratto successivo. Dove non esiste possesso in senso tecnico, non può esistere tutela possessoria.

Il possesso richiede due elementi: l'*animus* ed il *corpus*. L'utente o concessionario (dimostreremo poi non esservi fra essi alcuna sostanziale differenza) non possiede che l'energia che gli sia stata già fornita e che già è stato immessa nel suo impianto: ha poi diritto a che tale fornitura gli sia continuata. Qual'è la natura di tale diritto, se non quella di un diritto di obbligazione, qualunque ne sia la sua origine, il contratto e la concessione? Non si nega che l'energia elettrica sia una *res* nel senso giuridico, ed il legislatore tale l'ha considerata, ritenendo che costituisca furto l'impossessarsi di tale energia: quello che si nega e si contesta è che l'utente o concessionario abbia un possesso della energia che non ancora gli è stata fornita: egli ha soltanto il diritto ad ottenerla in virtù della concessione o del contratto. L'esercizio di tale diritto non corrisponde a quello di alcun diritto reale, ma unicamente è un rapporto di credito.

L'azione di reintegrazione, a differenza dell'*actio spolii* del diritto canonico, è un'azione essenzialmente possessoria, e come tale ha per suo presupposto l'esistenza di un qualsiasi possesso. Il concessionario della concessione di illuminazione non ha che il diritto di ottenere dall'ente concessionario la fornitura dell'energia alle condizioni stabilite dall'atto di concessione. Anche a voler seguire il ragionamento della difesa attrice ed accettare tutti i suoi presupposti di fatto: piena validità della concessione amministrativa fatta dal comune di Terni ai fratelli Cacace, a cui sono succeduti essi attori, ed obbligo della convenuta Società Interamna di rispettare la concessione e continuare nella somministrazione dell'energia, ciò importa che la Società Interamna si è resa inadempiente alla concessione, ma non porta per nulla alla conseguenza che gli attori abbiano diritto alla tutela possessoria, non avendo essi il possesso dell'energia elettrica di cui sono stati privati.

Come il contratto di somministrazione dell'energia crea tra l'utente e la società un rapporto giuridico, che è stato equiparato a una vendita a tratto successivo, la concessione amministra-

tiva non ha creato che un rapporto obbligatorio fra il Comune e la Soc. Fratelli Cacace. L'avere il rapporto giuridico avuto in vista finalità di pubblica utilità, e l'essere stato stipulato da un ente pubblico non muta il carattere personale, di diritto, cioè, non suscettivo di possesso. Riassumendo gli attori non hanno il possesso materiale dell'energia elettrica, se non quando la stessa sia stata a loro fornita: non possono parlare del possesso del diritto alla somministrazione dell'energia, perchè si tratta di un diritto personale, per cui non è data alcuna tutela possessoria.

La difesa attrice parla del possesso della concessione di illuminazione delle tombe, e dice che tale concessione è stata annullata dal fatto della Interamna. Ma costituisce forse la concessione amministrativa un rapporto giuridico, suscettivo di possesso e quindi tutelabile dall'azione di reintegranda? La concessione amministrativa è un rapporto che si stabilisce tra l'ente concedente ed il concessionario: per esaminare se vi sia la possibilità di una tutela possessoria, occorre esaminare se vi sia un diritto, che abbia origine dalla convenzione suscettiva di possesso.

Mancando gli estremi per l'azione di spoglio, riesce superflua ogni indagine circa la esistenza o meno dell'*animus spoliandi* da parte della società convenuta, e circa il diritto che la stessa assume avere di sospendere la fornitura.

La domanda attrice va pertanto respinta. Le spese seguono la soccombenza.

P. Q. M. (*omissis*).

NOTA

(1) Massima ormai affermatasi nella Giurisprudenza.

Per i precedenti, si vedano in questa Rivista: nel fascicolo di febbraio 1931 a pag. 166, la contraria sentenza 24 gennaio 1930 del Pretore di Abbiategrasso, con ampia nota di commento; nel fascicolo di marzo 1931, a pag. 246, pure con nota, la conforme sentenza 10 marzo 1931 del Tribunale di Milano, e nel fascicolo di aprile 1931, a pag. 336, l'articolo dell'Avv. Giussani.

AVV. ALESSANDRO PATRUCCO.

# PRASSI AMMINISTRATIVA

Nella presente rubrica vengono riassunti principii, che hanno carattere generale, ma che vengono affermati dalla giurisprudenza o dalla stessa Pubblica Amministrazione in occasione di specifici provvedimenti amministrativi in materia attinente a derivazione di acque pubbliche a scopo di produzione di energia elettrica o di provvedimenti relativi a servitù di elettrodotto, concessioni di sussidi a impianti e linee elettriche, laghi e serbatoi artificiali ecc. La massima viene desunta dal testo di sentenza o decisione o dal decreto, e dal relativo parere del Consiglio dei LL. PP.; la ricerca del provvedimento testuale è resa possibile ai lettori colle indicazioni della decisione o sentenza — che vengono indicati per ciascuna massima — o della data del decreto — e annesso disciplinare che sono pubblicati nel *Bollettino del Ministero dei Lavori Pubblici* — colla data e numero del relativo parere del Consiglio dei LL. PP. In ogni modo la Direzione della Rivista è a disposizione degli interessati per ogni altra ricerca, richiesta di copie e simili.

La Rivista *L'Energia Elettrica* non ha bisogno di richiamare la importanza di queste massime, che costituiscono precedente giudiziario e amministrativo che vale spesso a risolvere casi pratici controversi, in via di interpretazione giurisprudenziale od autentica attuata in casi analoghi.

Ogni massima ha un numero progressivo che sarà richiamato nell'apposito indice annuale.

245 – *Centrali idroelettriche - Esoneri fiscali.*

L'esonero dell'imposta fondiaria si applica a favore dei fabbricati sede dell'impianto della centrale e relative pertinenze (art. 5 R. D. 2 ottobre 1923, n. 3069). E per l'esonero dall'imposta di ricchezza mobile (art. 4 D. L. 2 ottobre 1919, n. 1995) il capitolato speciale fissa il termine di tempo a cui si estende l'esenzione.

D. R. 23 aprile 1931. Concessione Soc. Ovesticino. Derivaz. dal Chiusella in Comune di Vistorio (Novara). Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 1057 del 15 aprile 1929. (*Boll. Min. LL. PP* 1931, p. 2542).

246 – *Concessioni idroelettriche - Opposizioni di Enti pubblici e Aziende municipalizzate - Parità di trattamento ai privati.*

Nell'istruttoria di concessione di derivazioni idroelettriche i Comuni e le Aziende municipalizzate sono interamente equiparati ai privati opponenti ove sostengano che la domanda in istruttoria leda i legittimi pubblici interessi. E l'art. 34 della legge del 1919, per la sostituzione dell'energia elettrica a quella idraulica può applicarsi, come in ogni altro caso normale, anche ai Comuni e alle Aziende stesse.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 2529.

247 – *Limiti di utenza delle acque di un serbatoio servente una centrale idroelettrica - Garanzie.*

Fissate le condizioni particolari cui dovrà soddisfare la derivazione oggetto di concessione idroelettrica, si può tra le medesime comprendersi le seguenti: *a*) che l'erogazione dal serbatoio possa non avvenire in modo continuo e fino a un determinato limite massimo di pelo d'acqua; *b*) che fino all'eventuale riconoscimento di legittimità di una o più utenze idriche preesistenti, il concessionario possa devolvere a proprio favore, salve certe modalità di deflusso minimo, le acque dell'utenza in contestazione; *c*) che l'Amministrazione governativa si riserva la facoltà, generica e illimitata, di prescrivere quelle maggiori opere di controllo che crederà necessarie perche non venga turbato a danno degli utenti inferiori il regime del torrente per il fatto dell'impianto e dell'esercizio della nuova derivazione.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 2535.

248 – *Concessione idroelettrica - Concorrenza fra più domande - Coefficiente di esercizio valutato come clausola di preferenza.*

Ove ad una concessione idroelettrica aspirino vari concorrenti, a parità di criteri tecnici e di migliore utilizzazione delle acque, viene normalmente applicata la possibilità in uno dei concorrenti di attuare una determinata specifica destinazione dell'energia ricavabile dall'impianto (nella specie industria elettrochimica, fabbricazione di benzina sintetica) destinazione la quale permette presuntivamente di conseguire « un elevatissimo coefficiente di esercizio » il che costituisce esplicazione testuale della ragione di preferenza.

D. A. 27 aprile 1931. Concessione Soc. Elettr. Alto Adige. Derivazione dal torrente Gardena in Comune di Castelrosso (Bolzano). Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 1320 del 15 maggio 1929. (*Boll. Min. LL. PP.* 1931, pag. 2544).

249 – *Concessione idroelettrica - Riserve a favore della trazione ferroviaria - Inapplicabilità ove sussistano particolari condizioni di onerosità.*

Quando l'impianto idroelettrico, per la particolare destinazione dell'energia prodotta (nella specie a scopo elettrochimico), richiegga speciali modalità costruttive, e quando la riserva ferroviaria riesca, per la sussistenza di tal modalità, troppo onerosa per il concessionario, il decreto può risolvere e non applicare la riserva medesima, specialmente se all'occorrente energia per la trazione ferroviaria possa provvedersi con la disponibilità di altri impianti nella zona interessata.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 2545.

250 – *Concessioni idroelettriche - Garanzie e modalità obbligatorie durante la costruzione.*

Fra le condizioni particolari che possono essere inserite in un disciplinare di costruzione idroelettrica può esservi quello per cui « i materiali provenienti dalla galleria derivatrice e in genere dai lavori di costruzione dell'impianto saranno collocati su piazze di deposito opportunamente scelte e sistemate in modo da escludere ogni possibilità di franamenti e scoscendimenti per qualsiasi causa; all'uopo dovranno essere eseguite le opere necessarie di sistemazione degli scoli superficiali dovuti alle acque piovane in corrispondenza dei singoli depositi di materiali ».

Come al Num. precedente, ivi, pag. 2552.

251 – *Concessioni idroelettriche - Elementi di valutazione - Programmi elettrici del concessionario.*

Fra i considerando di un decreto reale di concessione di derivazione idroelettrica può esservi un capoverso che richiama i programmi idroelettrici, anche avvenire quindi, di un aspirante alla concessione, e ciò anche se la concessione venga emessa a favore di più titolari.

D. R. 27 aprile 1931. Concessione Società Forze Idrauliche Appennino settentrionale e Società Forze idrauliche del Ceno. Derivazione dai torrenti Ceno e Lecco (Parma). Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 205 del 1919, n. 2029 del 1925 e 637 del 1926. (Boll. Min. LL. PP. 1931, pag. 2562).

252 – *Concessione idroelettrica - Canone demaniale - Termine di decorribilità.*

Ove in un disciplinare di concessione si preveda la possibilità di ultimazione dei lavori prima del termine assegnato o se, comunque, l'impianto, ancorchè non completamente ultimato, sia entrato o entri in funzione prima di detto termine, il canone demaniale gravante la concessione decorrerà, integralmente o parzialmente, dalla data dell'entrata in funzione, totale o parziale.

D. R. 21 maggio 1931. Concessione Lanificio Cazzola. Derivazione dal Leogra in Comune di Valli del Pasubio (Vicenza). Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 1691 del 1929 e 451 del 1930. (*Boll. Min. LL. PP.* 1931, pag. 2585).

253 – *Concessione idroelettrica - Garanzie particolari imponibili nel capitolato di concessione.*

Nel capitolato di concessione di una derivazione idroelettrica può essere introdotta apposita condizione per la quale il concessionario assume l'obbligo di provvedere a una completa sistemazione e regolazione della presa dal corso d'acqua interessato dalla concessione e ciò costruendo opere di carattere stabile che abbiano i seguenti requisiti: *a*) commisurare la portata derivabile al valore massimo concesso, anche nei periodi durante i quali il corso d'acqua si trova in morbida o in magra; *b*) di ottenere una regolare e continua chiarificazione e decantazione delle acque derivate; *c*) di non arrecare danno all'alveo, alle sponde e ai terreni latistanti.

D. R. 28 luglio 1930. Concessione Cotonificio di Bolzano. Derivazione dal Talvera (Bolzano). Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 2021 del 1927 e 544 del 1928. (*Boll. Min. LL. PP.* 1931, pag. 329).

254 – *Concessione idroelettrica - Opere connesse all'impianto e di bonifica idraulica. Sussidiabilità e contribuzione. Diritto transitorio.*

In un disciplinare di concessione idroelettrica può essere inserita una clausola per la quale: 1° si prevede che nell'esecuzione della centrale idroelettrica si eseguano anche opere di interesse comune ed altre derivazioni limitrofe e, in tal caso si impongano contributi agli Enti e concessionari interessati; 2° che, in occasione della determinazione della misura di tali contributi, si tenga conto della reciproca situazione di fatto e di diritto e dell'entità intrinseca di ogni utenza; 3° che, ove, come si verificò in concreto, tutto ciò avvenga in terre ex austriache, debba, sempre in occasione di tale determinazione di contributi, tenersi conto « dei provvedimenti eventualmente intervenuti sotto il cessato regime circa la ripartizione della spesa » per le opere di interesse comune; 4° che su tutto ciò il disciplinare contenga una riserva generica di futuro provvedimento dell'autorità governativa.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 330.

255 – *Concessione idroelettrica - Varianti in occasione del progetto esecutivo - Necessità di nuova istruttoria - Riserve ai Comuni.*

Ove, in sede di approvazione del progetto esecutivo, di una centrale idroelettrica per cui sia stato emanato il decreto di concessione, si preveda una minore utilizzazione o produzione di energia, attuata con diversa disposizione e numero delle centrali e conseguentemente con un diverso tracciato dei relativi canali di derivazione, *pure rimanendo inalterati i punti di presa*, deve farsi luogo a nuova istruttoria ed all'esame delle opposizioni in questa nuova sede presentate. E in questa sede dovranno essere respinte le opposizioni dei Comuni che pretendano non solo conservare, ma anche aumentare la riserva per i servizi pubblici di che all'art. 40 della legge del 1919, rispetto alla quantità di energia primitivamente concessa in base al decreto e al progetto di massima e successivamente diminuita nel progetto definitivo e nelle varianti.

D. R. 28 dicembre 1931. Concessione Soc. « Terni ». Derivazione del Medio Nera. Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 2484 del 1929, n. 252 del 1931, e n. 2927 del 1940.

256 – *Concessione idroelettrica - Istruttoria - Facoltà di opposizione dei Sindacati - Limiti in concreto.*

Nell'istruttoria di una domanda di concessione idroelettrica possono, come è pacifico, costituirsi i Sindacati e le Federazioni legittimamente costituite. Ove, nell'opposizione proposta da tali Enti corporativi, si assuma che debbano essere rinviati i lavori di costruzione della centrale idroelettrica finchè non siano eseguite le opere di sistemazione montana, e ciò ad evitare danni all'agricoltura nella zona interessata dalla derivazione nonchè ad elidere i danni derivanti dal mutamento di regime del corso d'acqua e, in concreto, dall'abbassamento della falda freatica tale opposizione può essere respinta, tanto perchè una variazione di regime del corso d'acqua trova nella legge del 1919 le disposizioni normative a tutela degli eventuali danneggiamenti, quanto perchè in ordine della necessità di far precedere i lavori di sistemazione idraulico-forestale ai lavori della costruzione di una centrale idroelettrica deve opporsi che « gli inconvenienti che possono conseguire alle grandi derivazioni sono analoghi, anzi forse maggiori ». Nella specie, inoltre, era riservata la facoltà di affidare i lavori di sistemazione alla Società concessionaria.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 471.

# NOTE E RIASSUNTI

## SULLE TRASPOSIZIONI DEI CONDUTTORI NELLE GRANDI LINEE DI TRASPORTO DELL'ENERGIA ELETTRICA.

Come è noto nelle lunghe linee trifasi di trasporto dell'energia elettrica è consigliabile, per equilibrare la capacità delle tre fasi rispetto alla terra, di montare i conduttori in modo che da una

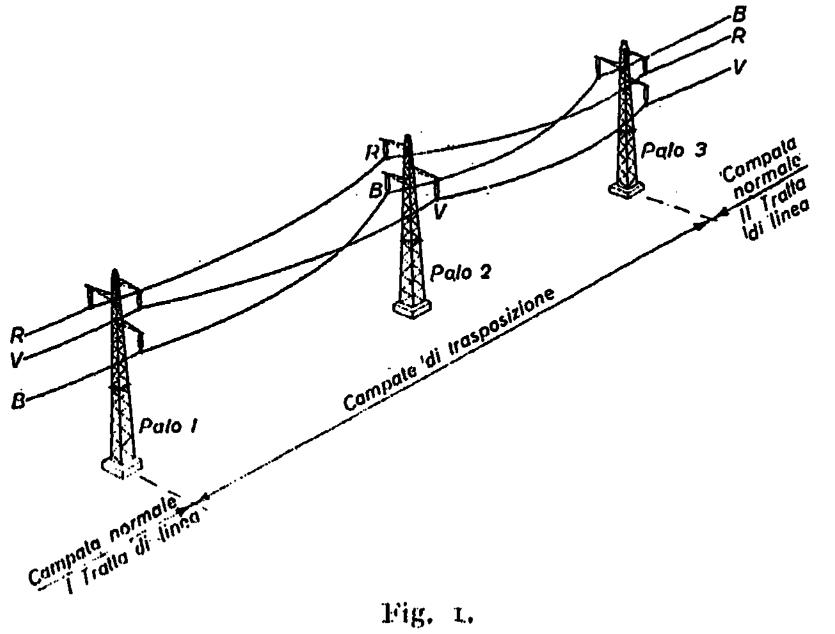



Fig. 1.

sottostazione alla susseguente i conduttori subiscano almeno una rotazione completa di 360° (elettrici), cioè a dire ogni conduttore venga successivamente ad assumere sui sostegni ognuna delle 3 possibili posizioni. Lo scopo si ottiene dividendo il tratto di linea fra due sottostazioni in 3 (o numero multiplo di 3)

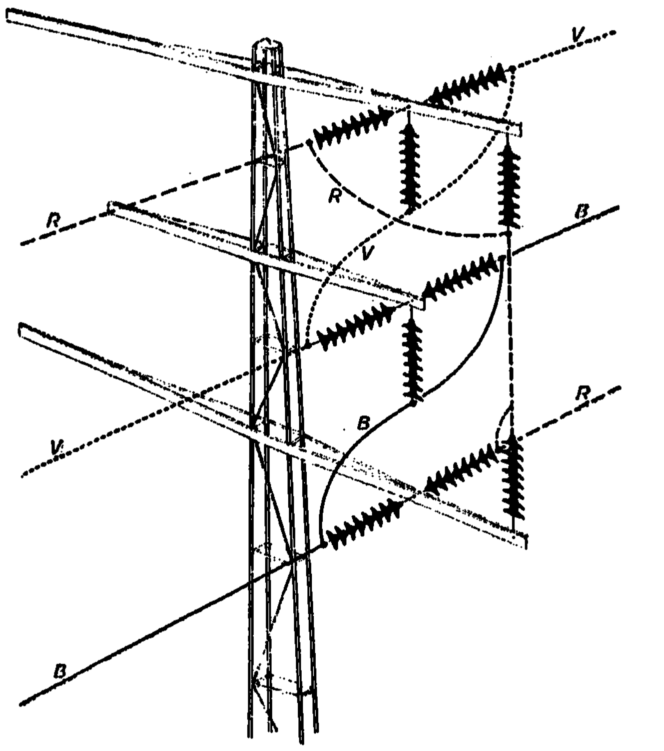



Fig. 2.

sezioni di lunghezze all'incirca uguali; in ogni sezione i tre conduttori sono ruotati (elettricamente) di 120° rispetto alla sezione precedente e rispetto alla sezione seguente. Così ad es. la superlinea a 220 kV della S.I.P. (v. *L'Energia Elettrica*, febbraio 1930), lunga 242 km, è divisa in 6 sezioni mediante cinque incroci o trasposizioni, ad ognuno dei quali corrisponde una rotazione dei conduttori di 120° elettrici.

Nelle linee con sostegni troncopiramidali ad una sola terna di conduttori, le trasposizioni si ottengono molto semplicemente e molto economicamente intercalando, nel punto ove si vuole eseguire la trasposizione, fra due pali normali un palo, pure di tipo normale, ma girato di 180° (v. fig. 1).

Per i pali tronco piramidali a due terne è invece necessario adottare nei punti di trasposizione pali di amarraggio, aventi la mensola più alta e la più bassa opportunamente prolungate; il sistema più comunemente seguito è quello della fig. 2 nella quale per chiarezza è disegnata una sola terna. Di tipo analogo è il sistema della fig. 3 che rappresenta un palo di trasposizione della nota superlinea a 220/380 kV della Rheinisch-Westfälische Elektr. A. G.

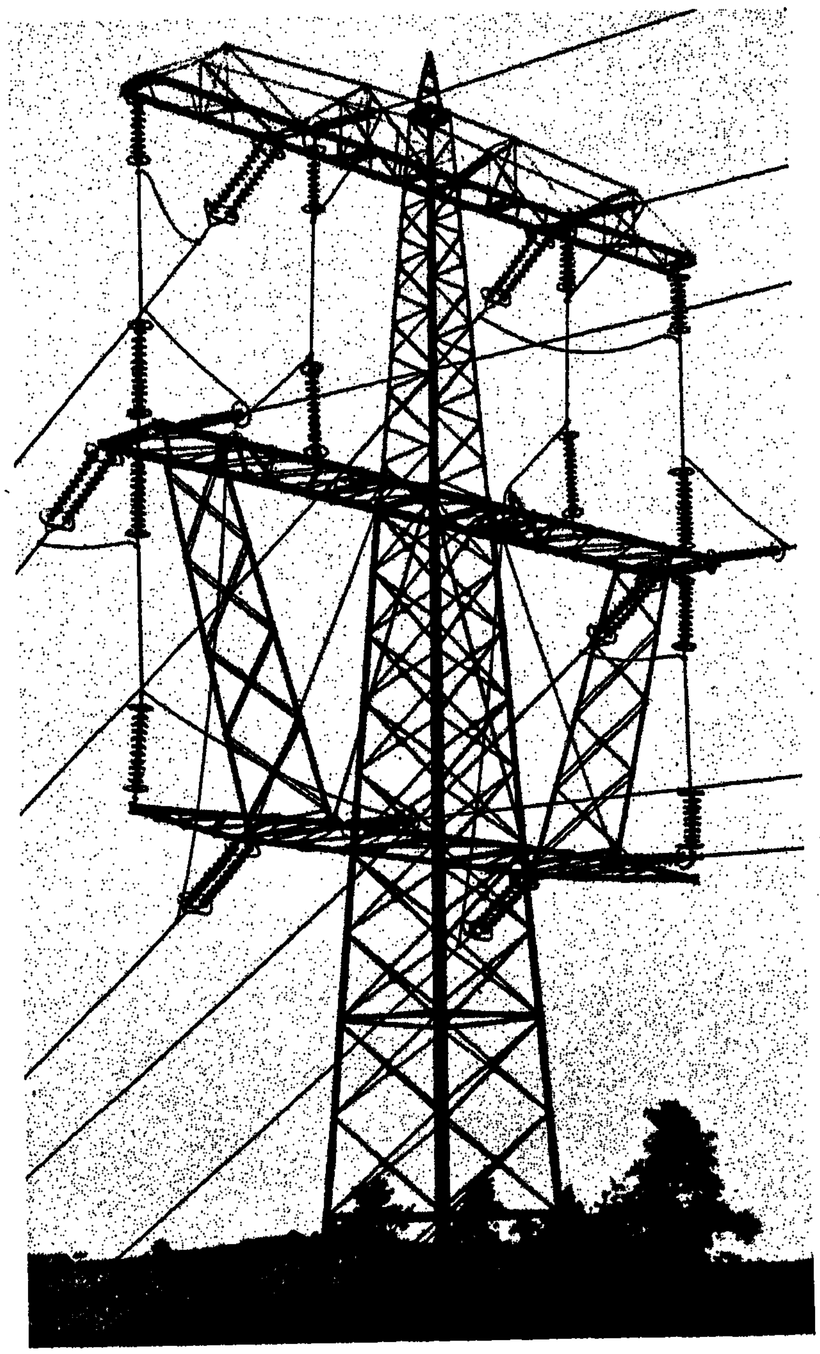


Fig. 3.

Per le linee con conduttori disposti in un solo piano (caso delle linee con pali a cavalletto o con sostegni a portale) un sistema per effettuare la trasposizione dei fili è quello di intercalare fra due sostegni normali, due sostegni speciali con gli attacchi

dei conduttori disposti a triangolo (vedi il citato fascicolo de *L'E. E.*) come è stato fatto nella citata superlinea S.I.P. Un altro metodo, molto semplice ed economico, è quello della fig. 4 adottato in una linea a 135 kV nella Svezia.

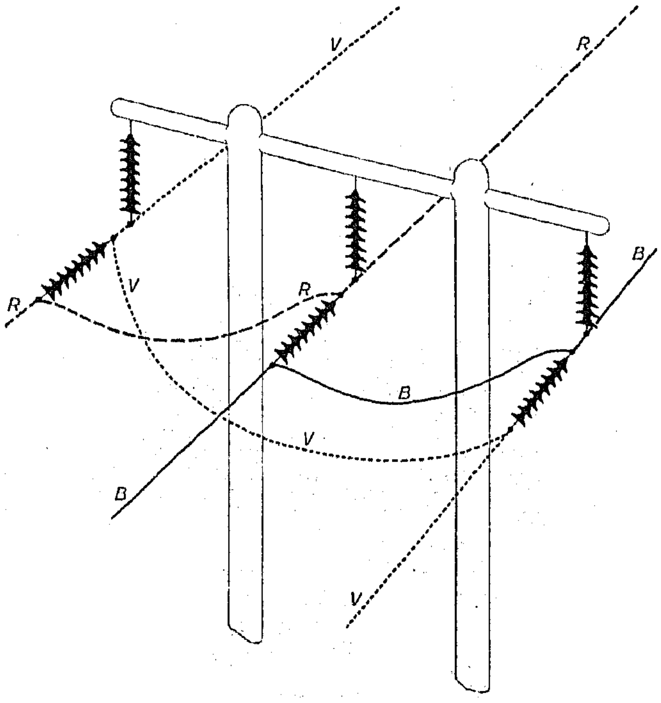



Fig. 4.

Ricordato quanto sopra, passo alla parte, generalmente meno nota, di come debbano succedersi le trasposizioni nei casi in cui il loro numero sia maggiore di due, vale a dire nei casi in cui la linea sia divisa in più di tre sezioni.

Si indicano con *I*, *II* e *III*, le tre possibili disposizioni delle tre fasi di una terna (v. schema fig. 5) e si chiama *barrell* (1) (power circuit barrell) il tratto di linea in cui le fasi assumono successivamente tutte le tre posizioni.

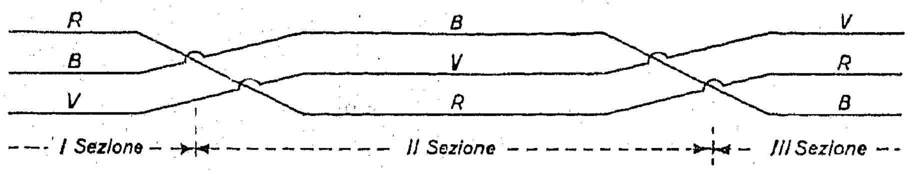



Fig. 5.

Il caso di una linea divisa in tre sole sezioni, cioè con due trasposizioni lungo la linea, sarà rappresentato dallo schema:

*I - II - III*

Nel caso di linee che comprendono più *barrell*, possono essere adottati tre sistemi di trasposizioni.

Il primo sistema prende il nome di *sistema continuo* (continous barreling) ed è quello rappresentato dalle notazioni

*I - II - III*  *I - II - III*  *I - II - III* ecc.

Il secondo sistema si ottiene dal primo, omettendo una trasposizione ogni tre e prende il nome di *sistema ad omissione* (halting barreling); esso è rappresentato dalla notazione:

*I-II-III, III-I-II, II-III-I, I-II-III, III-I-II* ecc.

Il terzo sistema si ottiene dal primo, omettendo una trasposizione ogni tre e cambiando alternativamente senso di trasposizione; esso prende il nome di *sistema ad omissione e cambiamento di senso* (halting reversing barreling) ed è rappresentato dalla notazione:

*I-II-III, III-II-I, I-II-III, III-II-I, I-II-III,* ecc.

Il primo sistema si riproduce ad ogni barrell, il secondo si riproduce ogni tre barrell, il terzo si riproduce ogni due.

Col sistema *continuo* gli equilibri dei successivi barrell approssimativamente si sommano; col sistema *ad omissione* gli squilibri si compensano all'incirca ogni tre barrell, col sistema *ad omissione e cambiamento di senso* vengono ad essere in opposizione di fase gli effetti di due barrell successivi. Ne viene di conseguenza che nei casi di 2, 4, 8 barrell il terzo sistema è preferibile al secondo, nel caso di 3 barrell il secondo è preferibile al terzo, nel caso di 6 barrell il secondo e terzo sistema sono all'incirca equivalenti. Il sistema secondo ed il sistema terzo sono più semplici e più economici del primo, comportando un numero minore di trasposizioni, ed inoltre, *in generale*, per quanto sopra si è detto, sono anche preferibili dal punto di vista elettrico.

Quindi ad es. nel caso di una linea da dividersi in sei sezioni, alla disposizione:

*I - II - III,*  *I - II - III*

sarebbe preferibile la disposizione

*I - II - III,*  *III - II - I*

col vantaggio anche di avere le fasi alla partenza e all'arrivo disposte nello stesso modo.

Termino questa breve nota ricordando che le trasposizioni si effettuano anche allo scopo di diminuire i disturbi sulle linee a corrente debole che vengono a trovarsi parallele colle linee di trasporto dell'energia; in questo caso la lunghezza delle singole sezioni, che può raggiungere anche (40÷50) km quando si ha il solo scopo di ottenere un equilibrio accettabile fra le fasi delle linee di trasporto, va opportunamente ridotta; il « Comitato Consultivo Internazionale per le Comunicazioni Telefoniche a grandi distanze » è del parere (v. Rapporto C.C.I. del 1926) che si debba effettuare una serie completa di trasposizioni (1 barrell) ogni km 38 nel caso di linee con conduttori disposti a triangolo (quindi sezioni singole al massimo lunghe km 12,6) e ogni 18 km (quindi sezioni singole al massimo lunghe 6 km) nel caso di linee con conduttori disposti in altre maniere.

E. T. D.

*Roma, aprile* 1932-X.

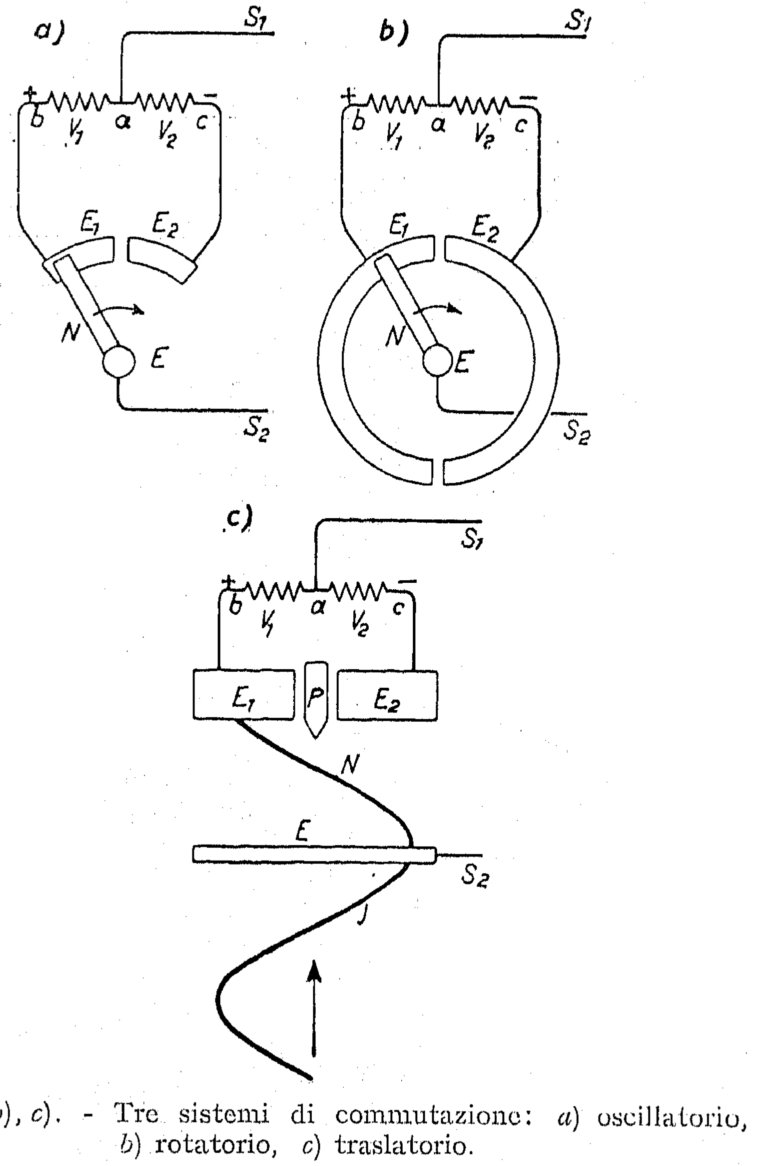
(1) Potrebbe da noi essere chiamata « Sezione completa di trasposizione oppure giro completo d'elica ».

---

## IL RADDRIZZATORE A GETTO ONDULATO

*E. T. Z.*, 4 febbraio 1932 e 17 marzo 1932. – J. Hartmann.

*Principi fondamentali.* – L'A. illustra i principi fondamentali del raddrizzatore a getto ondulato di mercurio e descrive gli accorgimenti costruttivi che hanno permesso di realizzare unità di grande potenza. Nelle figg. 1 *a*), *b*), *c*) sono rappresentati




Figg. 1 *a*), *b*), *c*). - Tre sistemi di commutazione: *a*) oscillatorio, *b*) rotatorio, *c*) traslatorio.

$V_1$, $V_2$ = semi-avvolgimenti secondari del trasformatore che fornisce l'energia,
$E_1$, $E_2$ = elettrodi del commutatore,
$N$ = elemento mobile del commutatore,
$E$ = elettrodo di derivazione,
$S_1$, $S_2$ = conduttori a corrente continua.

3 sistemi di commutazione: quello oscillatorio, quello rotatorio e quello traslatorio. Quest'ultimo è quello utilizzato nel raddrizzatore a getto ondulato. Un conduttore ondulato indefinito si muove continuamente come un tutto rigido verso l'elettrodo doppio $E_1 P E_2$. Durante questo movimento esso tocca sempre un altro elettrodo $E$ e lo mette così alternativamente in comunicazione con uno o con l'altro degli elementi dell'elettrodo doppio; durante tale traslazione esso viene tagliato opportunamente dal diaframma tagliente $P$ di materiale isolante. L'insieme costituisce così un commutatore, che può raddrizzare una tensione alternativa, purchè il conduttore ondulato si sposti in avanti di una lunghezza d'onda ad ogni periodo della tensione e purchè l'elettrodo doppio sia costituito in modo che il pezzo $P$ interrompa il conduttore nell'istante opportuno.

Per realizzare tale conduttore ondulato indefinito si fa uso di un getto di mercurio che esce da un ugello $N$ e attraversa un campo magnetico $F$, le cui linee di forza sono perpendicolari al getto (v. fig. 2) e si intendono giacere nel piano della figura.

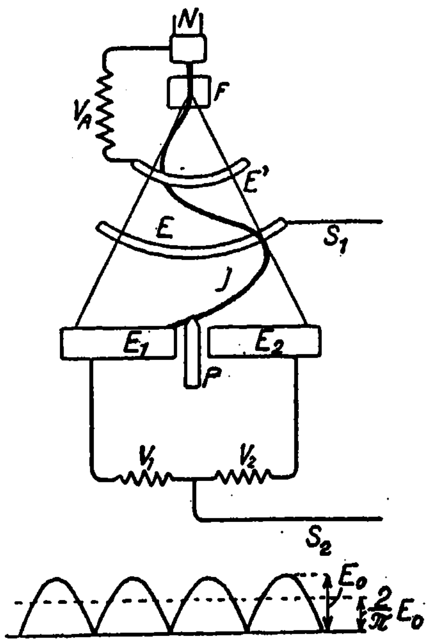



Fig. 2. - Commutatore a getto ondulato.

Il getto tocca un elettrodo $E'$; attraverso questo e l'ugello $N$ viene immessa nel getto una corrente alternativa fornita dal trasformatore $V_A$. Per il concatenamento fra questa corrente (detta di eccitazione) e il campo magnetico, si produce un'alterazione di forma nel getto di mercurio, che assume un andamento ondulato, come si voleva ottenere.

È indispensabile concepire esattamente la funzione del getto e tenere presente che ogni particella di esso si muove lungo una linea retta, che è praticamente tracciata per la metà del campo. Il getto ondulato perciò si muove come un tutto rigido in avanti, mentre sempre nuove onde vengono generate dal campo magnetico. La lunghezza d'onda del getto è data da $\lambda = v\,T$, dove $v$ è la velocità originaria del getto e $T$ il periodo della corrente di eccitazione.

Per il funzionamento del raddrizzatore è naturalmente necessario che la corrente usata per la formazione del getto ondulato sia in sincronismo colla tensione da raddrizzare. Inoltre è necessario che la commutazione avvenga nell'istante del passaggio per lo zero della tensione fornita dal trasformatore $V_1 V_2$ (fig. 2). Ciò si può ottenere spostando l'elettrodo principale, avvicinandolo o allontanandolo dal campo. In un commutatore, come quello della fig. 2, viene raddrizzata una tensione monofase; per un sistema trifase bisogna collegare un commutatore a ciascuno dei 3 avvolgimenti secondari di un trasformatore trifase, come è indicato in fig. 3. La tensione che ne risulta è naturalmente la somma di quella delle 3 componenti e presenta 6 ondulazioni per ogni periodo della tensione alternativa.

Per i forti carichi e le elevate tensioni si fa appunto uso di un tale sistema di raddrizzatore a 3 elementi.

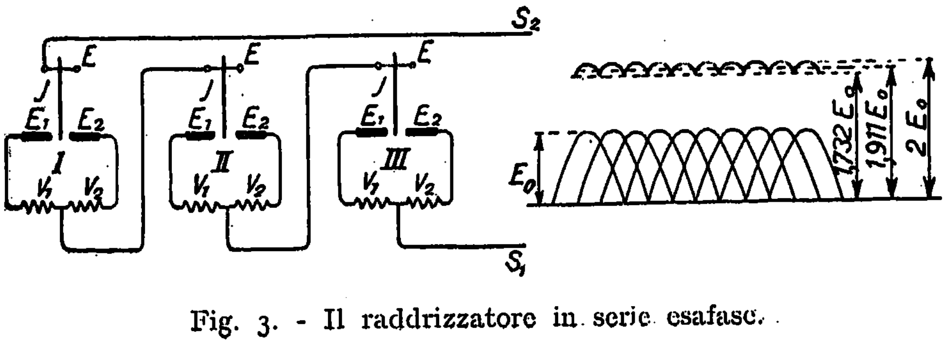



Fig. 3. - Il raddrizzatore in serie esafase.

Il raddrizzatore a getto ondulato non può in alcun modo uscire di sincronismo, nè essere affetto da fenomeni di oscillazioni pendolari, perchè vi è una dipendenza assoluta fra il movimento del getto ondulato e la tensione alternativa da raddrizzare.

Si ritiene da alcuni che un getto di mercurio sia un conduttore adatto soltanto per correnti di debole intensità. L'A. osserva che questa obbiezione non è valevole. Per la trasmissione della corrente vengono utilizzate soltanto le 2 prime semionde del getto (quando si faccia uso di tensione a 50 periodi), mentre il getto si mantiene compatto e bene definito per parecchie onde come si vede nella fig. 4. Il getto può sopportare una densità di corrente assai grande per il fatto che si tratta in realtà di un conduttore che viene continuamente rinnovato. Infatti in un raddrizzatore per 550 V si fa uso di solito di un getto da 4 mm di diametro con una velocità di 6 m/sec; per la conduzione della corrente viene utilizzato un conduttore di circa cm 12, che pesa circa 25 gr. Il commutatore può raddrizzare una potenza di kW 33,3, con una corrente normale di 200 A; per brevi periodi la corrente può salire a 400 A senza che il getto si alteri, sebbene si raggiunga in tal caso una densità di 95 A/mm². Ciò dipende dal fatto che mentre occorre una potenza di kW 47,2 per un getto di 4 a 6 m/sec, alla temperatura di ebollizione del mercurio, occorrono kW 338 per vaporizzare il getto stesso.

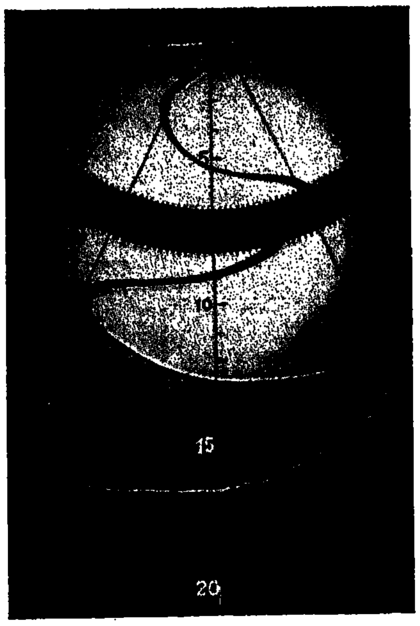



Fig. 4. Fotografia del getto ondulato.

*Problema costruttivo*. – Particolari accorgimenti si sono dovuti prendere per ovviare agli inconvenienti derivanti dallo scintillamento che si produce nell'istante della commutazione, cioè quando il coltello $P$ taglia il getto di mercurio.

Il commutatore è chiuso in una camera riempita di idrogeno, allo scopo di evitare l'ossidazione del mercurio; si sarebbe ottenuto lo stesso effetto usando altro gas inerte, come l'azoto, ma con l'idrogeno si ha il vantaggio di un più efficace assorbimento dell'energia delle scintille. Queste in un commutatore da kW 33 a 180 V di un raddrizzatore da 550 V, durano 0,0015 sec, mentre in atmosfera di azoto durano circa 10 volte di più, colla conseguenza di mettere in corto circuito il commutatore funzionante con tensione a 50 periodi.

Il diaframma tagliente $P$ è costruito in tungsteno e si è riconosciuto che le scintille che si producono sono molto piccole e scoccano esclusivamente fra le parti del getto di mercurio distaccate dal taglio; si produce così soltanto una vaporizzazione di mercurio (che si ricondensa) e non si verifica praticamente nessuna usura del diaframma di tungsteno. Per maggior sicurezza di stabilità di commutazione e per evitare il pericolo che il commutatore possa essere messo in corto circuito da un arco, si è frazionata l'interruzione del getto, disponendo parecchi coltelli in serie, come è indicato nella fig. 5 in cui è riprodotto il dispositivo costruttivo di un elettrodo per raddrizzatori da 550 a 600 V, che riduce lo scintillio al minimo.

La difficoltà maggiore è costituita dai cosidetti elettrodi ausiliari $E$ ed $E'$, attraverso i quali viene addotta la corrente di eccitazione ($E'$) e derivata la corrente raddrizzata ($E$). La soluzione migliore è offerta da un cosidetto elettrodo a pane elicoidale, come è indicato nelle figg. 6 e 7. Sul corpo cilindrico dell'elettrodo è ricavato un filetto elicoidale, come quello di una vite; dopo ciò l'elettrodo viene piegato ad arco di circolo di raggio tale che, una volta in opera, abbia il suo centro in mezzo al campo magnetico. Di solito vi sono 2 pezzi analoghi affiancati e il getto ondulato passa fra essi, lambendo i bordi dei filetti; e

poichè essi vengono ad essere disposti proprio nella direzione dello spostamento delle particelle di mercurio colle quali vengono a contatto, la deformazione che si produce nel getto è assolutamente minima.

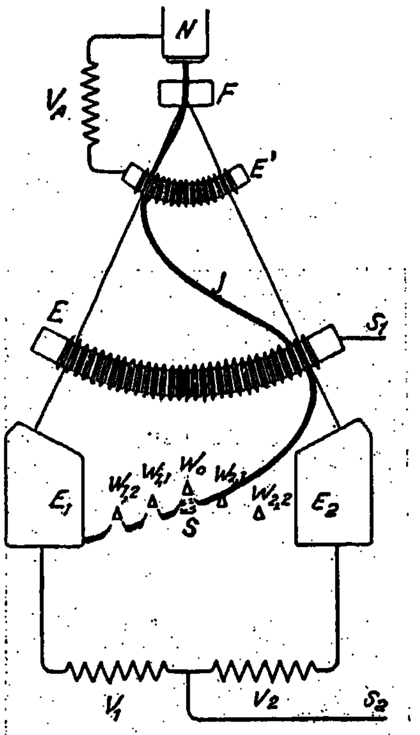



Fig. 5. - Commutatore con interruzione multipla.

Complessivamente un commutatore completo consta delle seguenti parti principali: un ugello, un magnete, un elettrodo elicoidale per la corrente di eccitazione, un altro più grande per derivare la corrente raddrizzata, gli elettrodi principali col dia-

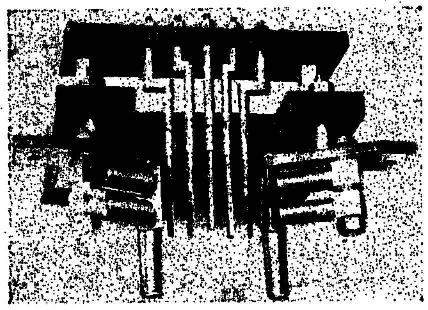


Fig. 6. - Elettrodo a 5 coltelli.

framma di tungsteno: alcune di queste parti sono raggruppate nella fig. 7; la disposizione di tutte nella camera di commutazione è data dalla fig. 8.

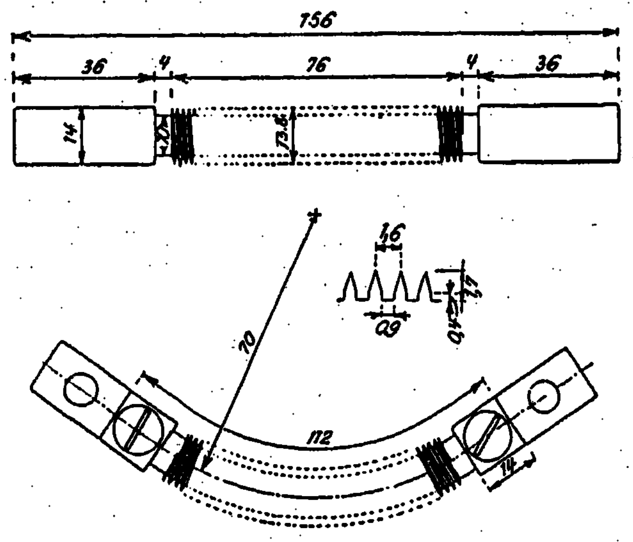



Fig. 7. - Elettrodo a pane elicoidale.

Per unità più grandi si possono disporre parecchi commutatori nella stessa camera: un raddrizzatore da kW 200 e 550 V comprende 6 commutatori in parallelo 2 a 2 in una camera unica di 200 dm³.

*Caratteristiche di esercizio del raddrizzatore a getto ondulato.* – Le perdite che si verificano nel raddrizzatore a getto ondulato possono dividersi in 2 gruppi: perdite costanti (nella pompa, per la corrente di eccitazione e nel magnete) e perdite variabili col carico (dovute alla corrente principale ($\varepsilon_2$) e perdite di scintillazione ($\varepsilon_1$)). Per perdite dovute alla corrente principale l'A. intende quelle dipendenti dalla resistenza ohmica del commutatore.

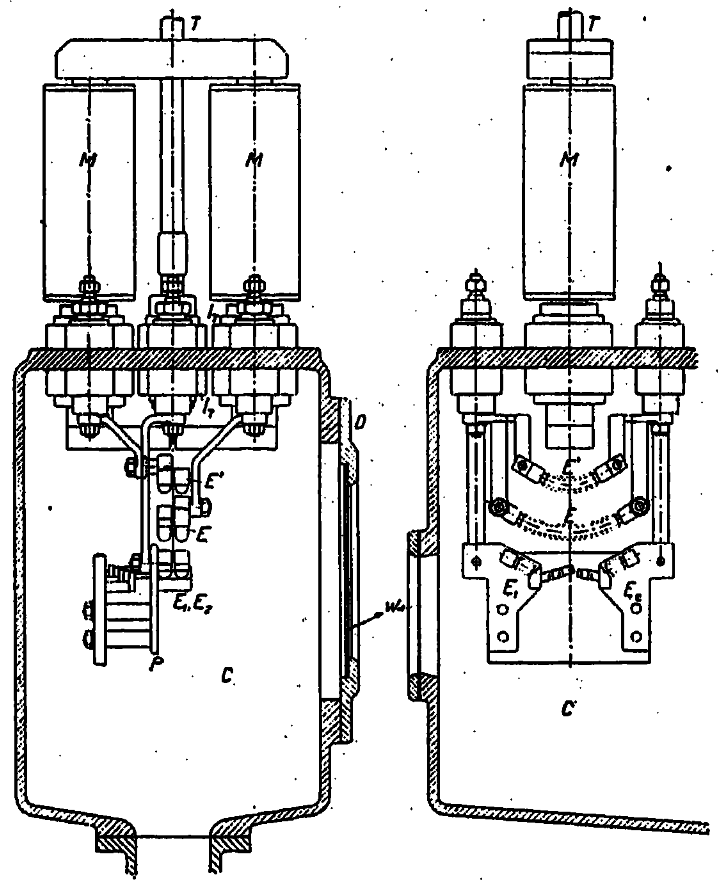



Fig. 8. - Disposizione del commutatore nella camera di commutazione. C- camera di commutazione; V- finestra; T- ugello; M- magnete; E'- elettrodi ausiliari; E- elettrodi di derivazione; $E_1$, $E_2$- elettrodi principali.

Le prime quattro voci di perdite sopra elencate si possono calcolare con grande approssimazione. Non così avviene per le perdite di scintillazione, per le quali però si dispone ormai di molti risultati sperimentali.

Nella tabella seguente sono riportate le perdite percentuali di 2 raddrizzatori: I – da kW 20 a 75 V, con un getto di 4 mm e con una velocità di 5 m/sec e tensione continua di 220 V; II – da kW 33,3 a 180 V, con getto di 4 mm e con velocità di 6 m/sec e con tensione continua di 550 V.

| Raddrizzatore: | I | II |
|---|---|---|
| Perdite | % | % |
| Nella pompa .................. | 0,57 | 0,51 |
| Per la corrente di eccitazione ..... | 0,30 | 0,40 |
| Nel magnete .................. | 0,70 | 0,42 |
| Somma perdite costanti ...... | 1,57 | 1,33 |
| Per la corrente principale ....... | 2,7 | 1,5 |
| Per scintillazione ............. | 4,9 | 3,5 |
| Somma perdite variabili ..... | 7,6 | 5,0 |
| Totale .................. | 9,2 | 6,3 |

Le perdite per scintillazione elencate nella tabella sono dedotte da misure dirette eseguite durante le prove, i cui risultati per il commutatore I sono riportati nella fig. 9: in essa per $\varepsilon_1$ si intendono le perdite percentuali per scintillazione, con $\varepsilon_2$ le perdite percentuali dovute alla corrente principale, con $\varepsilon'_1$ una perdita dovuta ad una resistenza di stabilizzazione, che ora non si adopera più, con *OE* la caduta di tensione del raddrizzatore in percento. Nella fig. 9 le ascisse rappresentano i valori della corrente raddrizzata, le ordinate si riferiscono alle perdite in percento riferite al carico misurato sul lato corrente continua.

Dai dati esposti si sono ricavate le curve di rendimento dei raddrizzatori I e II rappresentate nella fig. 10; i valori riportati si riferiscono al carico prelevato dal raddrizzatore.

I rapporti di corrente e di tensione del raddrizzatore a getto ondulato possono essere discussi analogamente a quelli di un raddrizzatore a vapore di mercurio.

Col commutatore a getto ondulato si possono realizzare diversi sistemi di raddrizzatori. Nella fig. 11 è rappresentato il raddrizzatore esafase in serie: $i_s$ indica la corrente in mezzo avvolgimento secondario del trasformatore, $i_l$ la corrente di linea, $I_d$ la corrente raddrizzata, $n_s$ e $n_p$ il numero delle spire

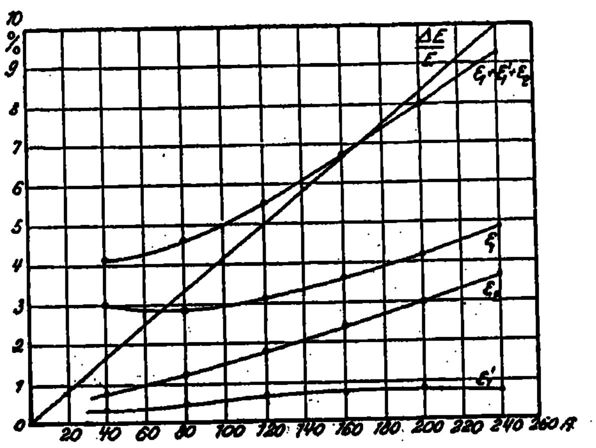


Fig. 9. - Perdite in un commutatore di kW 25 a 75 V.

secondarie e primarie degli avvolgimenti del trasformatore. La fig. 11 *A*) si riferisce al caso di un comune trasformatore trifase; la fig. 11 *B*) a quella di 3 trasformatori monofasi, la fig. 11 *C*) ad un trasformatore trifase, con gli avvolgimenti secondari disposti a zig-zag.

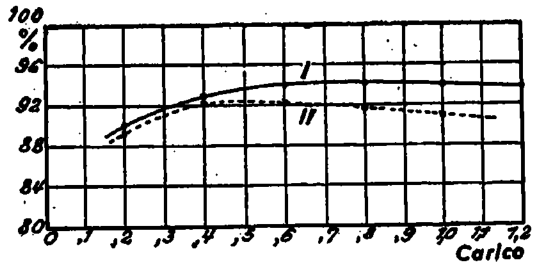
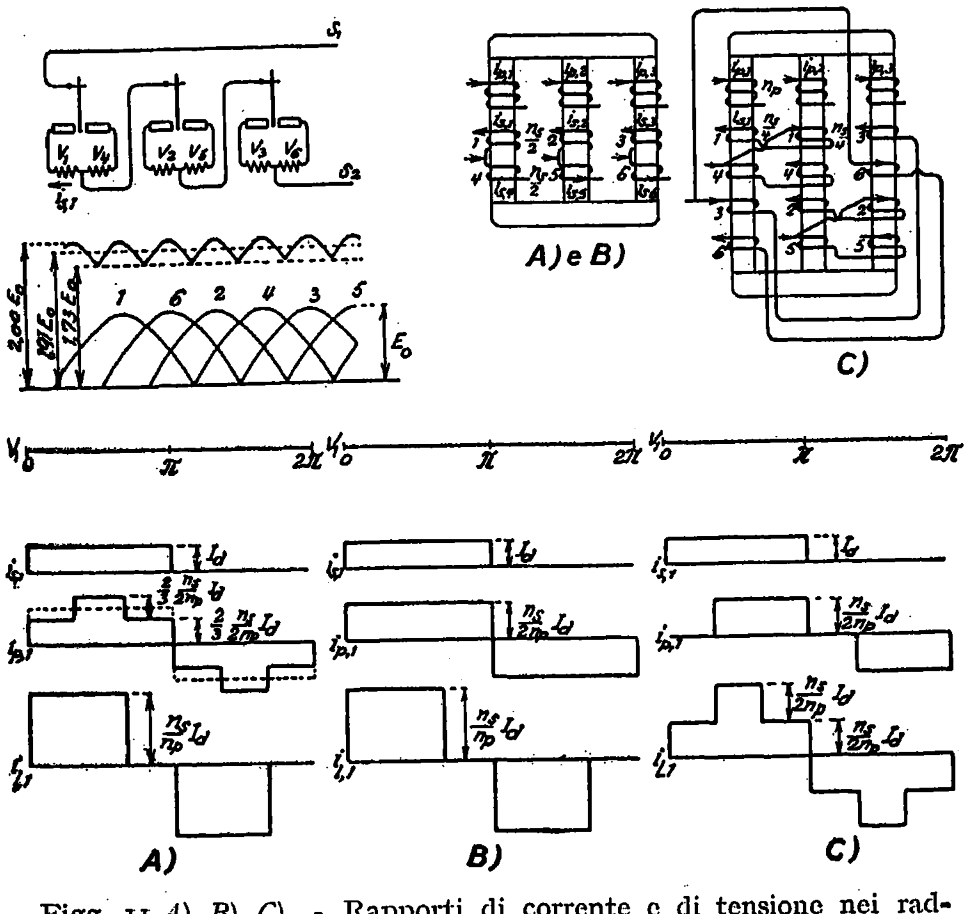


Fig. 10. - Rendimenti di 2 raddrizzatori.

Nei diagrammi della 11 *A*) la linea continua $i_p$ rappresenta il caso delle fasi primarie collegate a stella; generalmente questo sistema non viene adoperato, preferendosi disporre gli avvolgimenti primari a triangolo e il diagramma assume allora l'andamento indicato con linea punteggiata.

Nella fig. 11 si è supposto che la corrente sia completamente resa uniforme mediante l'inserzione di bobine opportunamente proporzionate: se non si mettono queste, la corrente presenta naturalmente le stesse ondulazioni che esistono nella tensione raddrizzata.



Figg. 11 *A*), *B*), *C*). - Rapporti di corrente e di tensione nei raddrizzatori in serie.

La messa in servizio di un raddrizzatore di kW 200, col servizio manuale può aversi in 30 secondi; per le sue caratteristiche il raddrizzatore a getto ondulato si presta però molto bene al funzionamento automatico; uno schema di funzionamento è rappresentato nella fig. 12, che si riferisce ad uno solo dei 3

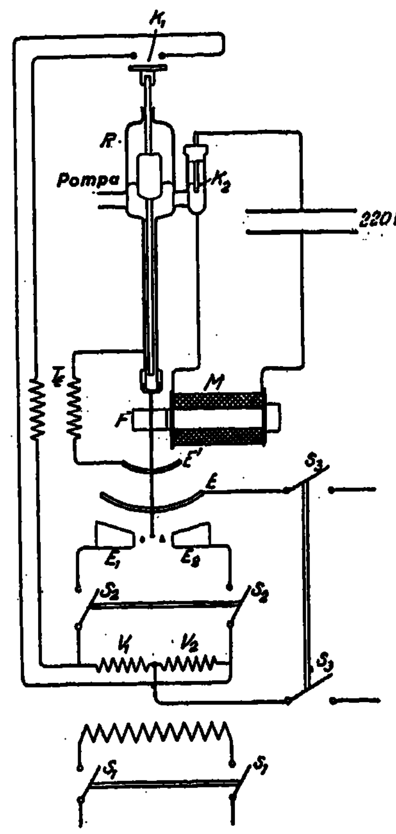



Fig. 12. - Commutatore con controllo del livello di mercurio.

commutatori di un raddrizzatore completo. Per la messa in servizio basta chiudere l'interruttore in olio sull'alta tensione e va subito sotto tensione il trasformatore; quindi si avvia il motore della pompa e, quando il mercurio ha raggiunto nel recipiente *R* il livello normale, il contatto a galleggiante chiude l'interruttore $K_1$; contemporaneamente viene eccitato il magnete *M* per mezzo dell'interruttore a mercurio $K_2$. Segue la chiusura dell'interruttore $S_2$ del raddrizzatore, che può essere ottenuta anch'essa in modo automatico per mezzo di contatti dipendenti dal livello del mercurio. Da questo istante il raddrizzatore è sotto tensione e può essere collegato a mano od automaticamente colla rete a corrente continua.

Si comprende la grande importanza che ha l'alimentazione automatica del mercurio per il funzionamento del raddrizzatore: l'impianto è semplificato perchè non è necessario alcun dispositivo di raffreddamento bastando il sistema di tubazioni necessario per la circolazione del mercurio per produrre un raffreddamento sufficiente. Contrariamente a quanto avviene nei raddrizzatori a vapore di mercurio, qui non vi è la complicazione della pompa a vuoto.

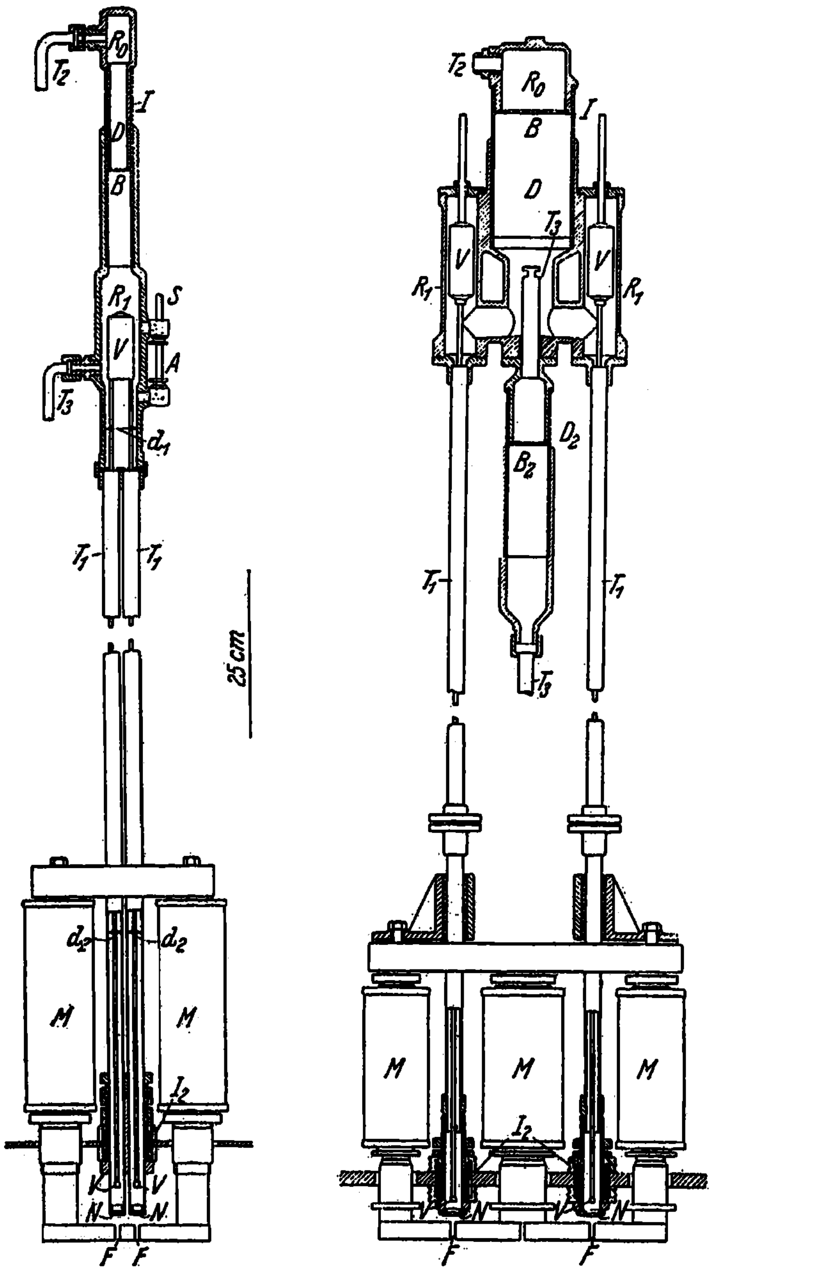
Se il getto non viene ondulato, viene a mancare il collegamento fra il lato a corrente alternata e quello a corrente continua, e il raddrizzatore non funziona, perchè il getto passa liberamente fra i 2 elettrodi $E_1$ e $E_2$. Ne segue che se viene a mancare l'alimentazione del mercurio, o se si guasta la pompa, o si interrompe la corrente di eccitazione o quella del magnete, il raddrizzatore viene senz'altro messo fuori servizio: l'apparecchio possiede quindi un alto grado di autoprotezione.

Apparecchi in servizio per mesi sulle ferrovie della Danimarca e dell'Inghilterra hanno dimostrato che questi raddrizzatori sono assai poco sensibili alle perturbazioni di origine esterna. Ad esempio un apparecchio di kW 200 a 550 V di corrente continua si è mantenuto costantemente in servizio anche in circostanze nelle quali tutti i convertitori ruotanti della stessa rete andavano fuori passo. Questa stabilità dipende essenzialmente dallo stretto legame che esiste fra il movimento ondulatorio del getto e la tensione da raddrizzare. I raddrizzatori a getto ondulato si comportano anche molto bene nei riguardi dei sovraccarichi temporanei e dei cosidetti colpi di corrente.

Le prove di esercizio compiute in Danimarca e in Inghilterra avevano dimostrato dapprima alcuni inconvenienti derivanti dal fatto di una progressiva ossidazione del mercurio, dovuta a tracce di ossigeno presenti nell'idrogeno che si introduceva nella camera di commutazione. Fu presto trovato il modo di ovviare anche a tale inconveniente, cosicchè attualmente i raddrizzatori possono restare in servizio per un anno, senza richiedere particolari operazioni di manutenzione.

Non si possono avere ancora dati sicuri circa i costi di impianti di questo genere. Tuttavia l'A. ritiene che essi debbano riuscire notevolmente più bassi di quelli degli altri sistemi.

*Discussione.* — Alla relazione tenuta dall'A. seguì un'interessante discussione che servì a mettere in luce altri interessanti dettagli. L'A. dimostrò come fosse possibile realizzare col sistema descritto raddrizzatori di grande potenza e a tensioni molto elevate e ciò con due sistemi: il primo, rappresentato in fig. 13 *a*), consiste nell'usare un solo commutatore con 2 getti in parallelo che funzionano sugli stessi elettrodi, raddoppiando così la potenza; l'altro (fig. 13 *b*)) è quello dei raddrizzatori gemelli, in cui si hanno 2 commutatori indipendenti con magneti e serbatoio di mercurio comuni. I 2 elementi del commutatore gemello possono essere a doppio getto; partendo da commutatori di kW 33 a 180 o 200 V si può così ottenere un commutatore a 4 getti che basterebbe per kW 133 a 180 o 200 V. Con 3 di tali commutatori si può costruire un raddrizzatore di kW 400 a 550 V di corrente continua; un tale apparecchio occuperebbe in pianta soltanto uno spazio di circa mezzo metro quadrato. L'A. prevede la possibilità della costruzione di apparecchi per kW 1000 ÷ 2000.




*a*) *b*)

Figg. 13 *a*), *b*) — *a*) Commutatore a doppio getto.
*b*) Commutatore gemello.

$T_1$ - tubo di mercurio; $T_3$ - sfioratore; $N$ - ugello; $M$ - magnete; $F$ - campo del magnete; $R_1$ - serbatoio principale; $D$ - separatori a gocce; $R_0$ - serbatoio prima del separatore; $B$ - setto forato; $V$ - valvola a galleggiante; $F_1$, $F_2$ - isolatori; $A$ - indicatore del livello di mercurio.

Le alte tensioni si possono raggiungere dando al trasformatore parecchi avvolgimenti per ogni fase, collegando a ciascuno di essi un commutatore e disponendo in serie i raddrizzatori corrispondenti. L'A. prevede così di raggiungere tensioni di 100 kV nei raddrizzatori. Un sistema per alte tensioni è quello rappresentato nella fig. 14: nei 2 conduttori che vanno dal trasformatore agli elettrodi $E_1$ ed $E_2$ del commutatore centrale $C$, sono inseriti 2 mezzi commutatori $C_1$ e $C_2$; si può così raddrizzare una tensione doppia di quella che si avrebbe con un solo commutatore. Naturalmente si possono mettere parecchi semi-commutatori in serie e raggiungere così tensioni molto elevate. Il rendimento dell'apparecchio si mantiene sempre molto elevato.

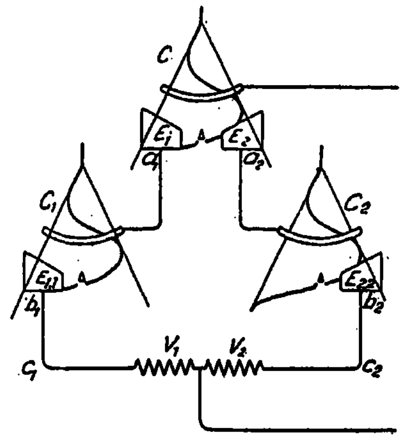
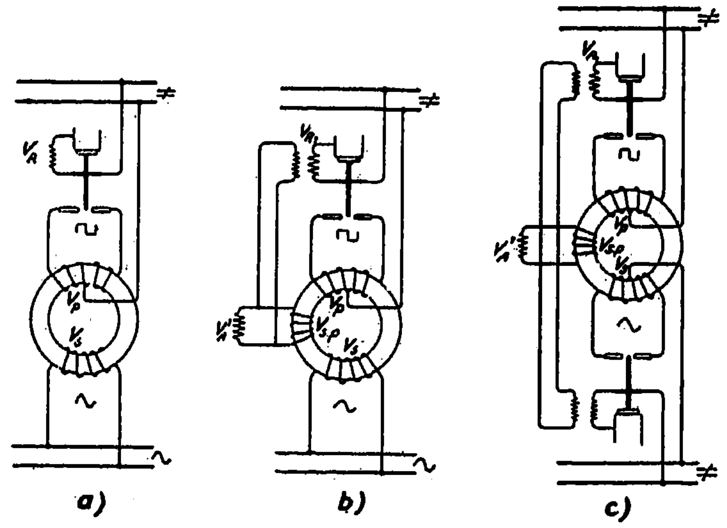


Fig. 14. - Dispositivo per commutatori ad alta tensione (collegamento in serie).

Si possono anche imaginare degli schemi con i quali questo tipo di raddrizzatore possa funzionare in senso invertito, permettendo di trasformare corrente continua in corrente alternata. Uno di tali schemi è rappresentato nella fig. 15 *a*) nella quale si vede che l'energia può essere scambiata fra la rete a corrente continua e quella a corrente alternata in un senso o nell'altro secondo le rispettive tensioni; per la generazione del flusso magnetico periodico nel ferro del trasformatore si dispone sempre della tensione esistente nella rete a corrente alternata.



*a*) *b*) *c*)

Figg. 15 *a*), *b*), *c*).
*a*) Raddrizzatore inserito fra una linea a corrente continua e una rete a corrente alternata.
*b*) Convertitore di corrente continua in alternata.
*c*) Trasformatore di corrente continua in corrente continua.

L'impianto della pompa a mercurio è molto semplice: la costanza di velocità del getto di mercurio è ottenuta mediante uno sfioratore; il serbatoio, l'ugello e il getto sono elettricamente isolati dalla pompa mediante i cosidetti separatori a gocce, attraverso i quali il mercurio passa sotto forma di serie di gocce.

Nello schema della fig. 15 *b*) non è più necessario che la rete a corrente alternata sia sotto tensione; si fa ricorso ad una tensione alternata ausiliaria $V_a'$. L'insieme può essere così interpretato: il commutatore insieme agli avvolgimenti $V_p$ e $V_{sp}$ forma un sistema analogo a quello della fig. 15 *a*), attraverso il quale la rete a corrente continua fornisce energia alla sorgente di corrente alternata, che a sua volta fornisce energia all'avvolgimento $V_s$ ed alla rete a corrente alternata.

Sullo stesso sistema si può anche imaginare di costruire un trasformatore di corrente continua in corrente continua, raddrizzando la corrente alternata generata come nello schema della fig. 15 *b*): tale dispositivo è indicato nello schema della fig. 15 *c*).

Colla combinazione di questi schemi l'A. prospetta la possibilità di realizzare impianti per trasformare corrente continua in corrente alternata trifase.

Ri.

# RASSEGNA TECNICA

## a) L'IMPIANTO IDROELETTRICO DI CIZE-BOLOZON SUL FIUME AIN

*Revue Générale de l'Electricité*, n. 11 e 12, 1932. – INGG. BARRERE e PIERRE.

La Società «Rhône et Jura» una delle più importanti aziende di produzione e di trasmissione di energia dell'Est della Francia, la quale possiede fra gli altri anche l'impianto di Chancy-Pougny, ha recentemente messo in esercizio la centrale di Cize-Bolozon.

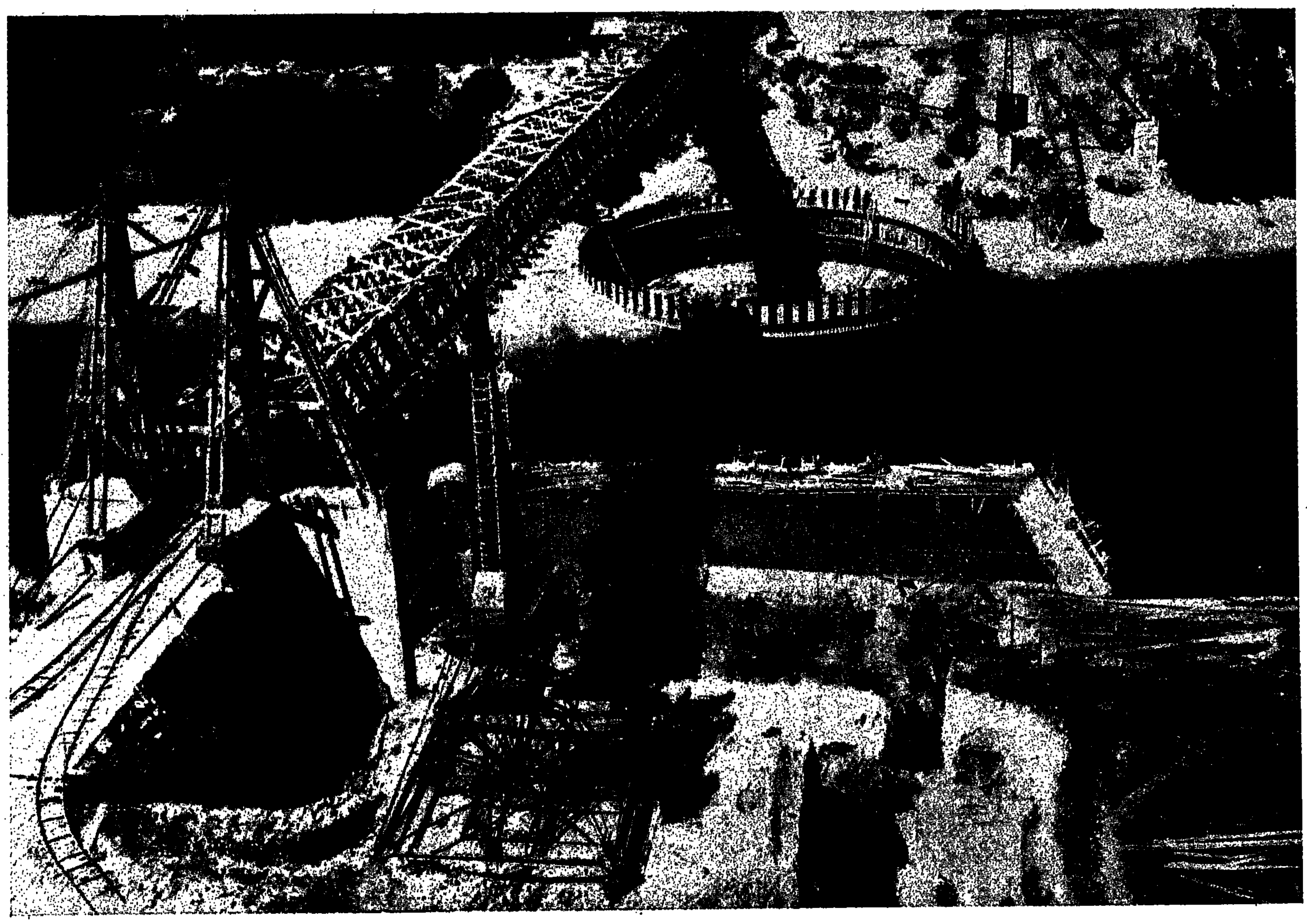


Fig. 1. - Cantiere diga (stato dei lavori al 19-VII-1929).

Questo nuovo impianto sorge sul fiume Ain, nel dipartimento omonimo e presenta alcune speciali caratteristiche, per quanto riguarda la disposizione delle singole opere in relazione alle esigenze della località. Lo sbarramento, in parte fisso e in parte mobile, è direttamente collegato alla centrale situta sulla riva destra e consente di realizzare un salto variabile da m 17 a m 7, a seconda della misura dell'invaso, con una portata di 100 a 150 mc/sec opportunamente ripartita su tre gruppi con turbine ad alta velocità caratteristica; la produzione media annuale di energia si aggira sui 75 milioni di kWh.

In base alla disposizione generale delle opere i condotti sono ridotti al minimo; infatti l'acqua arriva direttamente all'imbocco delle camere delle turbine, protette da apposite griglie, e defluisce immediatamente nel fiume, all'uscita del tubo di aspirazione.

Le fondazioni non hanno presentato particolari difficoltà ed i lavori relativi sono stati eseguiti all'aperto entro cinture di palancole, previo vuotamento dell'acqua a mezzo di pompe. La prima cintura di forma circolare, di m 37,20 di diametro, ha permesso di eseguire le fondazioni corrispondenti a due turbine, nelle migliori condizioni possibili, non presentando perdite di sorta. La costruzione è stata controllata nelle varie fasi mediante continui prelevamenti di provini, sottoposti a sollecitazioni diverse in un adatto laboratorio di cui il cantiere era attrezzato, realizzandosi così notevoli vantaggi.

Nello sbarramento sono ricavate 3 luci da m 10 ciascuna nella parte centrale ed una all'estremità da m 15; la parte fissa è stata eseguita con un profilo razionale atto ad eliminare l'azione scalzante dell'acqua al piede. Le pile, opportunamente elevate sopportano un ponte dal quale una grue a portale girevole compie tutte le manovre di messa a posto e di sollevamento delle ture, e sul quale sono situati gli argani delle paratoie; un altro ponte inferiore costituisce la strada di comunicazione fra le due opposte rive. Caratteristiche si presentano le ture, formate ad arco, di struttura in cemento armato e del peso di 12÷14 tonn; nelle manovre vengono afferrate e spostate dalla grue, a mezzo di tenaglie ad azione automatica.

Le luci delle paratoie centrali vengono messe a secco ricorrendo alle ture di cui sopra. Ogni paratoia, di tipo Stoney, è a doppio diaframma con altezza complessiva di m 17, di cui m 8,50 competono al diaframma inferiore il quale pesa tonn 62, mentre quello superiore pesa tonn 36; due argani per ogni luce, muniti di motori elettrici della potenza di 38 e 19 HP compiono le manovre di sollevamento. Durante le piene di media entità sono abbassati i diaframmi superiori, mentre nelle piene massime, che possono raggiungere i 2500 mc/sec, vengono sollevati entrambi completamente. La luce di m 15 in sponda sinistra è munita di paratoia a settore a funzionamento automatico del ben noto tipo a galleggianti scorrevoli entro ap-

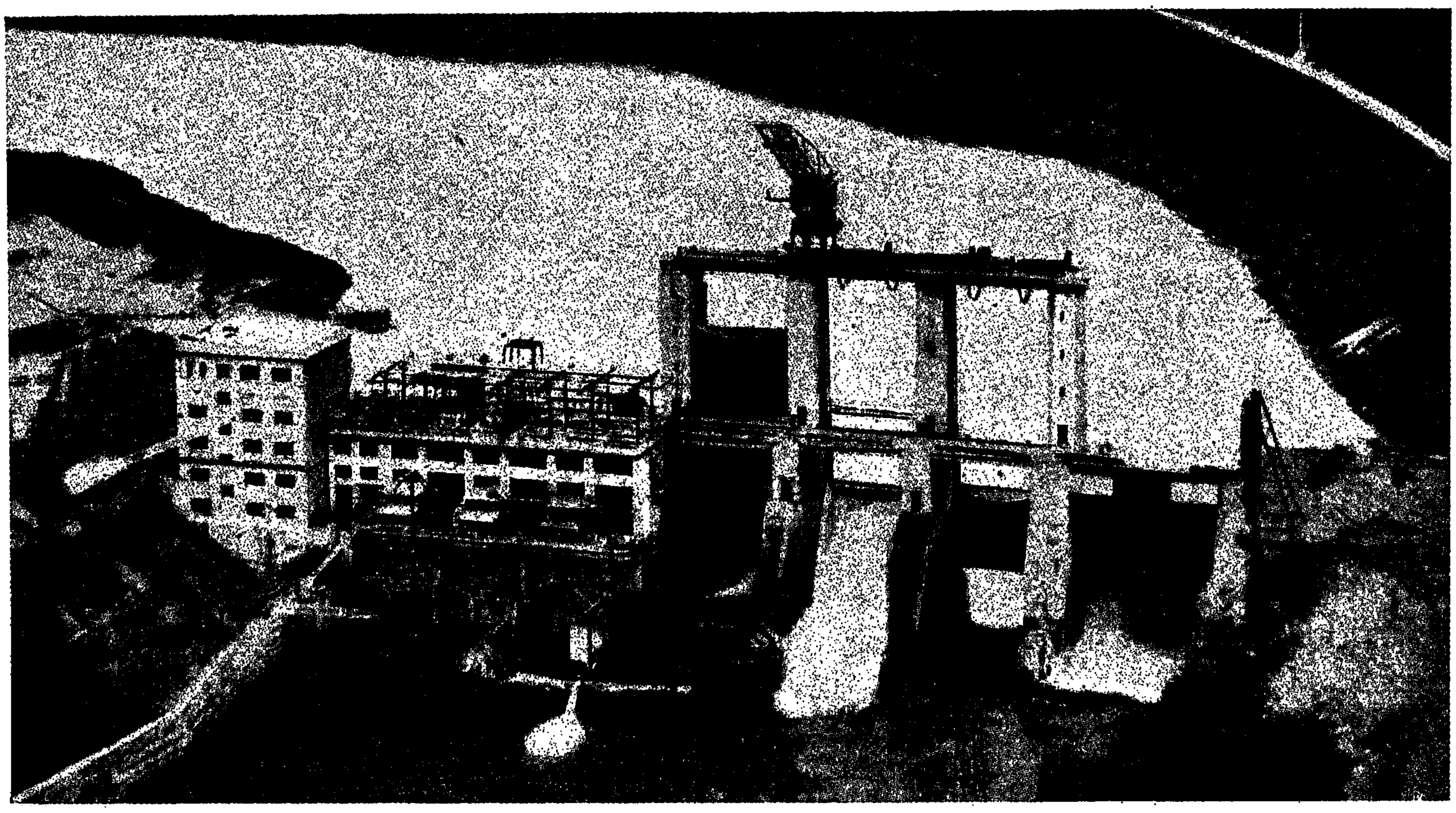


Fig. 2. - Insieme delle opere. Vista da valle.

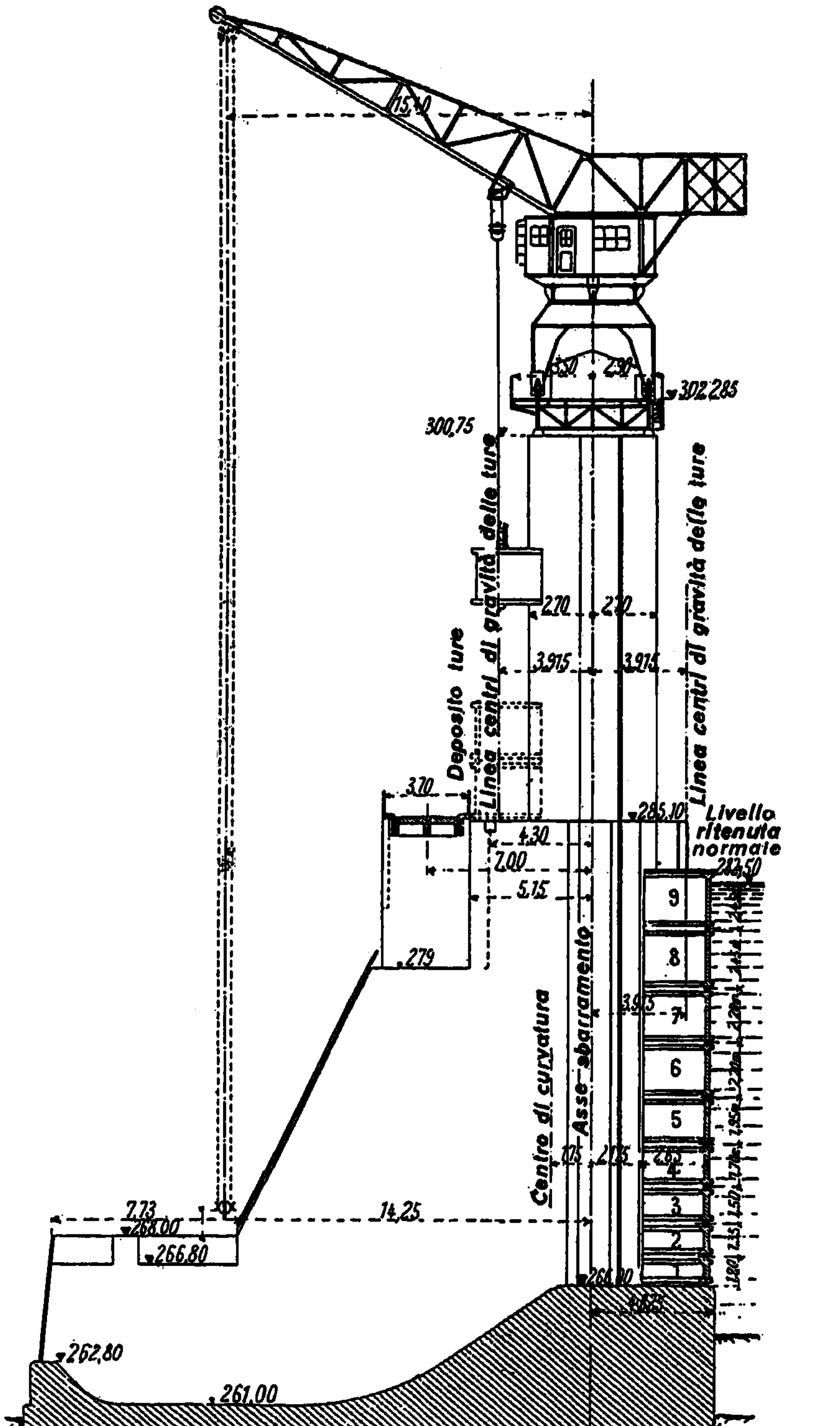



Fig. 3. - Sezione trasversale dello sbarramento in corrispondenza di una delle luci con paratoie piane.

positi pozzi laterali; a mezzo di un opportuno gioco di cunicoli e di valvole è possibile realizzare pure il funzionamento idraulico a mano anche quando il livello a monte è inferiore a quello di ritenuta normale.

Le fondazioni della centrale poggiano su roccia calcarea, eccetto l'ala destra dove è piazzato il quadro di manovra, che poggia su di una soletta gettata su materiale alluvionale. Le due parti, in vista di eventuali cedimenti di quest'ultima, sono separate da un giunto. Le turbine ad asse verticale, disposte nel locale, hanno le camere in cemento armato, rivestite da uno strato bituminoso; sono larghe all'imbocco m 8,20 ed alte m 7,50; i tubi aspiranti, lunghi m 16,50, a causa delle posizioni delle turbine sono sviluppati solo in senso orizzontale. Altre caratteristiche costruttive delle opere murarie sono visibili nelle figure annesse. Le turbine vengono isolate, per verifiche, ispezioni ecc., mediante un sistema di paratoie a monte e di ture a valle.

La pulizia delle griglie di protezione viene effettuata mediante il pulitore moderno tipo Jonneret provvisto di appositi vagoncini per il trasporto dei detriti.

La sala macchine è munita di una grue da 60 tonn con tre motori per le diverse manovre necessarie.

Il macchinario comprende tre gruppi ad asse verticale, con alternatore direttamente accoppiato ed eccitatrice in testa d'asse; le turbine sono della potenza di 10 750 HP cad, velocità 187,5 giri al minuto, frequenza 50 periodi, tensione 10 000 Volt. Due delle tre turbine sono state fornite dalla Ditta Voith e in esse il distributore è formato da venti pale direttrici, la ruota ad elica comprende 6 pale fissate ad un mozzo, il tutto in acciaio fuso. Il regolatore è provvisto di tutti i dispositivi richiesti da un'installazione moderna; ed un opportuno limitatore di velocità a forza centrifuga, evita la sovraelevazione del numero dei giri al disopra del 33 % della velocità normale. Il carico verticale di 170 tonn, di cui 19 per la parte girante della turbina, 97 per la spinta idraulica e 54 per la parte ruotante dell'alternatore, è sopportato da un perno disposto sulla crocera superiore dell'alternatore stesso. La potenza indicata corrisponde alla caduta di m 17,45 per la quale le altre garanzie sono: velocità di fuga giri 440, rendimenti a 4/4 del carico 0,88 a 3/4 0,82 ed a 2/4 0,67. Lo scarto massimo per brusco totale distacco del pieno carico è del 21 % con un momento d'inerzia di 360 $tm^2$, dell'alternatore.

La terza turbina del tipo Kaplan è stata fornita dalla Società des Ateliers des Charmilles: essa può funzionare con qualsiasi salto compreso fra m 17,45 e m 7. Il distributore è a comando esterno, la ruota con 6 pale mobili connesse al mozzo, il tutto in acciaio fuso. Il supporto autogeneratore è del tipo Charmilles e sostiene un carico di 183 tonn, di cui 22 per la parte girante della turbina e 110 per la spinta idraulica. Va notato il sistema di comando del regolatore che risponde al trovato ultimo della tecnica moderna in materia: precisamente è stato adottato l'azionamento a mezzo di motore elettrico. Il motore è a sua volta alimentato da un trasformatore riduttore di tensione collegato all'alternatore, e quindi sottoposto in maniera molto sen-

sibile alle variazioni di frequenza della macchina, senza bisogno di alcun collegamento meccanico. La regolazione è assicurata anche con forte caduta di tensione dell'alternatore, il motore essendo largamente dimensionato per assolvere il suo compito

455 giri al minuto, rendimenti a 4/4 di carico 0,86, a 3/4 di carico 0,90, a 2/4 di carico 0,874.

Lo scarto massimo in relazione al brusco distacco del pieno carico è del 30 % con un $GD^2$ di 360 $t\text{-}m^2$.

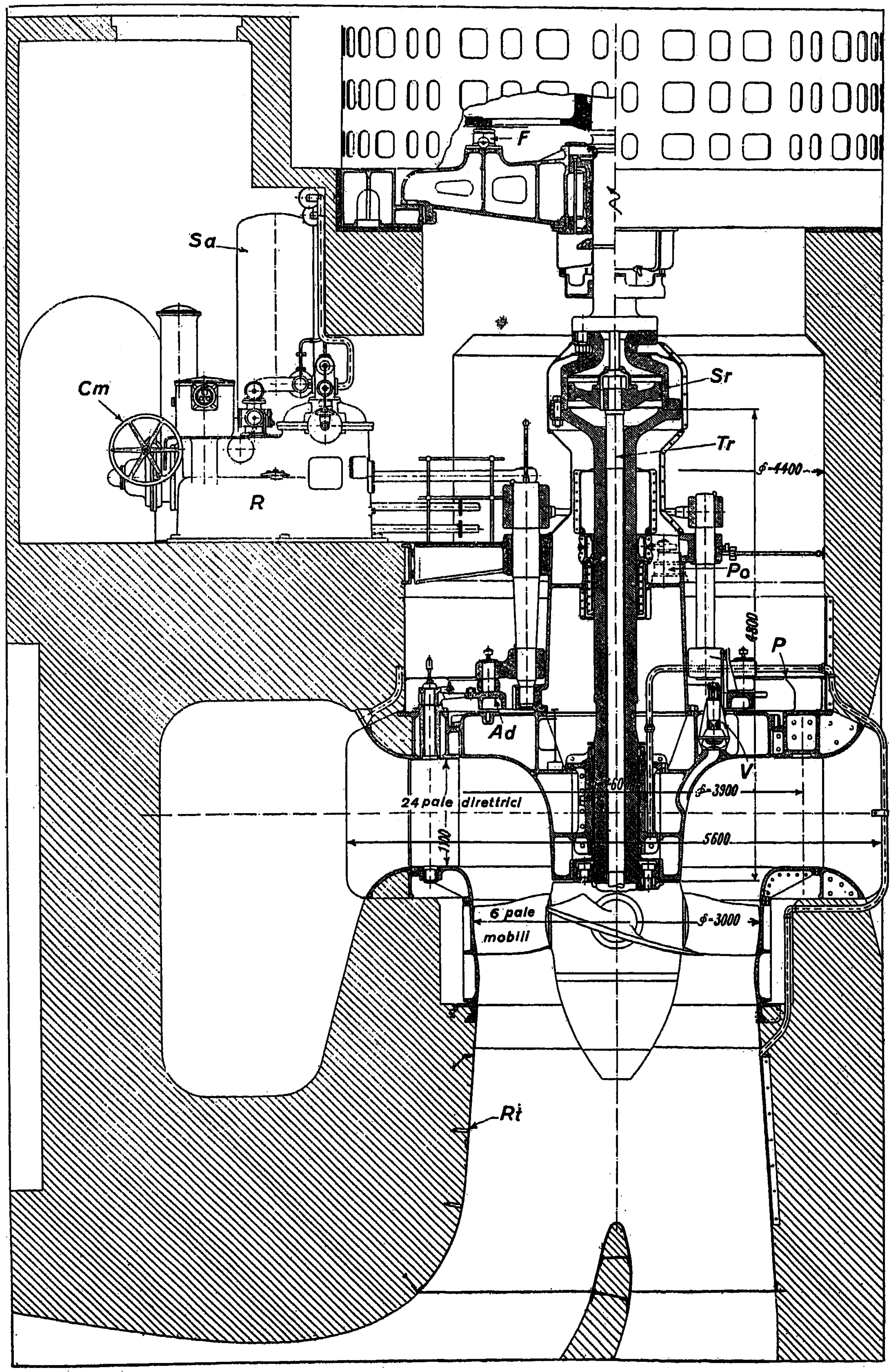



Fig. 4. - Sezione della turbina Kaplan. – *Ad*, anello distributore; *Sa*, serbatoio d'aria; *Cm*, comando a mano; *P*, passerella; *Po*, pompa ad olio; *R*, regolatore; *Rt*, rivestimento del tubo aspirante; *V*, valvola; *Sr*, servomotore per il comando della ruota; *Tr*, tirante di regolazione; *F*, freno.

fino al 35 % della tensione normale; al disotto di questo valore il regolatore porta il distributore al grado di apertura corrispondente a quello di marcia a vuoto del gruppo. I valori di garanzia della Kaplan in corrispondenza della caduta di m 17,45 sono: potenza 10 850 HP, portata 54,3 mc/sec, velocità di fuga

Gli alternatori forniscono 8 500 kVA ciascuno, alla tensione di 10 000 V e frequenza di 50 periodi; essi hanno il diametro interno dello statore di m 3,90 e il rotore in acciaio fucinato portante alla periferia i 32 poli, con un intraferro di 10 mm. Il momento d'inerzia occorrente per soddisfare alle esi-

genze di regolazione è raggiunto con l'adozione di un volante ausiliario formato da due ruote sovrapposte in acciaio fucinato e calettato sull'albero del rotore internamente alla carcassa. L'eccitatrice a poli ausiliari ha la potenza di 120 kW alla tensione di 220 V. Le caratteristiche dei generatori sono: rendimento per cos $\varphi = 1$, a 4/4: 95,5 % a 2/4: 92,4 %; per cos $\varphi = 0{,}8$ a 4/4: 94,4%, a 2/4: 91,2%; l'aumento di tensione fra la marcia a pieno carico e quella a vuoto è del 15 e 28% rispettivamente. Per l'arresto rapido dei gruppi si sono adottati freni a ceppi striscianti sui volanti, comandati da servomotori a pressione d'olio. Ogni alternatore è infine collegato al corrispondente trasformatore elevatore a 35 000 V, tipo trifase a raffeddramento naturale. Dalle sbarre si dipartono le linee che trasportano l'energia ai posti di smistamento e di trasformazione della «Compagnia Borgognone di trasporto d'energia» cui fanno pure capo le linee a 120 000 provenienti da Chancy-Pougny.

Ru.

b) **L'IMPIANTO DI SAFE HARBOR**

*Electrical World*, 5 dicembre 1931.

L'impianto di Safe Harbor utilizza un salto di m 16 ed è equipaggiato con turbine Kaplan da 42 500 HP cad, ruotanti alla velocità di 109,1 giri al primo e direttamente accoppiate ad alternatori da 36 000 kVA a 60 periodi.

Interessante risulta il confronto fra i diversi tipi di turbine, considerate in sede di progetto, dal punto di vista della regolazione delle pale, al fine di realizzare i migliori rendimenti nelle diverse condizioni di carico, con la massima semplicità dell'esercizio.

I diversi tipi di turbine presi in esame furono: *a*) quello a pale fisse; *b*) quello a pale spostabili con la turbina ferma; *c*) quello con comando a mano a turbina in moto; *d*) quello a completa regolazione automatica, realizzabile dal regolatore di velocità. Naturalmente le turbine con pale fisse, di cui al punto *a*) potevano essere adoperate combinandole con il tipo a pale girevoli, come è stato fatto nei classici impianti europei di Chancy-Pougny in Svizzera, e di Mori in Italia.

Scartato senz'altro per esigenze di installazione, il tipo di cui al punto *b*) in quanto il livello a valle nel canale di fuga è superiore alla mezzeria delle ruote, e poichè, dall'esame globale dei prezzi risultò per le turbine Kaplan a completa regolazione

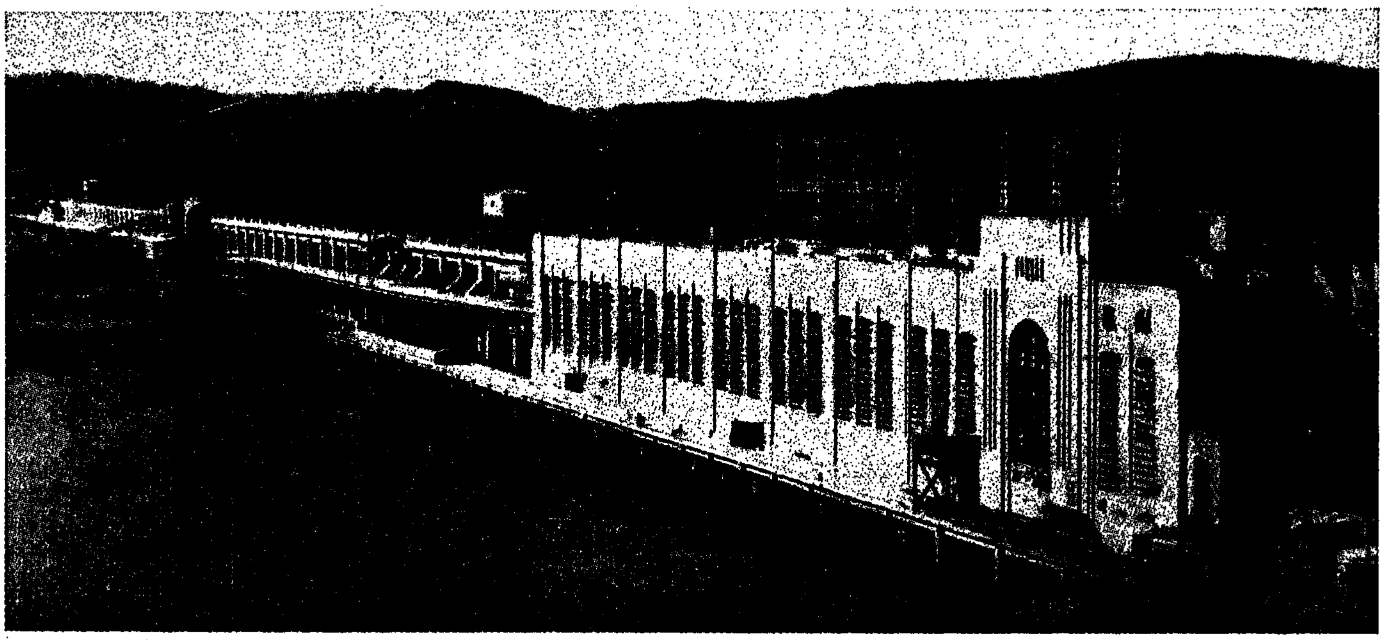


Fig. 1. - Vista d'insieme dell'impianto.

automatica una differenza in più del 15÷20 % solo, rispetto a quelle a pale fisse, furono adottate le prime anche in considerazione dei vantaggi offerti dalla regolazione automatica, per la semplicità di esercizio che ne deriva e per il minimo numero di parti di ricambio richieste da unità tutte uguali fra di loro.

La diga di sbarramento attraverso il fiume Susquehama ha una lunghezza totale fra le sponde di circa 800 m ed una cresta sfiorante di circa 600 m. Trentadue grandi paratoie Stoney consentono di regolare l'invaso in dipendenza della portata assai variabile del fiume nelle quattro stagioni, e consente altresì lo scarico delle piene massime, dell'ordine di circa 25 000 mc/sec.

L'ingresso della camera di ogni turbina è diviso in tre luci, chiudibili mediante paratoie di cui la mediana è comandabile con un argano a vite e le due laterali sono manovrabili con una delle due grue da 150 tonn di cui è provvista la centrale. Quest'ultima ha una dotazione di mezzi grandiosi poichè l'impianto è previsto per l'installazione di 12 unità. Per avere un'idea dei lavori effettuati basta pensare che sono stati ese-

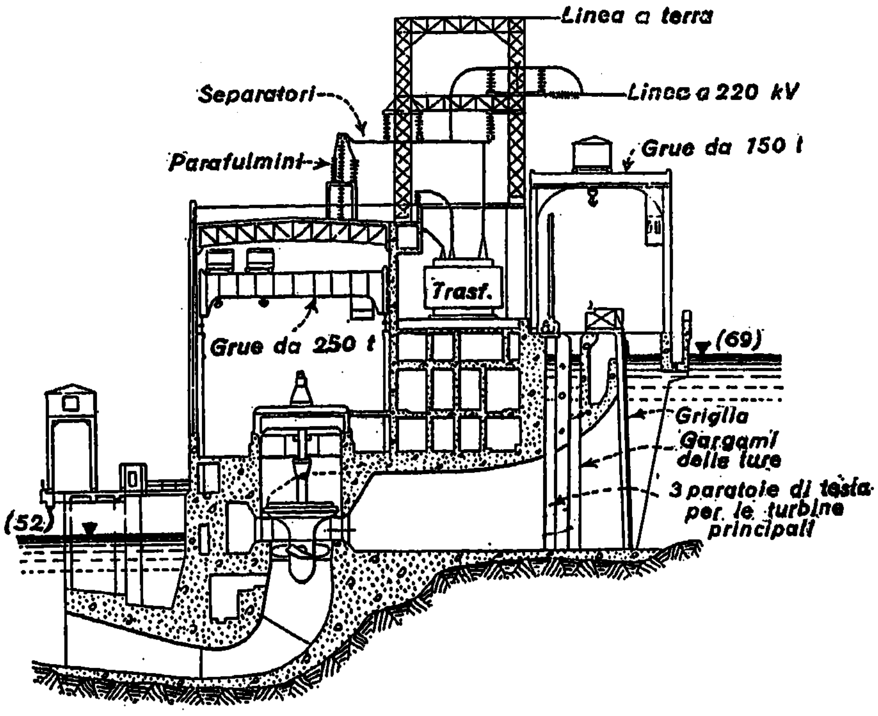



Fig. 2. - Sezione trasversale dell'impianto.

guiti scavi di roccia e di terra per circa 1 500 000 mc e sono state effettuate gettate per circa 400 000 mc di calcestruzzo.

L'energia prodotta viene trasportata, mediante linee a 220 kV, su grandi tralicci metallici, a Baltimora, sulla rete della Pennsylvania Water & Power Company.

Ru.

**UN "DIAFRAMMA ELETTRICO„ PER I PESCI** (c

*La Technique Moderne*, n. 7, 1932, pag. 212.

I corsi d'acqua interessati da installazioni idroelettriche sono stati, finora, muniti di dispositivi di protezione, generalmente costituiti da griglie fini, per impedire che i pesci penetrino nelle turbine.

L'installazione di questo tipo di griglia presenta però l'inconveniente di strozzare notevolmente la sezione offerta al passaggio dell'acqua e quindi provoca una perdita di carico relativamente forte; pertanto il rendimento dell'impianto, specialmente per le basse cadute, viene ad abbassarsi sensibilmente. Se l'acqua poi trasporta detriti, foglie, o si hanno formazioni di ghiaccio invernali, oltre all'inconveniente di forti perdite di carico, si presenta la necessità di procedere ad accurata e continua sorveglianza e pulizia. È per questa serie di svantaggi che si è cercato di eliminare quest'organo, in Svezia, dove ne è stato totalmente soppresso l'uso, mentre in Germania è stato adottato il meno possibile.

Attualmente però si è ideato un nuovo dispositivo che sembra apporterà notevoli benefici: negli Stati Uniti d'America ha già ricevuto varie applicazioni tanto nei corsi d'acqua alimentanti impianti idroelettrici, che nei canali d'irrigazione, con vantaggi veramente tangibili anche per la protezione completa dei pesciolini. Precedentemente per conseguire lo stesso scopo sarebbero occorse griglie con maglie larghe al massimo 7 mm, e quindi dannose dal punto di vista idraulico. Questo dispositivo ideato dall'ingegnere americano Cobb consiste nel creare uno sbarramento elettrico, insorpassabile dai pesci, e che si sostituisce ad ogni ostacolo meccanico; le norme per la sua applicazione vengono dettate e disciplinate dall'«Ufficio delle Pescherie» degli Stati Uniti. Il tipo più usato comprende due cavi paralleli disposti attraverso il corso d'acqua sui quali ad intervalli sono

derivati degli elettrodi con le estremità inferiori zavorrate per evitare eventuali oscillazioni; viene così creata una differenza di potenziale fra le due serie di elettrodi, la quale dà luogo ad un campo nell'acqua. Le tensioni impiegate sono dell'ordine di 5 a 24 V, in maniera che non sono da temersi difetti di isolamento, anche impiegando del legno bene impregnato. Da caso a caso, poi, e in relazione alle diverse esigenze di ubicazione possono essere suggeriti particolari accorgimenti.

Il campo elettrico prodotto nell'acqua si manifesta sotto la forma di una tensione che colpisce il pesce in relazione alle dimensioni del suo corpo, ed alla quale esso reagisce per spostamento: dagli esperimenti eseguiti si è notato che l'effetto migliore si ottiene se detto campo non aumenta troppo lentamente, nè si produce troppo bruscamente. In altri termini il pesce deve venire a trovarsi di fronte ad una specie di diaframma elettrico. Questo non deve essere mai inserito da solo su di un corso d'acqua dove si ha migrazione dei pesci: bisogna aggiungere un percorso by-pass, una scala di pesci, una conca ecc., il diaframma non deve essere facilmente accessibile dalle persone, così che i pesci non vengano disturbati.

Esperimenti numerosi, effettuati negli Stati Uniti, nelle reali condizioni della pratica, hanno dimostrato che adottando i diaframmi elettrici si raggiunge un'efficacia di protezione dei pesci che va dal 92 al 99%; le stesse cifre si sono constatate in Germania in condizioni non sempre molto favorevoli.

Ru.

---

## d) LA TECNICA DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE PER CALDAIE

*La Technique Moderne*, 1° marzo 1932, n. 5. – F. NEHL.

Come è noto, l'adozione di pressioni di vapore molto elevate ha avuto come conseguenza profonde trasformazioni nella composizione e nella messa in opera dei materiali per la costruzione delle caldaie. I grandi corpi cilindrici che funzionano da collettori di vapore non vengono più fatti con lamiere chiodate, ma con lamiere saldate o, meglio ancora, vengono ricavati per forgiatura da un blocco unico. Il procedimento per saldatura è più economico ed è stato così perfezionato, da permettere di ottenere con esso una completa sicurezza anche per le più elevate pressioni; si esigono tuttavia sempre operazioni di ricottura, che si eseguisce di solito a circa 930°, e prove idrauliche di resistenza.

Recenti innovazioni nel metodo di fabbricazione dei collettori di vapore in un sol pezzo, hanno permesso di abbassarne notevolmente il costo. Uno dei metodi più recenti è quello Röckner, che permette di fabbricare i corpi cilindrici ricavandoli da un blocco cavo su un laminatoio radiale. L'A. riporta i profili dei cilindri di laminazione usati a tale scopo. Il blocco cavo viene fatto procedere automaticamente attraverso le successive coppie di cilindri per l'azione stessa che il profilo di essi esercita sul materiale del blocco il quale, mentre avanza, subisce anche uno stiramento continuo ed uniforme. Questo modo di laminazione permette di trasformare rapidamente un lingotto cavo in un corpo cilindrico senza saldatura ed è molto più semplice e più economico del metodo di forgiatura usato finora. Dopo la laminazione i cilindri devono essere sottoposti alle prove idrauliche ed alla ricottura, come quelli ottenuti per saldatura.

Lo studio dei materiali per le caldaie ad alta pressione ha messo in evidenza come il limite elastico degli acciai al carbonio si abbassi rapidamente al di là di 200°; ne segue che alle alte temperature la resistenza a trazione non può più costituire un criterio sicuro per valutare gli sforzi che il materiale può sopportare senza inconvenienti. Caratteristiche più importanti a questo riguardo sembrano essere il valore del limite di elasticità a caldo e il cosidetto limite di cedimento (in inglese « creep limit ») cioè il valore del carico al di sotto del quale l'allungamento prodotto da uno sforzo di trazione si prolunga per un certo tempo, ma poi cessa completamente, mentre al disopra di tale carico l'allungamento si prolunga indefinitamente. Si è verificato sperimentalmente che per la maggior parte degli acciai tale condizione è soddisfatta quando l'allungamento orario fra la venticinquesima e la trentacinquesima ora di applicazione del carico non supera 0,0005 % della lunghezza iniziale del provino.

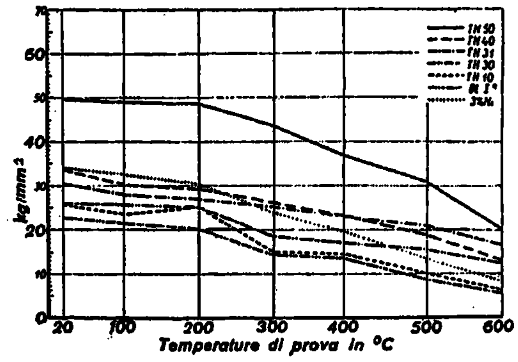



Fig. 1. - Limite elastico di lamiere per caldaie, in funzione delle temperature di prova.

Gli acciai al nichel, sebbene abbiano miglior resistenza a caldo, non si sono diffusi nella costruzione delle caldaie poichè non si possono saldare a caldo.

Si è invece riconosciuto, dopo lunghe ricerche, che il molibdeno, aggiunto anche in piccole proporzioni, produce un elevamento notevole del limite di elasticità a caldo senza alterare la capacità di saldatura. L'acciaio al molibdeno ottenuto in base a questi studi si presenta molto adatto per la costruzione di collettori e tubi per caldaie. Le figure 1 e 2 mettono in evidenza la superiorità di questo tipo d'acciaio (*TH*30) rispetto agli altri tipi, come ad esempio gli acciai detti di categoria 2 (*TH*10) o categoria 1 (*Bl I*) dai regolamenti tedeschi.

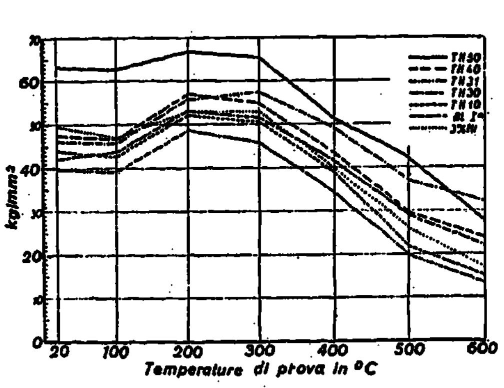



Fig. 2. - Resistenza alla trazione di lamiere per caldaie, in funzione delle temperature di prova.

Per ragioni di economia si è arrivati ad adottare degli acciai al rame molto meno cari di tutti gli acciai speciali prima usati. Le prove eseguite finora hanno riguardato soltanto acciai con 0,8 ÷ 1 % di rame, i quali non sono saldabili e si prestano quindi soltanto alla fabbricazione di collettori forgiati o laminati.

Le prove di tali acciai (indicati con *TH*40 sui grafici) hanno dimostrato che essi hanno un rapporto *R*/*E* (cioè fra la resistenza a trazione e il limite di elasticità) molto soddisfacente; essi si distinguono per eccellenti caratteristiche meccaniche, hanno limite elastico corrispondente a quello degli acciai al molibdeno, e al di là dei 300°, superiori anche a quello degli acciai al nichel che sono assai più cari. Tuttavia gli acciai al molibdeno sono superiori a quelli al rame come limite di scorrimento oltre i 450°.

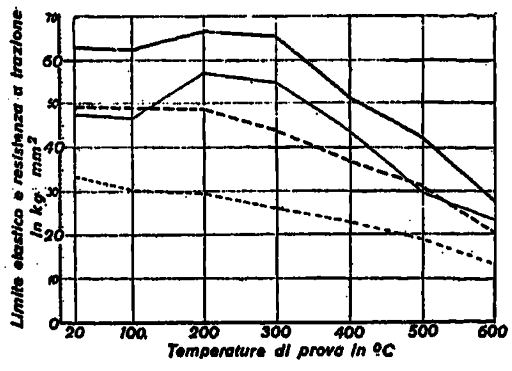



Fig. 3. - Limite elastico e resistenza alla trazione, in funzione delle temperature di prova, di acciaio al rame per caldaie, coll' 1 % di *Cu*.

- - - ——— Acciaio al rame rinvenuto.
- - - ——— » » » normale.

Gli acciai al rame hanno un'altra proprietà importante, cioè che la loro durezza e la loro resistenza aumentano con un rinvenimento fra 450° e 550°; il fenomeno è dovuto ad una precipitazione dell'eccesso di rame in soluzione solida. Il rinvenimento può essere eseguito senza una tempera preventiva; questa caratteristica è assai importante, poichè permette di utilizzare durante la fabbricazione un acciaio relativamente dolce, al quale si potrà dare un aumento di resistenza a lavorazione terminata. Nella fig. 3 il fenomeno è messo in evidenza: riesce chiaro l'elevazione generale del limite elastico, ma il vantaggio più importante è quello del raggiungimento di un limite elastico molto elevato alle alte temperature. La fig. 4 fa vedere quanto l'acciaio al rame sia, a questo riguardo, superiore ad un acciaio al carbone avente la stessa resistenza iniziale. Gli acciai al rame rinvenuti non possono tuttavia essere impiegati a temperature superiori a circa 420°, perchè oltre tale limite le caratteristiche dovute al rinvenimento si affievoliscono. Quindi l'acciaio al rame può essere impiegato soltanto per quelle parti di caldaie che non sono soggette alla radiazione diretta delle fiam-

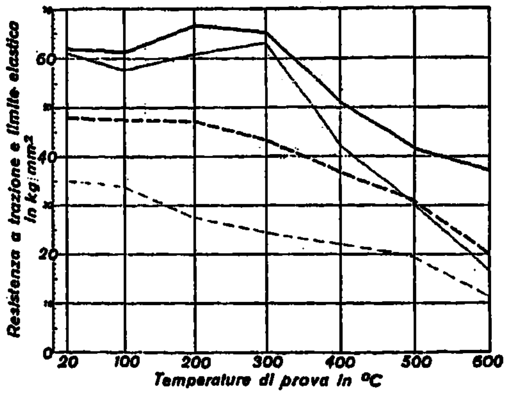



Fig. 4. - Resistenza a caldo di una lamiera di acciaio al rame rinvenuta e di una lamiera di acciaio al carbone, aventi sensibilmente la stessa resistenza a temperatura ordinaria.

- - - ——— Acciaio al rame rinvenuto, con 0,16% e 1,06 % *Cu*.
- - - ——— Acciaio al carbone, con 0,42% *C*.

me. Ciò che si è detto riguardo ai materiali per collettori vale anche all'incirca per i materiali dei tubi d'acqua delle caldaie; anche per essi si sono dovuti adattare acciai aventi maggiore resistenza a caldo di quelli ordinari. Le avarie che si verificano nei tubi delle caldaie sono generalmente dovute a sovrariscaldamenti localizzati, i quali dipendono dalla presenza di incrostazioni. Questi inconvenienti si possono prevenire trattando opportunamente l'acqua di alimentazione, assicurando una energica circolazione dell'acqua entro la caldaia e facendo uso di acciai a grande resistenza a caldo.

Ri.

---

## e) ELEVATE TEMPERATURE DI VAPORE. ALCUNE RICERCHE E CONSIDERAZIONI

*V. D. I.*, 19 marzo 1932. – F. Marguerre.

La grande centrale ad alta pressione di Mannheim è da parecchi anni in funzione: il vapore che vi si produce è alla temperatura di 460° e la produzione fino al marzo scorso è stata di circa 1,25 milioni di tonnellate di vapore a tale temperatura. Riescono perciò interessanti le osservazioni e i risultati d'esercizio che si sono potuti finora raggiungere.

*Influsso delle alte temperature.* – La prima conseguenza delle elevate temperature è la forte dilatazione dei materiali, la quale, nel caso di costruzioni con materiali diversi, può portare a sforzi rilevanti in conseguenza del diverso coefficiente di dilatazione. Anche con materiale unico possono verificarsi sforzi pericolosi, per i salti di temperatura che si manifestano all'avviamento o durante il raffreddamento, sforzi che possono superare il limite di elasticità. Tuttavia questi fenomeni possono essere dominati col calcolo o con misure dirette.

Più complicata è la questione relativa alla resistenza a sforzi prolungati, cioè del cosidetto « creeping ». Non è ancora ben chiarito se a temperature fra 400° e 405° si possa ancora contare su un valore di sollecitazione, sotto la quale il materiale si comporti sostanzialmente come a temperature più basse, oppure se si debba ritenere che al di sopra di una certa temperatura il materiale subisca una deformazione continua. Nel dubbio, il costruttore deve comportarsi come se fosse accertato il fenomeno di tale deformazione continua.

La fig. 1 rappresenta il comportamento dei diversi materiali alle alte temperature. La rapidità di deformazione dipende notevolmente dal trattamento preventivo che ha subito il materiale. Non è ancora possibile stabilire un nesso fra i risultati di prove di resistenza di breve durata e il comportamento sotto carichi prolungati.

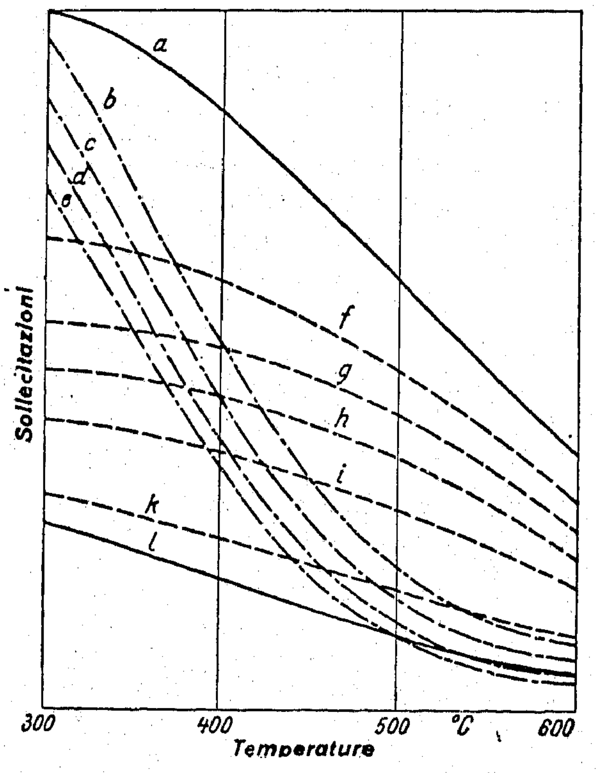



Fig. 1. - Il campo dei cedimenti continui (« creeping »).
*a*) carico di rottura (durata prova 10 minuti),
*b, c, d, e*), rapidità di cedimento in 24 h in scale diverse,
*f, g, h, i, k*), allungamenti iniziali del 2%, 1%, 0,5% ecc.,
*l*) limite di proporzionalità.

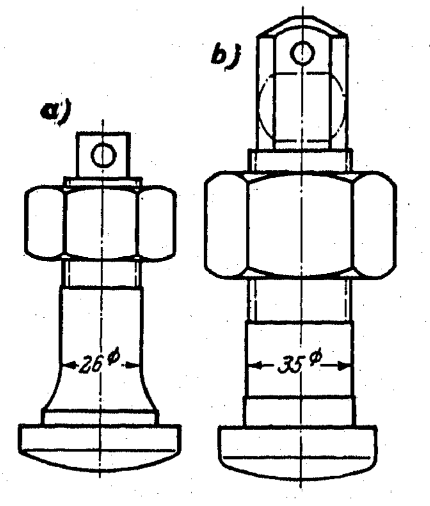
Il Baumann ha cercato di tradurre le velocità di cedimento a diverse temperature come funzione del carico, utilizzando i risultati di numerose esperienze. Le curve del Baumann possono ritenersi attendibili, entro limiti non troppo ristretti, per gli acciai al carbonio, mentre per gli acciai speciali i valori delle curve risultano spesso molto diversi dal comportamento pratico di tali materiali.

*Risultati di esercizio con surriscaldatori.* – Nella centrale di Mannheim si rilevò una rilevante perdita di acqua nel ciclo, e la causa fu trovata nella imperfetta tenuta delle chiusure dei surriscaldatori.

Nella fig. 2*a*) è rappresentato il vecchio tipo di elemento di chiusura, mentre nella fig. 2*b*) è rappresentata la costruzione successivamente adottata: la piccola differenza del coefficiente di dilatazione fra questi pezzi in acciaio ordinario e la staffa in acciaio speciale, non bastava a dare ragione di tale inconveniente.

Siccome i bulloni si serravano a freddo, intervenivano, in esercizio, fenomeni di deformazione duratura per sollecitazioni oltre il limite di elasticità a caldo. Il comportamento di questi materiali è stato studiato dal Baumann, assumendo come tensione iniziale di chiusura quella di kg 10: è risultato che i vecchi pezzi in acciaio comune potevano in poche ore produrre deficienze di tenuta, mentre i nuovi pezzi rinforzati in acciaio speciale potevano resistere assai bene a lungo alla temperatura di 482°.

In alcuni tubi del surriscaldatore vennero riscontrate variazioni di diametro del 10 % ed oltre. Esse non erano imputabili ai fenomeni di dilatazione continua, poichè la massima sollecitazione era limitata a 4 kg/mm² e i tubi erano in materiale speciale per alta temperatura, per il quale la velocità di cedimento per la temperatura di esercizio era di 1% in 100 000 ore. La causa del fenomeno va quindi addebitata ad ineguali distribuzioni di temperatura durante l'esercizio. In realtà all'avviamento




Figg. 2 *a*) e *b*). - *a*) vecchia e *b*) nuova costruzione dei pezzi di fissaggio del surriscaldatore.

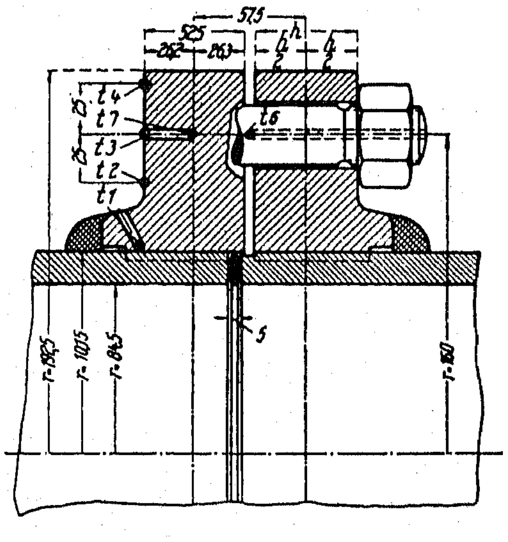


Fig. 3. - Collegamento a flange per 100 atmosfere.

vennero misurate temperature di vapore fino a 550°. Il fatto che solo alcuni tubi si deformavano sta ad indicare che la temperatura non era uniforme nel fascio di tubi.

Altre ricerche hanno permesso di riconoscere salti di temperatura fino a 100° fra il vapore e le pareti dei tubi. Bisogna quindi sul calcolo dei surriscaldatori nei riguardi del cedimento contare almeno su temperature dei tubi di 40° superiori a quella del vapore per lunghi periodi, e a differenze anche maggiori per periodi brevi. Già con temperature medie di vapore di 470° bisogna, seconda l'esperienza fatta, restare colla sollecitazione al disotto di 4 kg/mm² anche per tubi in acciai speciali.

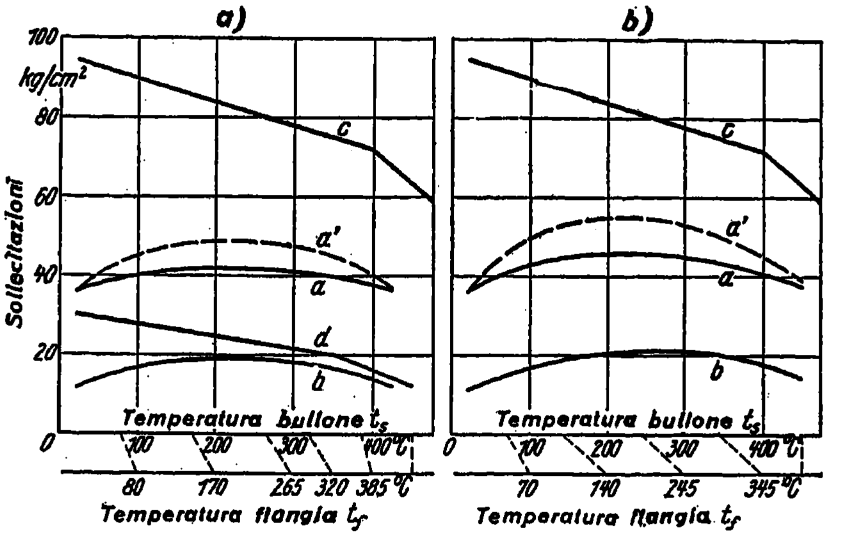
*Collegamenti a flangia.* – Le flange erano costruite come è indicato nella fig. 3. In esercizio si manifestarono deficienze di tenuta, la causa delle quali venne riconosciuta in una differenza di temperatura di circa 100° che si manifestava fra l'asse del bullone e il punto più caldo della flangia durante l'avviamento. Si verificarono anche sensibili deformazioni sulle flange e nei tubi collegati.

Per ricercare la causa di tali fenomeni vennero anzitutto eseguite accurate misure di temperatura in diversi punti della flangia.

L'avviamento, dopo l'arresto notturno, è pericoloso per le tubazioni di vapore, creando fra la parete del tubo e la mezzaria della flangia differenze di temperatura fino a 60° misurati, ciò che significa senza dubbio differenze effettive di temperatura di circa 100°. In tali condizioni bisogna tenere conto del diverso coefficiente di dilatazione dei materiali.

Nelle fig. 4*a*) e *b*) sono indicate le sollecitazioni in diversi punti del collegamento a flange in funzione delle differenze di temperatura fra la vite e la flangia: queste differenze sono rispettivamente di 20° a 35° e di 30° a 55° e le più elevate si hanno durante gli avviamenti rapidi.

L'andamento delle curve dimostra che per la sollecitazione che si genera nel bullone ha una grande importanza la elasticità della flangia. Siccome però gli sbalzi di temperatura e le corrispondenti sollecitazioni durano soltanto pochi minuti, le riscontrate deformazioni dei bulloni devono senza dubbio essere riferite a fenomeni di cedimento continuo per effetto dei carichi permanenti. Questa asserzione è stata infatti confermata da esperienze eseguite su bulloni che erano stati sottoposti per 2000 ore a temperatura di 400° a 450°.




Figg. 4 *a*) e *b*). - Sollecitazioni nelle flange a bulloni all'avviamento.

*a*) asse del bullone, sollecitazione iniziale 36 kg/mm²,
*a'*) idem senza tener conto dell'elasticità delle flange,
*b*) asse del bullone, sollecitazione iniziale 12 kg/mm²,
*c*) limite di elasticità a caldo dell'acciaio del bullone (prove di breve durata),
*d*) idem per l'acciaio della flangia, riferita ai valori di $t_f$ come ascisse.

Oltre all'allungamento continuo dei bulloni si è riscontrato anche un incurvamento delle flange. La sollecitazione permanente complessiva della flangia raggiunge circa 2/3 di quella del bullone, così che nella fig. 4*a*) si sarebbero dovuti aumentare i valori delle sollecitazioni per la curva *d* di circa il 50 %, per poterla confrontare con le altre.

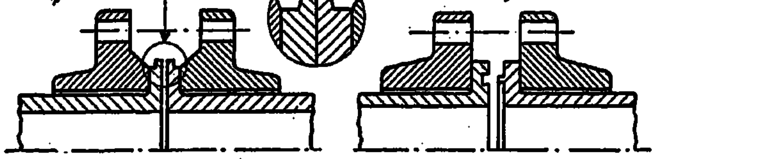
Una sollecitazione forte della vite non importa il superamento da parte della flangia del limite d'elasticità nel senso che gli si attribuisce nei riguardi delle sollecitazioni di breve durata, così che la deformazione riscontrata nella flangia deve essa pure essere attribuita a fenomeni di cedimento continuo a sollecitazione prolungata.

L'allungamento del bullone e la deformazione della flangia furono evitati coll'uso di acciaio al molibdeno e la diminuzione delle sollecitazioni. Tenuto conto delle ineguaglianze di temperatura riconosciute nei diversi punti della flangia e in questa rispetto al tubo, ne derivava, come l'A. dimostra, la impossibilità pratica di provvedere al mantenimento della tenuta con flangia del tipo descritto, qualora il funzionamento avvenisse a temperatura molto elevata e con avviamenti bruschi; e ciò anche impiegando, per i pezzi più sollecitati, acciaio speciale per alte temperature.

L'A. ricorda i lavori di Pomp e Dahmen e quelli di Pomp e Enders riguardo alle sollecitazioni prolungate, in base ai quali, estrapolando opportunamente, si dovevano ritenere tollerabili, per le temperature in giuoco e per i materiali impiegati, sollecitazioni prolungate di 13 kg/mm² circa; in realtà si sono verificati allungamenti continui per sollecitazioni molto inferiori a quelle e ciò sta a dimostrare che per acciai al carbonio duri, le conclusioni di Pomp e Enders non sono praticamente valevoli. Ciò vale anche per altri materiali citati dall'A.

Più vicine ai valori pratici stanno quelli indicati da Tapsell.

*Altri tipi di flange.* – Più opportuni del tipo descritto sono le flange costruite da qualche anno dalla ditta Borsig. La flangia a ribordi, di quelle del tipo delle figg. 5 *a*) e *b*), si usa in America




Figg. 5 *a*) e *b*). - Tipi di flange a ribordi secondo Vargol e secondo Wever.

per temperature poco superiori a 400°. Per alte pressioni è necessario avere con queste flange molta attenzione: siccome lo spessore del ribordo del tipo dipende da quello della parete del tubo stesso, non si possono costruttivamente padroneggiare le sollecitazioni. Con una pressione di vapore di 100 atmosfere si genera in certi punti una sollecitazione di flessione di 13 kg/mm²; a questa va aggiunta la sollecitazione longitudinale dei tubi, che raggiunge circa 6 kg/mm², dando così nei punti più pericolosi una sollecitazione complessiva di circa 19 kg/mm². All'avviamento la flangia è più fredda del bordino e ciò introduce altre sollecitazioni.

È difficile precisare come queste sollecitazioni si compongano, tuttavia è ragionevole ritenere che con una temperatura di 450° sul tubo, si superino durante l'avviamento le sollecitazioni limiti per carichi di breve durata a caldo e, durante l'esercizio, anche il carico di cedimento continuo, almeno per acciai comuni. Il collegamento è perciò destinato a perdere la sua ermeticità.

In considerazione delle difficoltà che si presentano colle giunzioni a flangia ci si domanda se non si debba ricorrere a collegamenti saldati. La tecnica di tali saldature non presenta oggi grandi difficoltà, ma esse presentano l'inconveniente di non permettere di riconoscere all'esterno le eventuali imperfezioni della saldatura. Rimane perciò incerta la convenienza di utilizzare questo sistema di collegamento fino a che non si sia trovato un mezzo pratico di verifica e di prova delle saldature finite.

*Alte pressioni o altissime temperature?* – Si è spesso asserito che il fatto di dover ricorrere, alle alte pressioni, al surriscaldamento intermedio porti una tale complicazione d'impianto da rendere preferibile di cercare di raggiungere negli impianti a condensazione lo stesso rendimento, facendo uso di pressioni più basse ed elevando invece la temperatura del vapore.

Le obbiezioni contro il surriscaldamento intermedio effettuato coi fumi sono giuste qualora si vogliano installare a tale scopo apposite caldaie; non è più così se ogni turbina è collegata con una sola o due caldaie, nel qual caso l'aumento del costo d'impianto è piccolo. Col surriscaldamento intermedio effettuato con vapore vivo non si ha nessuna complicazione d'esercizio, come è dimostrato dalla pratica di parecchi anni, e le spese d'impianto riescono di circa l'uno per cento della spesa totale.

Dei confronti sono stati infine fatti tra un gruppo che utilizza vapore a 100 atm e a 475° e gruppi che, utilizzando vapore a date pressioni medie, richiedono temperature appropriate del vapore per avere lo stesso rendimento. Per questi casi si sono considerati gli spessori delle pareti del surriscaldatore, il peso del surriscaldatore a parità di differenza di temperatura tra vapore e pareti, le sezioni libere e gli spessori delle diverse parti a contatto del vapore, a parità di perdita di pressione (quindi costo dei tubi e delle valvole), infine i costi delle turbine. La conclusione è che un impianto a pressione media ed a temperatura tale da dare un rendimento termico prossimo a quello di un altro ad alta pressione, non presenta alcun vantaggio nei riguardi del costo dell'impianto, aumentano anzi, a causa delle alte temperature, le difficoltà di costruzione e quelle di esercizio. Per migliorare il rendimento termico degli impianti converrà aumentare le pressioni e non le temperature.

Ri.

---

## NOVITÀ NELLE POMPE PER CALDAIE AD ALTA PRESSIONE (f

*E. u. M.*, 1° maggio 1932. – Ing. E. Vogel.

Oggigiorno per l'alimentazione delle caldaie si adoperano quasi esclusivamente pompe centrifughe, le quali però per alte pressioni sono studiate con accorgimenti speciali per assicurare buone condizioni di esercizio. Per impiego con acqua riscaldata oltre 100° o 200° e per pressioni da 20 a 50 atmosfere è assai difficile costruire un premistoppa che assicuri una tenuta perfetta e duratura, senza dar luogo a notevoli perdite d'acqua. Anche la necessità di raffreddare il premistoppa è poco economica, producendo sensibili perdite di calore.

Si sono perciò studiate pompe nelle quali sono aboliti i premistoppa sul lato alta pressione. Se ne distinguono 2 tipi: uno con poche ruote ed adatto per grandi portate ed un altro per piccole portate con molte ruote. Nel primo tipo si può con ogni ruota ottenere una pressione da 10 a 15 atmosfere; l'albero molto robusto è sostenuto dalla parte del comando da 2 supporti alquanto lontani fra di loro, di modo che la parte che porta le ruote, sebbene funzioni a sbalzo, riesce molto stabile.

Un'altra difficoltà è quella dell'equilibratura idraulica della pressione assiale, la quale per ruote di diametri di 80 mm e 60 atmosfere di pressione raggiunge kg 3000; se ci sono 4 ruote in serie, ciò corrisponde ad una pressione assiale di kg 750 per ogni ruota. All'equilibratura si provvede con accorgimenti costruttivi, dando diverso diametro agli anelli di tenuta dal lato bassa e alta pressione.

Come sopporti si adoperano esclusivamente quelli a sfere; tuttavia anche con essi, date le elevate velocità in giuoco, che sono dell'ordine di 3000 giri al minuto, si produce un notevole riscaldamento dell'olio, cosicchè bisogna provvedere al suo raffreddamento. Esso si ottiene facendo circolare dell'acqua in una camera a monte del premistoppa sul lato di entrata nella

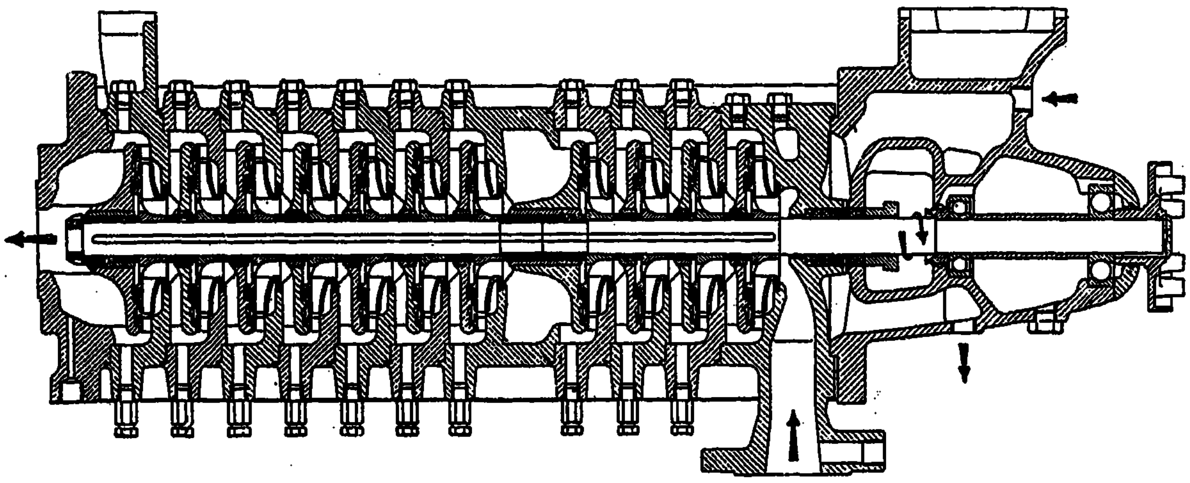


Fig. 1. - Pompa per alta pressione senza premistoppa e con albero in 2 tronchi: 18 m³/h e 20 atmosfere.

pompa; l'acqua investe l'albero, raffreddando così per conduzione i supporti, senza che si venga a raffreddare sensibilmente l'acqua circolante nella pompa.

Per piccole portate a grande numero di ruote l'albero della pompa viene costruito in più pezzi, ciascuno dei quali ruota indipendentemente dagli altri e tutti si mantengono a regime in-

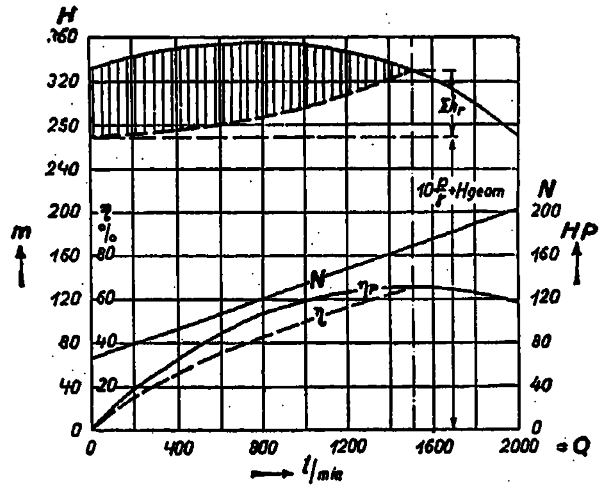


Fig. 3. - Regolazione della portata con valvola: $\Sigma h_r$ indica la somma di tutte le perdite di carico.

feriore alla velocità critica. Questo tipo costruttivo è indicato nella fig. 1, dove si vede come la boccola di unione dei 2 tronchi dell'albero funzioni anche da supporto: nella pompa in figura, il primo tronco d'albero funziona con 4 ruote e sotto la velocità critica; ciascuno dei successivi tronchi può portare fino a 7 ruote senza che si verifichino vibrazioni per effetto della velocità critica. Questo tipo di pompa viene costruito per pressioni fino a 50 atmosfere e portate fino a 2000 litri all'ora.

tore a corrente alternata. Il comportamento in tal caso è raffigurato nella fig. 3, che si riferisce ad una portata di 1500 litri al minuto con una pressione totale di m 330. Se la portata diminuisce secondo la linea tratteggiata, la potenza diminuisce secondo la linea $N$ e il rendimento riferito al carico effettivo diminuisce da $\eta_r$ a $\eta$.

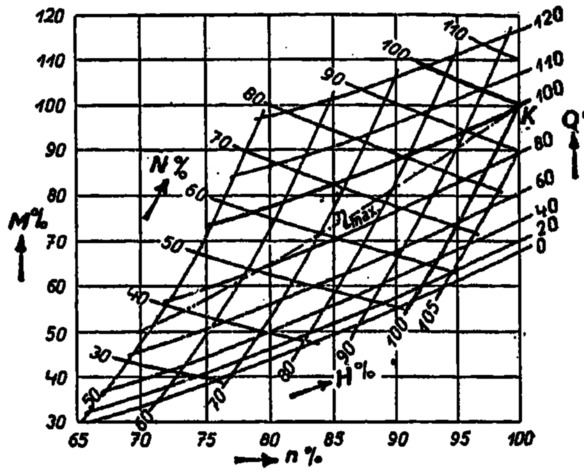


Fig. 2. - Regolazione della portata con variazione del numero dei giri.

Una difficoltà interviene per il fatto che, oltre un certo limite di riduzione della portata, intervengono fenomeni di instabilità. Per rimediare a tale inconveniente bisogna studiare la pompa in modo che abbia una caratteristica portata-prevalenza costantemente discendente coll'aumentare della portata, come è indicato nella fig. 4.

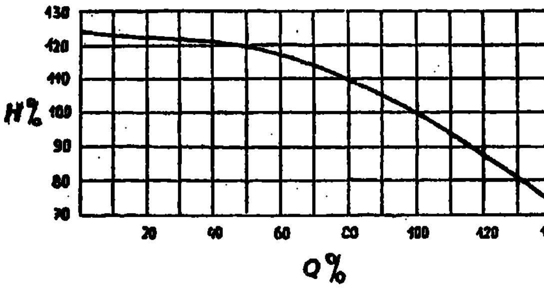


Fig. 4. - Caratteristica stabile di una pompa a largo campo di regozione.

I valori medi di rendimento per pompe da 2900 giri al minuto, senza riguardo alla stabilità della caratteristica, sono:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| diametro tubo di press. mm | 32 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 |
| portata in ......... l/min | 75 | 150 | 300 | 475 | 800 | 1200 |
| rendimento .............. | 0,57 | 0,59 | 0,63 | 0,67 | 0,70 | 0,72 |

Volendo pompe con caratteristica stabile bisogna sacrificare circa il 5 % sul rendimento.

Usando acqua preriscaldata si possono naturalmente usare altezze di aspirazione minori che con acqua fredda. Si può calcolare l'altezza di aspirazione a diverse temperature d'acqua moltiplicando l'altezza di aspirazione ammissibile per quella data pompa con acqua fredda, per un coefficiente $k$ desumibile dalla seguente tabella:

*Influenza delle temperature.*

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatura .........°C | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 |
| Pressione vapore atm. ass. | 0,32 | 0,48 | 0,71 | 1.03 | 1,46 | 2,03 | 2,76 | 3,7 | 4,87 | 6,32 |
| Peso specifico ......... | 0,978 | 0,972 | 0,965 | 0,958 | 0,951 | 0,844 | 0,935 | 0,926 | 0,917 | 0,908 |
| Pressione all'ammiss. .... | 0 | 0 | 1,5 | 2,5 | 2,9 | 3 | 3 | 3,1 | 3,1 | 3,2 |
| Fattore di correzione .. $k$ | 1 | 1,01 | 1,03 | 1,05 | 1.06 | 1,07 | 1,08 | 1,09 | 1,10 | 1,10 |

La regolazione della portata si effettua generalmente variando il numero dei giri; il comportamento è quale appare dalla figura 2. La massima prestazione della pompa corrisponde al punto $K$, a cui corrispondono una portata $Q$, un numero di giri $n$, una prevalenza $H$, una potenza $N$ e una coppia motrice $M$, tutti posti eguali al 100 %. Mantenendo la stessa prevalenza $H$ e abbassando i giri al 95 % si vede che la portata scende a $Q = 60$ % e la potenza a $N = 70$ %, il momento torcente a $M = 74$ %. Volendo regolare in modo che il rendimento si conservi massimo bisognerebbe seguire la linea punteggiata, ciò che è possibile soltanto quando diminuisce contemporaneamente la pressione in caldaia.

La regolazione della portata mediante valvola si adopera generalmente quando si abbia il comando della pompa con mo-

Il rendimento della pompa non è influenzato dal valore $k$. Se la potenza necessaria $N_0$ in HP è data per acqua fredda, quella per acqua calda è data da $N = \gamma/k \,.\, N_0$ e la prevalenza manometrica diventa $1/k \,.\, H$, se $H$ è l'altezza totale in metri d'acqua riferita all'acqua fredda.

Nel caso di riscaldamento intermedio dell'acqua anzichè fare uso di successive pompe, si sono costruite pompe accoppiate studiate in modo da non aver bisogno di premistoppa sull'alta pressione.

Con questi nuovi tipi di costruzione di pompe per l'alimentazione di caldaie, si è raggiunto un elevatissimo grado di sicurezza di funzionamento.

Ri.

g) **RISULTATI DI UN'INCHIESTA INTERNAZIONALE SULLE MESSE A TERRA**

Il Segretariato della « Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à Haute Tension » ha chiesto ai vari Comitati nazionali quali sono i tipi e le modalità per la messa a terra adottati nei varî paesi e quali risultati sono stati ottenuti. Le risposte sono state poi pubblicate in *Electra*, che come noto è la Rivista mensile edita dalla Conferenza, ed alcune sono anche assai dettagliate.

La risposta olandese accenna semplicemente che per le messe a terra vengono usati di preferenza tubi metallici, riservando le piastre e i nastri principalmente alle sottostazioni di trasformazione; quella inglese ricorda che per le linee del Central Electricity Board si adoperano tubi di ghisa senza zincatura di 0,15 m di diametro, interrati per una profondità di 1.85 m e circondati di coke in polvere, mentre le altre Imprese elettriche adoperano piastre di ghisa di 0.46 × 0.46 m, con uno spessore di 10 mm. Il conduttore di terra è un cavo come quelli usati per la b. t.

Più dettagliata è la risposta svizzera. Dove è possibile, si installano terre apposite, collegate alle tubazioni preesistenti (acqua, gas ecc.); si può in alcuni casi contentarsi di queste ultime terre quando la loro resistenza sia sempre al di sotto di 20 ohms.

La superficie utile totale degli elettrodi deve essere almeno di tanti metri quadrati quanti sono i *sistemi* ad A. T. dell'impianto, intendendo per *sistema* l'insieme di tutte le parti ad A.T. (macchine, apparecchi, reti) dell'impianto considerato che funzionano alla stessa tensione. Tale superficie va aumentata di almeno 1 m² quando l'impianto comprenda anche sistemi a b. t. Le forme degli elettrodi sono svariate, comprendendo piastre, tubi e nastri; come metallo si adopera sia il rame che il ferro zincato o la ghisa, variando opportunamente lo spessore. Sembra preferita fra tutte la messa a terra in nastro metallico, poi quella in tubo, in fine la piastra.

La resistenza di terra deve esser tale che la caduta di tensione fra il conduttore di terra e un punto del terreno lontano almeno 20 m, provocata dalla corrente di c. c. unipolare a terra (che si ammette di almeno 5 A) non sia mai minore di 50 V. Si deve in ogni caso anche artificialmente procurare un buon contatto con la terra e interrare gli elettrodi a una profondità superiore a quella raggiunta dal gelo (0.80 a 1.50 m).

Interessante il sistema raccomandato dove è possibile per la messa a terra dei pali a traliccio: un nastro metalico avvolto intorno alla fondazione in tre cerchi concentrici di diametro notevolmente diverso e a profondità pure diverse; inoltre una rete metallica a fior di terra che ricopre parte dello spazio fra il blocco di fondazione e il cerchio minore. Naturalmente sistemi così complicati non sempre possono usarsi.

Al Giappone, dove il suolo è generalmente più umido che nella maggior parte dei paesi dell'Europa e dell'America, si ottiene facilmente una resistenza di terra abbastanza piccola senza ricorrere a dispositivi complessi o costosi. Questo fatto è messo in evidenza dalle risposte giapponesi, che riguardano alcune fra le più importanti Società elettriche del Giappone e che comprendono tanto le derivazioni verso terra degli scaricatori che le messe a terra dei pali. Tanto nell'uno che nell'altro caso si adoperano sia una o più piastre di rame che tubi di ferro zincato. Spesso tutti i sostegni di una linea sono messi a terra.

Ricorderemo per finire, e come confronto, che in Italia le Norme Impianti attualmente vigenti danno qualche prescrizione anche per le messe a terra. Per i collegamenti a terra delle parti metalliche che potrebbero venire a trovarsi sotto tensione son prescritti conduttori di rame con sezione di 20 mm² o anche di altri metalli con sezioni equivalenti (art. 2103). Per quanto riguarda gli scaricatori, le derivazioni verso terra e relativi elettrodi devono essere tenuti distinti da quelli per le altre parti dell'impianto; come elettrodi sono ammesse le piastre metalliche con superficie di almeno 0,5 m², ma son preferiti i tubi; per la bassa tensione è ammesso di usare anche le rotaie da corsa di ferrovie e tramvie elettriche, ma non le tubazioni di acqua o gas (art. 2510).

Per le linee oltre 1200 V van messi a terra i sostegni di ferro e cemento armato; quando vi è filo di terra, basta mettere a terra solo alcuni sostegni, purchè la sezione del conduttore di terra sia tale che con la corrente massima da cui può essere attraversato non si abbia una caduta di tensione superiore a 300 V fra 2 terre consecutive (art. 3205).

M. A.

---

h) **CONDUTTORI IN ALDREY**

*Alluminio*, marzo-aprile 1932. – Dott. ing. C. PRAMAGGIORE.

Fra le varie leghe metalliche leggere che sono entrate da qualche anno nell'uso per la costruzione di linee elettriche, l'aldrey è forse quello che ha incontrato maggior favore, almeno in Italia. I nostri lettori conoscono le caratteristiche del conduttore in aldrey adoperato per la conduttura a 220 kV Cardano-Cislago della SIP (1); ma numerose altre sono le linee italiane per le quali è stato impiegato un conduttore cordato di tale materiale. Citiamo fra le più importanti la Lavis-Feltre, a 220 kV, pure del gruppo SIP; le linee a 120 kV S. Silvestro-Moline-Marghera, Marghera-Dolo, Maser-Rana, del gruppo Adriatica; la Sesto S. Giovanni-Bobbio-Pontremoli-Genova, a 70 kV, delle A.F.L. Falck ecc. Anche le FF. SS. hanno adottato l'aldrey per alcune linee primarie.

Le caratteristiche di questa lega sono abbastanza note; ad ogni modo da una tabella assai completa inserita nello studio dell'ing. Pramaggiore riportiamo le caratteristiche più importanti nei riguardi dell'uso che ci interessa, avvertendo che si tratta di dati *medî* per fili da 2 a 3 mm. di diametro.

| | |
|---|---|
| Carico di rottura | 33 kg/mm² |
| Limite elastico (al 0.02% di allungam. residuo) | 21 » |
| Limite di snervamento (al 0.2% » ») | 29 » |
| Allungamento alla rottura (su 200 mm) | 7 % |
| Modulo di elasticità | 6500 kg/mm² |
| Conducibilità a 20° C | $31{,}5 \frac{m}{ohm \times mm^2}$ |
| Numero di torsioni a 360° su lunghezza libera di 100 mm | 11 |
| Piegamenti a 180°: $R = 10$ mm | 7 |
| » » $R = 2{,}5$ mm | 6 |
| Peso specifico | 2,70 |
| Coefficiente di dilatazione termica | $23 \times 10^{-6}$ |
| » elettrico di temperatura | $36 \times 10^{-4}$ |

Per le corde, il carico di rottura è naturalmente un po' minore, da 32 (medio) a 30 (minimo) kg/mm²; il modulo di elasticità è di 6000 kg/mm² e la conducibilità media di $31 \frac{m}{ohm \times mm^2}$

L'articolo che riassumiamo si occupa poi delle qualità che raccomandano l'impiego dell'aldrey per gli elettrodotti: la resistenza *statica* o *alla durata* (2) è di 28 kg/mm² per leghe aventi 35 kg/mm² di resistenza a trazione normale, con un rapporto quindi di 0,80, contro 0,60 che si ha per l'alluminio e 0,85 per il rame; la resistenza $K_w$ alle sollecitazioni alternate ripetute o alla flessione rotante, che è quella che determina il comportamento del conduttore ai punti di sospensione e di amarro, è tale che il rapporto $\frac{K_w}{K_r}$, essendo $K_r$ la resistenza alla trazione dinamica, è di $0{,}40 \div 0{,}34$, contro 0.36 che si ha per il rame elettrolitico. Le variazioni della resistenza meccanica con la temperatura, entro i limiti degli sbalzi normali, sono pressochè identiche per rame, bronzo, alluminio e aldrey. Vengono anche ricordati i vantaggi delle corde in leghe di alluminio rispetto a quelle in alluminio-acciaio, dovuti all'omogeneità di costituzione.

Passando alle caratteristiche nei riguardi del trasporto di corrente, risulterebbe da esperienze che a parità di corrente trasportata e per conduttori in rame, alluminio, alluminio-acciaio e aldrey di uguale conducibilità, il riscaldamento provocato dalla corrente è minore nei conduttori in aldrey; la differenza è abbastanza sensibile: in un caso specifico citato dall'articolo, contro 40°-41° di sopraelevazione di temperatura raggiunti nel rame stanno 35°-37° nell'alluminio-acciaio e 32° nell'aldrey. Inoltre, anche con le più alte temperature che possono talvolta essere raggiunte nei conduttori aerei per cause diverse, le caratteristiche meccaniche dell'aldrey non sono affatto modificate poichè solo vicino a 120° si nota un principio di raddolcimento; per tal modo, nel caso di contatti fra fasi o archi di breve durata, per cui la bruciatura è di solito limitata a pochi fili elementari, la resistenza alla trazione degli altri fili non viene diminuita, così che il conduttore difficilmente si rompe. Questo comportamento favorevole della lega nei riguardi termici pare dovuto all'ultimo trattamento a filo finito con temperatura superiore a 150°.

Sotto l'arco elettrico, il comportamento dell'aldrey è uguale a quello dell'alluminio puro, e altrettanto dicasi nei riguardi delle perdite per effetto corona. Sotto quest'ultimo punto di

(1) Vedere *L'Energia Elettrica*, gennaio 1930, pag. 20 e segg.
(2) Vedere *L'Energia Elettrica*, dell'agosto 1929, pagg. 887–888.

vista, pare che i conduttori in alluminio e leghe si comportino un po' meglio di quelli in rame; la differenza, del resto piccola, è probabilmente dovuta alle maggiori precauzioni usate nella trafilazione e nel montaggio dei metalli leggeri, per cui vengono evitate più facilmente le scabrosità che aumentano gli effluvi.

L'articolo tratta anche del comportamento dei conduttori in aldrey alle corrosioni e della loro resistenza alle vibrazioni: punti assai delicati e che meritano di essere studiati a fondo.

***

La seconda parte del lavoro è dedicata all'impiego dei conduttori in aldrey, che viene indicato come specialmente adatto nei seguenti casi:

1) Linee elettriche ad alta tensione, per le quali l'elemento determinante la sezione è dato dalle cadute di tensione o dalle perdite di energia: in tal caso, mantenendo la stessa altezza dei sostegni che per il rame, è possibile aumentare la lunghezza delle campate del 20-30%, con una corrispondente economia.

2) Linee ad altissima tensione, nelle quali il diametro del conduttore è determinato in base alla tensione critica di corona: il vantaggio dell'aldrey è in relazione all'aumento del 30-40% nel diametro rispetto al conduttore in rame elettricamente equivalente.

3) Linee ad alta tensione per distribuzione rurale (usi elettro-agricoli): il fattore economico prende allora un'importanza preponderante; d'altra parte le esigenze delle Amministrazioni e degli Enti pubblici richiedono una resistenza meccanica notevole.

I sostegni adottati per le linee in aldrey non differiscono come tipo da quelli per altri conduttori: occorre però tener presente che i conduttori in aldrey sono notevolmente più leggeri di quelli in rame o bimetallici; quindi le distanze dei conduttori fra loro e verso il sostegno dovranno essere in questo caso maggiori, perchè maggiore è la deviazione laterale dovuta al vento.

Un particolare difficile per l'impiego dell'aldrey è quello delle giunzioni dei conduttori. Conviene pertanto ridurre il numero dei giunti, adoperando le maggiori pezzature possibili, ciò che è facilitato dalla leggerezza del conduttore. In ogni caso i giunti vanno studiati e costruiti accuratamente, osservando alcune regole speciali. Così conviene dimensionare le superfici di contatto con molto maggior larghezza che per il rame, in modo da non superare nella superficie di contatto 0.1 $A/mm^2$ e fare in modo che la pressione fra le superfici a contatto non scenda mai sotto 1.5 $kg/mm^2$. Sopratutto poi bisogna curare che i metalli adoperati per le parti in contatto nei conduttori non possano dar luogo ad azioni elettrolitiche di corrosione quando sia presente dell'umidità; qualche volta ci si accontenta di evitare l'ingresso nel giunto di umidità, per mezzo di riempimenti con cera fusa o con pasta neutra a base di grafite, vaselina, cera vergine, minio ecc. ma anche questo ripiego non è esente da inconvenienti. Perciò conviene più fare le superfici di contatto in metalli quasi identici, adoperando p. es. per conduttori in aldrey l'alluminio puro o l'anticorodal, e mantenere fra le superfici una pressione tale che non possan formarsi pellicole di ossido isolante.

I tipi più adoperati sono i giunti con serraggio a coni, quelli compressi per trafilazione e quelli a manicotto ovale ritorto; alcuni di questi tipi, come pure qualche morsetto, sono illustrati nella già citata descrizione della linea dell'Isarco. I morsetti sono normalmente in lega adatta di alluminio: lo studio principale è quello nei riguardi delle vibrazioni, sopratutto per i morsetti di sospensione che devono presentare, se ben studiati, grande mobilità, piccola massa e leggerezza; inoltre le curve di accompagnamento del conduttore inferiormente al punto di fissaggio devono essere studiate razionalmente. Il conduttore viene anche avvolto con uno o più strati di nastro o di tondino di alluminio.

Con isolatori rigidi, non occorrono precauzioni all'infuori di un'esecuzione accurata della legatura di fissaggio.

Per quanto l'aldrey presenti una durezza nettamente superiore a quella dell'alluminio (durezza Brinell superficiale $kg/mm^2$ $90 \div 100$ contro $55 \div 65$) è pur sempre inferiore a quella del rame ($100 \div 110$); qualche maggior precauzione si impone dunque durante la tesatura, e principalmente di evitare lo strisciamento del conduttore contro corpi che possono deteriorarlo e pertanto finchè è possibile anche contro il suolo. A questo scopo conviene provvedere un freno sulla bobina di avvolgimento del conduttore in modo da mantenere in questo una certa tensione, così da farlo restar sollevato dal suolo fra i sostegni; quando esiste il filo di guardia si può anche, montando in precedenza questo, sospendervi poi in corrispondenza alla mezzeria della campata una puleggia di scorrimento del conduttore.

Le puleggie di servizio sul sostegno devono infine essere a larga gola e come materiale meglio ancora del legno si presta l'alluminio. I morsetti di tiro a loro volta sono o in adatta lega di alluminio o in ferro con ganascie rivestite di alluminio o di legno; la loro lunghezza deve essere sufficiente perchè la pressione risulti convenientemente ripartita.

M. A.

---

## GLI IMPIANTI ELETTRICI ITALIANI E GLI ELETTROTECNICI INGLESI

*The Journal of the I. E. E.*, aprile 1932.

La conferenza che l'ing. Dalla Verde, uno dei nostri più eminenti tecnici specialisti per la trasmissione dell'energia elettrica, ha tenuto in Inghilterra lo scorso inverno per invito della *Institution of Electrical Engineers*, ha notevolmente interessato gli elettrotecnici inglesi, che hanno avuto modo di essere informati di numerose particolarità tecniche, statistiche ed amministrative riguardanti lo sviluppo, la costruzione e l'esercizio dei nostri impianti di produzione e distribuzione dell'energia.

La dettagliata relazione dell'ing. Dalla Verde oltre che a Londra, sede dell'*Institution*, è stata letta anche a Newcastle, sede di una delle Sezioni. L'A. ha tracciato ai suoi ascoltatori un quadro completo dello sviluppo dell'industria elettrica italiana, dai suoi primordi, verso la fine del secolo scorso, fino alle imponenti realizzazioni attuali. Naturalmente non è qui il posto di riassumere la conferenza, che per lettori italiani non può presentare nulla di veramente nuovo. Piuttosto vediamo dai verbali delle due riunioni quali sono stati i punti più importanti della discussione.

In complesso i Soci della *Institution* han voluto anzitutto mettere in rilievo le principali somiglianze e dissomiglianze fra Italia e Inghilterra per quanto riguarda la produzione e la distribuzione dell'energia elettrica. È stato messo in evidenza che mentre il sistema di linee di trasmissione e distribuzione inglese (« grid ») è stato elaborato in una sola volta ed è di emanazione statale, in Italia si è arrivati a qualcosa di simile unicamente attraverso l'iniziativa privata. La molteplicità di queste iniziative non ha impedito che venisse creato un sistema organico e completo, col risultato anzi di una maggior elasticità rispetto al « grid ». Si è anche osservato come il fatto che spesso le centrali e i centri di consumo sono collegati contemporaneamente da due tipi di linee, a media e ad alta tensione, rende meno impellenti la necessità di interconnessioni per il funzionamento in parallelo di vasti sistemi. A questo riguardo l'ing. Dalla Verde, per rispondere ad alcune obiezioni in proposito, ha dovuto chiarire che l'industria elettrica italiana non è affatto avversa al sistema delle interconnessioni, come è dimostrato dai varî collegamenti realizzati anche fra gruppi diversi e malgrado l'esistenza di frequenze differenti; quello che invece sembra talvolta tecnicamente poco consigliabile per ragioni di sicurezza è il funzionamento in parallelo di sistemi molto importanti.

Certo gli ascoltatori inglesi non hanno potuto nel breve tempo di una conferenza rendersi esatto conto della complessità di alcuni problemi dell'industria elettrica italiana e pertanto si son dimostrati talvolta propensi a conclusioni alquanto affrettate e a soluzioni un po' sempliciste. Così la particolare funzione delle centrali termiche in Italia e le difficoltà inerenti alla diversità delle frequenze non sono state di primo acchito pienamente comprese; anche la reale importanza delle possibili compensazioni fra impianti idroelettrici ed appenninici ha potuto facilmente essere sopravalutata. Nel complesso però lo sforzo compiuto dalla nostra industria e dai nostri tecnici sono stati giustamente apprezzati.

Ci piace anzi mettere in rilievo il riconoscimento di uno degli oratori che, osservando come il macchinario e le apparecchiature per le centrali italiane anche le più importanti siano attualmente costruiti in Italia, prende occasione per richiamarsi all'Esposizione di elettricità di Torino nel 1911 e per ricordare quanto allora fu scritto da un inglese e cioè che l'Italia era all'inizio di uno sviluppo industriale la cui importanza si sarebbe potuta paragonare a quella che nelle arti aveva avuto il Rinascimento.

Il progresso non è stato del resto solo nell'industria elettrica ma anche in quella meccanica e a questo proposito son stati ricordate le costruzioni di turbine e di tubazioni per gli impianti idroelettrici accennati dall'ing. Dalla Verde.

Gli intervenuti hanno anche chiesto informazioni sul lato economico del problema elettrico italiano, sopratutto per quanto riguarda i costi d'impianto per kW installato idraulico e ciò anche per cercare argomenti contro l'errata credenza volgarmente diffusa in Inghilterra (« popular misapprehension »)... e in qualche altro Stato che l'energia idroelettrica non costi niente.

M. A.

## 1) ERRORI DI MISURA NEI RIDUTTORI DI CORRENTE

(DETERMINAZIONI SPERIMENTALI).

*A. T. M.*, marzo 1932. – G. KEINATH.

1°) *Determinazione della polarità di un riduttore di corrente.*

Si può mettere il riduttore di corrente X in serie con un altro N di polarità nota e misurare il passaggio di corrente secondo lo schema della fig. 1. Se non c'è passaggio di corrente ciò vuol dire che i poli sono corrispondenti come è indicato in figura, altrimenti essi saranno invertiti.

Oppure (metodo Schering) si chiude il primario del riduttore in esame su una pila tascabile (fig. 2) e si osserva durante l'apertura del contatto lo spostamento dell'ago del galvanometro inserito sul secondario. Se questo devia a destra ciò starà ad indicare una inserzione esatta, altrimenti la polarità sarà invertita.

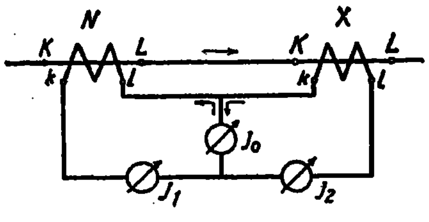


Fig. 1.

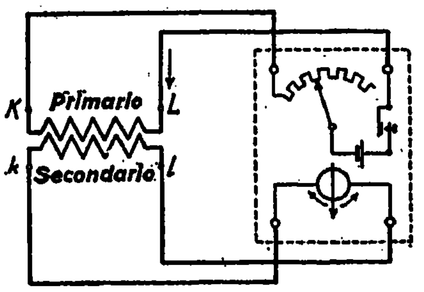


Fig. 2.

2°) *Resistenze tarate e riduttori di corrente di paragone.*

Per le misure di un riduttore di corrente in esame si può ricorrere all'impiego di resistenze ohmiche normali tarate. Queste però sono assai difficili da costruirsi.

Oggigiorno si può ricorrere anche all'impiego di riduttori di corrente normali di paragone aventi errori di riduzione di corrente dell'ordine del 0,01 % ed errori di sfasamento di 2 minuti primi.

È da sconsigliare l'impiego di riduttori industriali fatti tarare ed impiegati come strumenti campione con opportune tabelle correttive.

3°) *Misure degli errori di trasformazione di correnti.*

Per misure grossolane si può tarare il riduttore in esame con riduttori posti sia nel primario che sul secondario. Se l'errore di quest'ultimo è del ± 2%, l'errore di taratura del primo è del ± 4%. È però meglio operare con un riduttore normale di ugual rapporto a quello in esame e verificare le correnti sul secondario con istrumenti esatti ed intercambiabili.

4°) *Misure degli errori di corrente e di fase.*

*a*) Con due wattmetri.

Il riduttore in esame e quello normale di campione sono inseriti in serie ed alimentano due wattmetri intercambiabili. Le bobine voltmetriche del wattmetro sono in serie ed alimentate da un regolatore d'induzione. Per cos $\varphi = 1$ la differenza tra le indicazioni dei wattmetri dà l'errore di corrente e per cos $\varphi = 0$ (ottenuto sfasando la corrente rispetto alla tensione di 90°) la differenza delle letture da l'errore di fase.

*b*) Con due contatori.

Non disponendo di wattmetri sufficientemente precisi si possono impiegare due contatori ed eseguire le letture dopo un certo numero di rotazioni complete del disco. Si ha l'inconveniente di incorrere in una perdita di tempo e di poter difficilmente controllare l'esattezza dei contatori.

*c*) Con wattmetro differenziale.

Disponendo di un wattmetro la cui bobina fissa è divisa in due parti esattamente uguali, si allacciano queste ultime in opposizione sui secondari del riduttore in esame e di quello campione. La bobina voltmetrica mobile è percorsa da una corrente ausiliaria sfasabile di 90°. Per cos $\varphi = 1$ si misura sul wattmetro differenziale l'errore di corrente e per cos $\varphi = 0$ quello di fase.

Per evitare i disturbi creati dal collegamento induttivo dei circuiti secondari si può agire invece come in fig. 3 dove il wattmetro differenziale ha la bobina voltmetrica mobile (in serie con le resistenze $r_1$ e $r_2$) costituita da due parti in opposizione e collegate coi riduttori di corrente. Invece la bobina fissa è alimentata con corrente sfasabile.

*d*) Con ponte con wattmetro a zero.

La corrente residua dei secondari dei riduttori X e N di cui il primo è quello in esame e l'altro quello campione, può anche essere misurata con un ponte con wattmetro a zero secondo lo schema della fig. 4. Col cursore *C* si porta a zero il wattmetro W e si ha allora la lettura $U_x = U_n\,(1 \pm r_2/r_1)$.

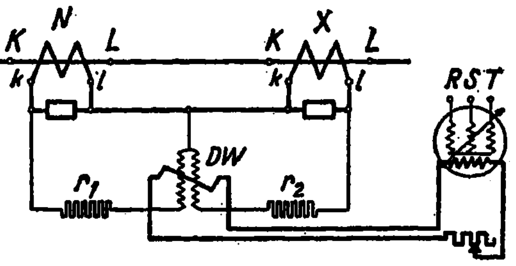


Fig. 3.

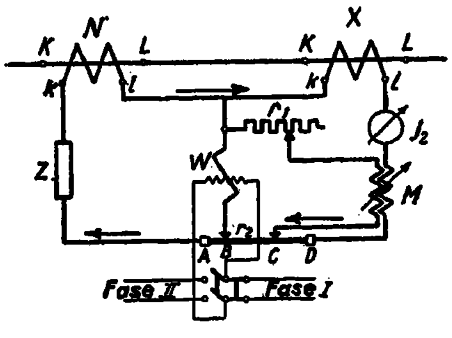


Fig. 4.

Dalla posizione del variometro *M* si ha inoltre:

$$\mathrm{tg}\,(\delta_x \pm \delta_n) = \frac{\omega M}{r_1}.$$

Per $\delta_n = 0$ sarà poi:

$$\delta_x = 3438\,\frac{\omega M}{r_1} \text{ in minuti.}$$

*e*) Con l'impiego del ponte Schering-Alberti.

In questo caso la verifica del riduttore di corrente è fatta direttamente a mezzo delle resistenze normali $R_1$ e $R_2$ di campione (fig. 5). Con Z si è indicato un dissipatore di energia di potenza uguale a quella richiesta del riduttore; *VG* è un galvanometro a zero sensibilissimo, del tipo a vibrazione. Dal valore della parte di $R_2$ utilizzata si ha direttamente l'errore di corrente e dalla posizione di *M* quello di tensione. Questo metodo va bene solo nel campo 1/3÷1 della potenza nominale del riduttore.

*f*) Con ponte con istrumenti per corrente continua.

Si impiegano raddrizzatori di corrente a lamina vibrante indicati con 1 e 2 (fig. 6) di cui l'uno alimentato con corrente

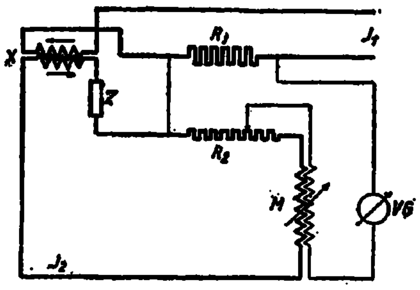


Fig. 5.

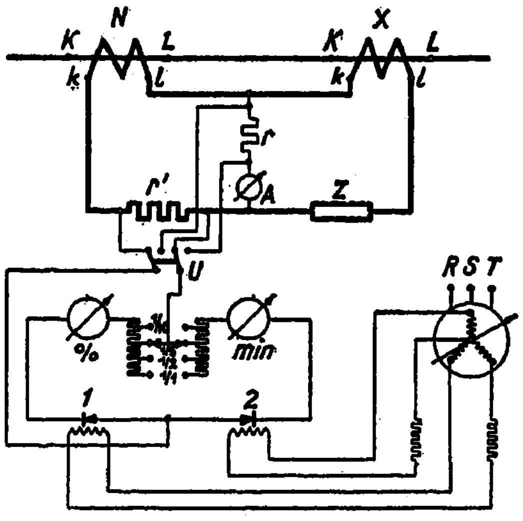


Fig. 6.

in fase e l'altro con corrente a 90° a mezzo del regolatore d'induzione ausiliario RST. Allora si possono inserire due galvanometri a grandissima sensibilità (superiore a quelli del tipo a vibrazione). L'uno dà senz'altro l'errore di misura della corrente e l'altro quello di fase.

Questo metodo ha una differenza teorica fondamentale rispetto a quello precedentemente esposto. Infatti quello era sensibile solo alla frequenza fondamentale e trascurava le armoniche superiori mentre coi raddrizzatori a lamina vibrante si tien conto dell'intero valore medio aritmetico di tutta una semionda. Non è però ancora concorde il parere circa la supremazia di un metodo sull'altro.

5°) *Speciali avvertenze da adottarsi nelle misure.*

Coll'aumentare della sensibilità bisogna naturalmente prendere maggiori precauzioni contro i disturbi esterni; speciale attenzione va anche data agli apparecchi campione affinchè le resistenze tarate non cambino per effetto dei sovracarichi e del conseguente riscaldamento. Prima di ogni misura è bene poi che i riduttori in esame vengano smagnetizzati e che sia accertato che le resistenze ohmiche ed induttive di campione rispondano esattamente al loro valore nominale.

G.R.M.

**m)** **SMORZAMENTO NEGLI APPARECCHI DI MISURA**

*A. T. M.*, marzo 1932. – W. HOFMANN.

PRINCIPI FONDAMENTALI.

La bontà di uno strumento di misura è caratterizzata oltrechè dalla esattezza e dalla sensibilità, anche dalla sua prontezza. Per essere idealmente pronto e privo di oscillazioni pendolari, la parte mobile di uno strumento dovrebbe essere priva di massa, come ad esempio avviene nel caso dell'oscillografo a raggi catodici. Il problema dello smorzamento delle oscillazioni pendolari è quindi assai importante in quasi tutti i casi correnti della pratica.

TEORIA.

Si pone:
- $I$ = momento d'inerzia dell'equipaggio mobile
- $\gamma$ = angolo di deviazione dell'equipaggio mobile
- $t$ = tempo
- $\tau$ = $\omega_0 t$ unità adimensionale del tempo
- $T$ = periodo delle oscillazioni
- $\alpha$ = grado di smorzamento
- $p$ = fattore di smorzamento
- $D$ = momento torcente
- $\omega$ = frequenza
- $t_b$ = tempo necessario allo smorzamento
- $K$ = rapporto di smorzamento
- $\Lambda$ = decremento dello smorzamento

(Indice $_0$ per il caso di oscillazioni non smorzate).

L'equazione generale relativa alle oscillazioni di un equipaggio mobile di uno strumento è

$$I \frac{d^2\gamma}{dt^2} + p \frac{d\gamma}{dt} + D\gamma = 0 \qquad (1)$$

1° *Caso limite* a) *Sistema non smorzato.*

La equazione (1) diventa in questo caso

$$\frac{d^2\gamma}{dt^2} + \gamma \frac{D}{I} = 0 \qquad (1\,a)$$

Una soluzione di tale equazione è costituita da

$$\gamma = A \operatorname{sen} \omega_0 t \qquad (1\,b)$$

Da cui si ricava:

$$\omega_0 = \sqrt{D/I} \text{ e } T_0 = 2\pi \sqrt{I/D} \text{ (costante).}$$

2°) *Equazione generale completa delle oscillazioni di un equipaggio mobile.*

Dal caso limite precedente si ricava

$$\frac{d^2\gamma}{dt^2} + \frac{p}{I}\frac{d\gamma}{dt} + \omega_0^2 \gamma = 0$$

Ponendo $\alpha = \dfrac{p}{2 I \omega_0} = \dfrac{p}{\sqrt{4ID}}$ si ha poi: (3)

$$\frac{d^2\gamma}{dt^2} + 2\alpha \frac{d\gamma}{d\tau} + \gamma = 0 \qquad (2)$$

Per il caso limite *a*) si ha

$$\alpha = 0$$

Invece nel caso limite di movimento aperiodico si ha

$$\alpha = 1 \quad \text{e} \quad p = \sqrt{4ID}$$

Ponendo in generale $\alpha < 1$ la soluzione della (2) diventa

$$\gamma = e^{-\alpha\tau} \operatorname{sen}\left(\sqrt{1-\alpha^2}\,\tau + \operatorname{arc\,tg} \frac{\sqrt{1-\alpha^2}}{\alpha}\right) \frac{a}{\sqrt{1-\alpha^2}} \qquad (4)$$

dove $a$ sta ad indicare una deviazione arbitraria che si fa subire all'equipaggio mobile dalla sua posizione di equilibrio. Dopo aver impressa tale deviazione, l'apparecchio viene abbandonato a se stesso sottraendolo a sollecitazioni esterne: vale allora la equazione (4).

Per $\alpha = 1$ la (4) diventa

$$\gamma = a\, e^{-\tau} (1 + \tau) \qquad (4\,a)$$

Detta $u$ l'ampiezza della prima oscillazione libera, espressa in per cento rispetto alla deviazione $a$ che l'ha originata, si ha:

$$u = 100\, e^{-T\alpha \sqrt{1-\alpha^2}} \qquad (5)$$

Perciò dalla prima oscillazione libera dell'equipaggio mobile, si può facilmente ricavare sperimentalmente il valore di $\alpha$.

3°) *Relazioni tra $T$, $T_0$, $k$, $\Lambda$ e $\alpha$.*

Dalla equazione (4) si ha che i successivi passaggi dell'equipaggio mobile nelle posizioni di equilibrio avvengono quando è:

$$\left(\sqrt{1-\alpha^2}\,\tau + \operatorname{arc\,tg} \frac{\sqrt{1-\alpha^2}}{\alpha}\right) = 0,\ \pi,\ 2\pi \ldots\ldots$$

Si può ricavare che il tempo tra due successivi passaggi nelle posizioni di equilibrio è

$$T = 2\pi : \omega_0 \sqrt{1-\alpha^2}$$

ossia

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1-\alpha^2}} \qquad (6)$$

dove al solito $T_0$ è il periodo di oscillazione proprio non smorzato.

Per $\alpha = 1$ è evidentemente $T = \infty$.

Considerando le successive deviazioni angolari $\gamma_1$, $\gamma_2$, $\gamma_3$..... di oscillazioni pendolari si ha che

$$K = \gamma_1 : \gamma_3 = \gamma_2 : \gamma_3 = e^{-2T\pi/\sqrt{1-\alpha^2}} \qquad (7)$$

e questo rapporto è definito « fattore di smorzamento ».

Per piccoli valori di $\alpha$, in prima approssimazione si può ammettere:

$$\alpha = \log_e k/2\pi$$

Si definisce poi « decremento dello smorzamento » il valore

$$\Lambda = \log_e k = 2\pi\alpha/\sqrt{1-\alpha^2} \qquad (8)$$

e si ha:

$$T = T_0 \sqrt{1 + \Lambda^2/4\pi^2}$$

Riassumendo, i valori limiti saranno dunque i seguenti:

| | valori non surrogati | surrogati al caso limite |
|---|---|---|
| $\alpha$ | 0 | 1 |
| $k$ | 1 | $\infty$ |
| $\Lambda$ | 0 | $\infty$ |
| $T$ | $T_0$ | $\infty$ |

La fig. 1 sta ad indicare graficamente la relazione fra le varie grandezze nominate. Inoltre è riportata pure il valore $K' = \sqrt{K}$.

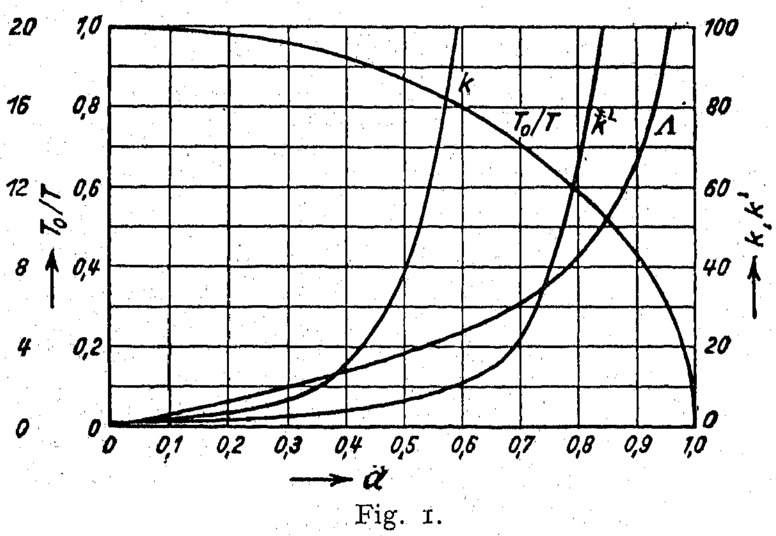



Fig. 1.

GRANDEZZE ATTE A CARATTERIZZARE UN APPARECCHIO.

Il fattore di smorzamento $p$ ha solo un interesse secondario. Invece il grado di smorzamento $a$ contiene tutte le grandezze atte a caratterizzare un apparecchio. Dalla (5) si ha infatti

$$\alpha = 1 : \sqrt{\left(\frac{\pi}{\log_e \frac{u}{100}}\right)^2 + 1} \qquad (9)$$

Perciò dato un apparecchio in esame, si devia l'equipaggio mobile di un certo angolo ad es. di $\gamma_a = 90^o$. Poi, lasciato l'equipaggio a se stesso si misura la 1ª deviazione. Sia ad es.: $\gamma_u = 9^o$, sarà allora $u = 10$ e, dalla (9), $\alpha = 0{,}59$.

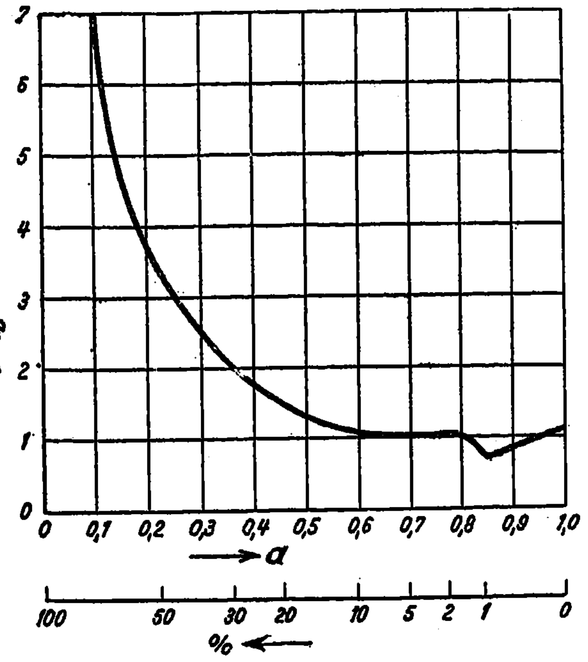



Fig. 2. - Relazione tra $t_b$ e $\alpha$. La scala inferiore delle ascisse dà il valore m in % della 1ª oscillazione libera rispetto alla deviazione impressa.

Anche il tempo $t_b$ necessario allo smorzamento può essere un indice per classificare un apparecchio. Secondo le norme *VDE* il tempo $t_b$ è quello che intercorre tra il momento che l'equipaggio comincia ad oscillare fino a che le oscillazioni sono inferiori all'1% della deviazione iniziale. Siccome il valore di $t_b$ è difficile da determinare analiticamente, si tratta di segnare la curva delle deviazioni per diversi valori di $\alpha$ e di dedurre da queste curve i tempi dopo i quali le deviazioni sono minori dell'1% di quelle originali. Per una frequenza propria $f_0 = 1$ periodo/sec si è segnato nella fig. 2 la relazione tra $t_b$ e $\alpha$. Si vede come per $\alpha = 0{,}83$ la curva ha un flesso che rappresenta quindi la condizione di migliore funzionamento dello strumento in esame.

Per studiare le correzioni costruttive da apportarsi ad un apparecchio con equipaggio mobile bisogna ricordare che modificando ad es $I$, i valori di $p$ e $D$ restano costanti, $\alpha$ varia secondo la (3) e $f_0$ pure varia. Inoltre $t_b$ dipende da $\alpha$ ed è inversamente proporzionale a $f_0$.

Va poi notato che $I$ è costituito da $I_S + I_D$ dove $I_S$ è il momento d'inerzia dell'equipaggio mobile vero e proprio e $I_D$ è quello che compete all'organo di smorzamento. Può darsi che aumentando lo smorzamento aumenti nella stessa misura $I_D$ e che quindi $p$ resti costante senza risentirne alcun beneficio. Si potrà definire fattore di utilizzazione il valore

$$\eta = p/I_D$$

Condizione ideale sarebbe quella in cui $\eta = \infty$. Questo nuovo termine serve però esclusivamente per il raffronto tra apparecchi analoghi sia tecnicamente che costruttivamente.

G.R.M.

---

## n) LA SENSIBILITA' AMMESSA PER I RELAIS DI TERRA NELLE RETI AD ALTA TENSIONE

*Elektrotechnik und Maschinenbau*, n. 8; 21 febbraio 1932. — E. Gross, W. Weller.

I relais di protezione degli impianti contro i pericoli di contatti a terra vengono impiegati in qualità di relais di corrente o di tensione soltanto quando il manifestarsi di una corrente di dissimmetria oppure di una tensione di punto neutro è sufficiente a caratterizzare il cortocircuito. Le esigenze della selettività nelle reti ad alta tensione rendono, in generale, necessario l'impiego di relais influenzati al tempo stesso dalla corrente e dalla tensione, ossia, di relais di potenza (wattmetrici). I due fattori della potenza-corrente di dissimmetria $I$ e tensione di punto neutro $E_0$ possono essere ottenuti mediante opportuni collegamenti delle bobine voltmetrica ed amperometrica del relais alla rete da proteggere. Le due bobine possono essere entrambe fisse, e l'apparecchio costruito a guisa di un contatore, oppure una di esse può essere mobile, e l'apparecchio costruito come un wattmetro elettrodinamico.

Nelle reti senza dispositivi di estinzione, i relais impiegati agiscono normalmente sotto l'influenza della potenza reattiva $E_0\ I$ sen $\varphi$, essendo quest'ultima sufficiente per caratterizzare la posizione del cortocircuito. Poichè questo non avviene nelle reti compensate, in quest'ultime vengono adottati relais agenti per potenza attiva $E_0\ I \cos \varphi$. La corrente attiva residua $I \cos \varphi$, che defluisce a terra in corrispondenza del punto di contatto accidentale, raggiunge valori dell'ordine $3 \div 8$ % della corrente capacitiva di terra di una rete non compensata: ne consegue che la sensibilità dei relais wattmetrici nelle reti provviste di dispositivi di compensazione dev'essere di gran lunga più accentuata di quella dei relais di terra nelle reti non compensate.

La sensibilità dei relais di terra è vincolata dalle caratteristiche della rete e dalla posizione dei relais stessi. Nelle reti in cavo, i contatti a terra sono provocati di solito da scariche nei cavi, nei riduttori oppure negli altri apparecchi: si tratta, quindi, di resistenze di passaggio assai limitate che consentono la massima tensione di punto neutro e la massima corrente di terra, ossia le migliori condizioni di funzionamento dei relais. Al contrario, i contatti con forti resistenze di passaggio, frequenti nelle reti aeree, danno luogo a tensioni di punto neutro ed a correnti di terra assai limitate: l'energia che agisce nei relais è, pertanto, ridotta, il che giustifica una maggior coefficiente di sicurezza degli apparecchi inseriti sulle reti aeree.

La fig. 1 mette in evidenza l'importanza che ha la posizione dei singoli relais agli effetti della sensibilità loro imposta affinchè soddisfino alle condizioni di esercizio di una rete non provvista di dispositivi di compensazione. Ammesso che la rete sia suddivisa nel modo indicato nella figura e supposto che $I$

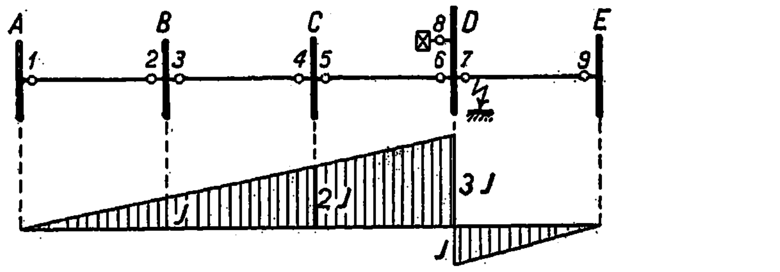



Fig. 1. - Distribuzione delle correnti capacitive di terra in una linea semplice.

sia la corrente fornita da ciascun tronco al verificarsi di un corto circuito franco, risulta ovvio che i relais 2 e 7 devono entrare in funzione almeno per una corrente $3\ I$, i relais 4 e 5 per $2\ I$, i relais 3 e 6 per $I$. I relais 1 e 9 non possono funzionare, mentre il relais 8, non sollecitato quando ha luogo un cortocircuito fra $A$ ed $E$, viene sollecitato da una corrente $4\ I$ al verificarsi di un contatto a terra nella diramazione che fa capo a $D$. A quest'ultimo relais è pertanto richiesta la minima sensibilità: è, anzi, necessario non dare al medesimo relais una sensibilità più accentuata di quella strettamente necessaria onde impedire che l'influenza di squilibrii nei riduttori di corrente possa dar luogo ad un funzionamento errato dei relais di terra.

La presenza di dispositivi di estinzione nella rete protetta migliora le condizioni di funzionamento dei relais compresi fra un contatto a terra ed uno di questi dispositivi. Lungo questi tronchi della rete, la componente attiva della corrente di estinzione si sovrappone alla corrente residua della linea: a parità di altre condizioni, la corrente che agisce sui relais è, quindi, maggiore di quella che si ha nelle reti non compensate. Anche i relais che si trovano agli estremi di una rete possono intervenire per effetto della corrente di estinzione delle bobine installate nelle stazioni estreme, e ciò contrariamente a quello che avviene nelle reti non compensate, nelle quali i relais estremi non possono intervenire perchè non sono sollecitati dalla corrente necessaria per il loro intervento.

Nel caso più generale di una rete estesa a maglie, la determinazione della sensibilità che deve caratterizzare i relais che vanno installati nei vari punti della medesima richiede, in primo luogo, il calcolo oppure la misura della corrente di terra dell'intera rete. Nota quest'ultima, trattandosi di una rete con dispositivo di estinzione, per la quale soltanto componenti attive entrano in considerazione, è facile dedurre, in funzione della posizione dei singoli relais, dei rapporti di riduzione dei trasformatori di corrente e di altre eventuali caratteristiche delle linee, le correnti secondarie di corto circuito che durante

l'esercizio potranno interessare i relais di terra. La sensibilità dei relais potrà quindi essere stabilita tenendo calcolo di un coefficiente di sicurezza variabile da 3 fino a 5. Trattandosi, invece, di reti senza dispositivi di estinzione, provviste, quindi, di relais agenti per potenza reattiva, si ottiene in generale un grado di sicurezza sufficiente anche impiegando apparecchi relativamente poco sensibili.

Come si è detto dianzi, nelle reti con apparecchi di estinzione, la corrente attiva residua raggiunge talvolta valori troppo piccoli: esiste, tuttavia, il modo di ottenere un incremento della corrente attiva residua aumentando le perdite dei dispositivi di estinzione. Con una bobina di terra, lo scopo si può raggiungere collegando in parallelo od in serie una resistenza ohmica (fig. 2). Nel caso della fig. 2*a*) la corrente attiva residua addizionale è espressa, in funzione della tensione al punto neutro $E_0$, dalla relazione $\frac{E_0}{R}$; nel caso della fig. 2 *b*) la componente addizionale si calcola con la formula $\frac{I^2 r}{E_0}$, dove $I$ è la corrente dovuta alla tensione residua. Con trasformatori di estinzione si adotta un criterio analogo: si inseriscono in parallelo od in serie agli avvolgimenti delle resistenze ohmiche oppure si mette una tale resistenza in serie nel collegamento di terra di un centro eventuale del dispositivo di estinzione (fig. 3). Caso per caso occorre esaminare se è preferibile la soluzione *a*) oppure la *b*). La prima — resistenza in parallelo con la bobina di terra — entra in considerazione soltanto per basse tensioni, perchè tanto la bobina quanto la resistenza devono essere isolate per la piena tensione della rete. In ogni caso, non è da temersi una limitazione dell'efficacia dei dispositivi di compensazione a causa delle resistenze addizionali. Col collegamento di una resistenza R in parallelo, non varia, ovviamente, l'induttanza di estinzione della bobina che deve essere commisurata alla reattanza di capacità della rete $\frac{1}{3\,\omega\,C_E}$. L'aggiunta di una resistenza $r$ in serie varia, invece, l'induttanza primitiva, il che richiede una nuova taratura della bobina di terra per la realizzazione di una esatta compensazione. La taratura può essere fatta sulla scorta di un diagramma apposito.

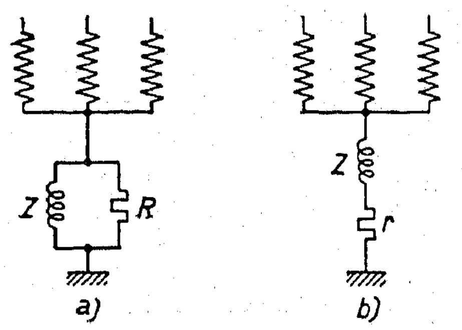



Fig. 2. - Aumento della corrente attiva in un impianto con bobine Petersen.

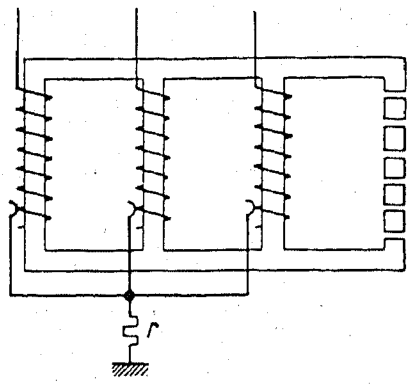



Fig. 3. - Bobina Petersen trifase con resistenza addizionale.

*Le false correnti e la loro eliminazione.*

In condizioni normali di esercizio, la somma vettoriale delle correnti di fase di una rete è notoriamente nulla. Ne consegue che il circuito di punto neutro formato dai secondari di tre riduttori inseriti nelle tre fasi non dovrebbe essere percorso da corrente. Al contrario, si riscontra spesso in tale circuito una «falsa corrente» dovuta ad una delle due cause seguenti: discordanza nelle caratteristiche e, sopratutto, nel rapporto di riduzione dei riduttori e differenza di carico sui secondari dei trasformatori di corrente medesimi.

Per impedire il manifestarsi di false correnti in seguito alla prima delle cause anzidette, è sufficiente scegliere i tre riduttori, necessari per l'inserzione di un relais di terra, in modo che essi abbiano lo stesso rapporto di trasformazione, che siano, cioè, dello stesso tipo e comportino uguale avvolgimento ed identico circuito magnetico. A questa esigenza si può soddisfare senza difficoltà quando si ha la possibilità di installare riduttori dello stesso tipo, dei quali è noto a priori lo scopo: in questo caso, eventuali discordanze nelle caratteristiche dei riduttori possono essere compensate facilmente in sede di prova in officina. Quando si tratta, invece, di utilizzare riduttori di tipo differente già installati, si possono evitare false correnti compensando i riduttori stessi con l'inserzione, in serie od in parallelo, di impedenze.

È questo un mezzo di ripiego la cui efficacia, a causa delle diverse curve di errore dei riduttori, si limita ad un determinato intervallo compreso fra le correnti massima e minima. La falsa corrente di frequenza fondamentale, originata dalle suddette cause, è spesso accompagnata dalle correnti di frequenza tripla causate dalla magnetizzazione dei riduttori. La corrente dovuta alla terza armonica può prevalere sulla falsa corrente fondamentale e dar luogo a funzionamento errato dei relais di terra quando è accompagnata da una tensione di punto neutro della stessa frequenza. Il manifestarsi di quest'ultima non è in generale da temersi: soltanto quando vengono impiegati riduttori ausiliari con piccola sezione di ferro e ad alta saturazione, l'inconveniente può sussistere realmente.

Anche la distribuzione dissimmetrica delle correnti in due linee parallele colleganti due impianti è causa di false correnti. Questo può avvenire quando una delle fasi di una linea è interrotta (fig. 4 *a*)), e la fase corrispondente della seconda linea è caricata col doppio della corrente che le competerebbe in servizio regolare, oppure quando le linee sono caratterizzate da impedenze differenti e tali da provocare una dissimetria nella ripartizione delle correnti nelle diverse fasi (fig. 4 *b*)). Quest'ultimo caso può verificarsi facilmente quando le linee comportano bobine di autoinduzione per la limitazione delle correnti di corto circuito, montate senza gli accorgimenti necessari per realizzare la perfetta simmetria dei carichi.

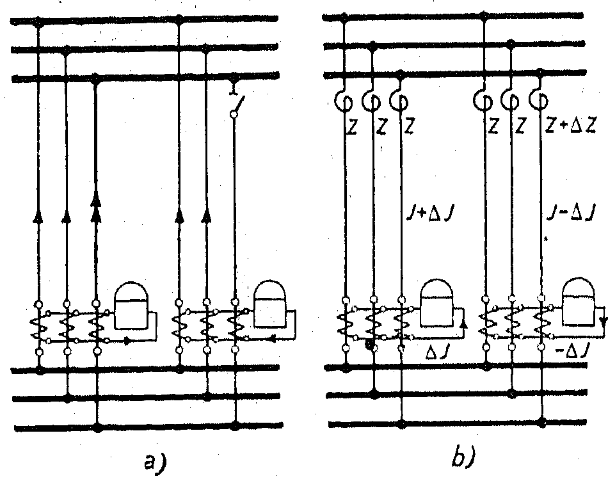



Fig. 4. - « False correnti » di linee in parallelo.

Una diseguaglianza nei carichi secondari dei tre riduttori di corrente impiegati per la inserzione di un relais di terra costituisce, come già si è detto, una causa fondamentale di false correnti nel circuito di punto neutro. Con una opportuna ripartizione degli apparecchi sulle tre fasi e con l'inserzione di bobine di self nelle fasi meno caricate, è possibile eliminare completamente le false correnti.

Oltre che dalla distribuzione dissimmetrica dei carichi secondari, la falsa corrente di compensazione dipende anche dalla resistenza nel circuito di terra. Poichè i milliamperometri a corrente alternata talvolta impiegati per la misura delle false correnti hanno resistenze dell'ordine di 50 ÷ 100 Ohm e sono di per sè stessi causa di errore nelle misure, si impiegano di preferenza allo scopo dei termoelementi a piccola resistenza (1 ÷ 2 Ohm) inseriti nel circuito di punto neutro, i quali consentono di risalire tosto dalla tensione misurata alla corrente da determinare. In realtà, la corrente dedotta coi metodi diretti di misura non coincide esattamente con la corrente di frequenza fondamentale che interviene nel funzionamento del relais di terra ma comprende anche le armoniche superiori che possono prevalere sull'onda fondamentale. È tuttavia possibile effettuare il controllo della falsa corrente di frequenza fondamentale impiegando degli apparecchi wattmetrici inseriti nel circuito di terra e sottoposti, successivamente, alle tensioni concatenate della rete. Nelle prove così eseguite, non si manifesta l'azione delle armoniche superiori. Il controllo della sensibilità dei relais wattmetrici è opportuno per esaminare l'efficacia degli accorgimenti impiegati per eliminare le false correnti secondo quanto è stato esposto dianzi.

d. m.

---

## CARATTERISTICHE TECNICHE DI LOCOMOTIVE ELETTRICHE ALIMENTABILI CON TRE DIVERSE SORGENTI D'ENERGIA

*Electrical Engineering*, gennaio 1932. — F. H. BREHOB, F. H. CRATON.

L'A. descrive nei suoi particolari la locomotiva a tre potenze impiegata per soddisfare alle più svariate esigenze del servizio sulla rete della New York Central Railroad e su quella della

Delaware Lackawanna and Western Railroad. Il nome dato alla locomotiva è giustificato col fatto che la medesima può essere alimentata da una sorgente elettrica esterna — linea di contatto aerea oppure a terza rotaia — e da due sorgenti interne: una batteria di accumulatori ed una generatrice a corrente continua comandata da un motore termico. Le due sorgenti interne possono alimentare in parallelo i motori di trazione: è possibile, tuttavia, l'alimentazione con la sola batteria.

La caratteristica più saliente della locomotiva è la sua grande elasticità la quale le consente di disimpegnare, nello stesso tempo, il servizio di rimorchio dei treni lungo le tratte elettrificate ed il servizio di raccordo e di manovra là dove, per ragioni diverse, non esiste una linea di contatto. Quando la locomotiva funziona lungo i tronchi elettrificati, essa si comporta esattamente come un locomotore normale malgrado che il gruppo elettrogeno a bordo possa essere impiegato per caricare la batteria. Lungo le tratte non elettrificate, i motori possono essere alimentati interamente dalla sola batteria; tuttavia, se il gruppo elettrogeno funziona, l'energia per la trazione e per i servizi ausiliari è prelevata dalla dinamo, laddove la batteria assume l'eccedenza del carico. In corrispondenza dei bassi carichi, la generatrice può alimentare, al tempo stesso, i motori di trazione e la batteria.

Non ostante che la tensione di esercizio delle due reti ferroviarie sopracitate sia essenzialmente diversa (New York Central: 600 V c. c., Lackawanna: 3000 V c. c.) le caratteristiche generali e lo schema delle locomotive impiegate nei due impianti sono assai simili e si possono riassumere nella tabella seguente:

| | N. Y. C. | D. L. & W. |
|---|---|---|
| Peso in ordine di marcia .. | t 116 | 113 |
| Tensione media della rete esterna .............. | V 600 (3ª rotaia) | 3000 (trolley) |
| Potenza continuativa per alimentazione esterna .. | HP 1300 | 1450 |
| Potenza oraria per alimentazione esterna ....... | » 1665 | 1600 |
| Sforzo di trazione continuativo ............. | kg 11200 | 10100 |
| Sforzo di trazione orario .. | » 15500 | 11500 |
| Velocità corrispondente allo sforzo continuativo (alimentazione esterna). | km/h 32 | 39,5 |
| Velocità corrispondente allo sforzo orario (alimentazione esterna) ...... | » 29,5 | 38,3 |
| Sforzo di trazione massimo | kg 29000 | 28000 |
| Motori di trazione | | |
| Numero ............. | 4 | 4 |
| Tipo ............... | tram | tram |
| Tensione ............ | V 600 | 1500/3000 |
| Rapporto degli ingranaggi | 72/17 | 72/17 |
| Ventilazione ......... | forzata | forzata |
| Motore termico | | |
| Tipo ............... | Ingersoll | Ingersoll |
| Potenza ............ | HP 300 | 300 |
| Dinamo di trazione ..... | kW 200 | 200 |
| Batteria | | |
| Tipo ............... | Exide Ironclad TL - 27 | Exide Ironclad MVA - 21 |
| Numero di elementi ... | 240 | 360 |
| Capacità in scarica in 6 ore ......... | Ah 650 | 340 |
| | kWh 301 | 242 |
| Tensione media di scarica in 6h .......... | V 464 | 712 |
| Comando | | |
| Tipo ........... | elettropneumatico non automatico | elettropneumatico non automatico |
| Combinazione dei motori | | |
| Alimentazione esterna | 3 | 2 |
| Alimentazione interna | 3 | 3 |

Il motore termico impiegato tanto per i locomotori della N. Y. C. quanto per quelli della D. L. & W. è del tipo Ingersoll a 6 cilindri verticali ed a 4 tempi, con velocità controllata da un regolatore tra 550 giri/min a pieno carico e 575 giri/min a vuoto. Il motore è accoppiato, attraverso un giunto elastico, alla dinamo da 200 kW a 6 poli munita di avvolgimento di campo compound. L'eccitazione della generatrice è stata scelta in modo da consentirle la carica della batteria con due caratteristiche esterne diverse: la prima per la carica a fondo e la seconda per la carica normale.

Le prestazioni dei locomotori della New York Central Railroad in corrispondenza delle alimentazioni esterna ed interna risultano dalle curve caratteristiche della fig. 1. È opportuno rilevare che il servizio di manovra a piccola velocità viene effettuato coi motori collegati in serie: a parità di sforzo di trazione, la corrente assorbita è minima e può essere fornita quasi interamente dalla dinamo senza, quindi, ricorrere alla batteria.

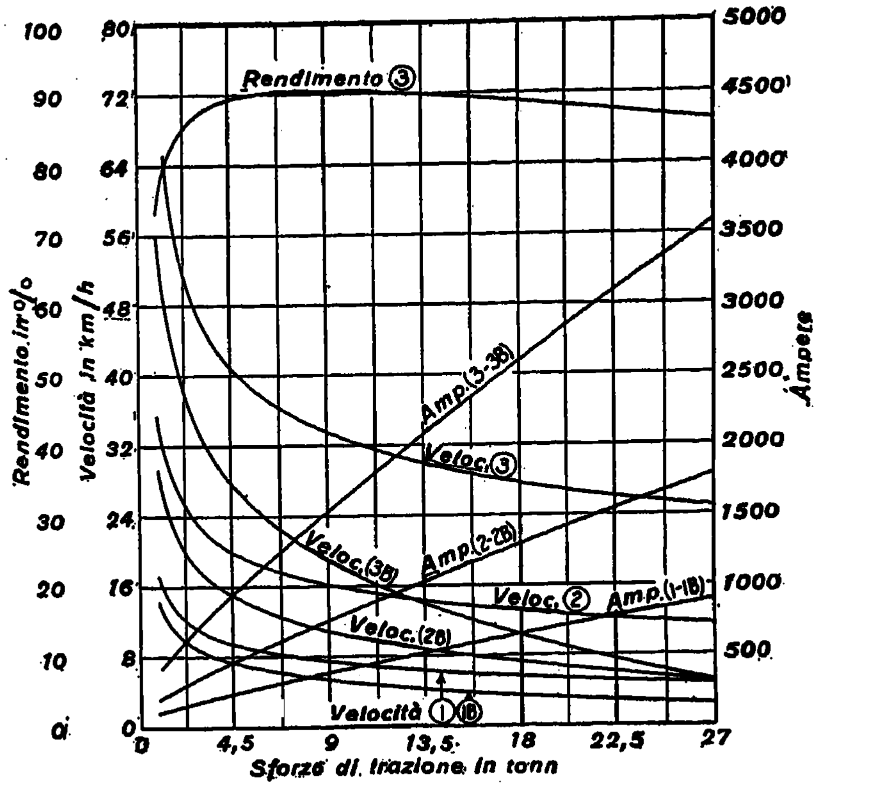



Fig. 1. - Curve caratteristiche della locomotiva della New York Central Railroad.

Nei due tipi di locomotori, il passaggio dalla sorgente d'alimentazione esterna a quella interna è controllato automaticamente da un relais di tensione. Il passaggio inverso si ottiene agendo sulla maniglia del controller. Lampade di segnalazione indicano se i motori funzionano alimentati dalla linea di contatto oppure dalla sorgente interna. Il motore termico è avviato facendo funzionare la dinamo accoppiata come motore alimentato dalla batteria. Un relais consente l'esecuzione delle manovre di accoppiamento della generatrice alla batteria, in relazione alla tensione ai morsetti della prima.

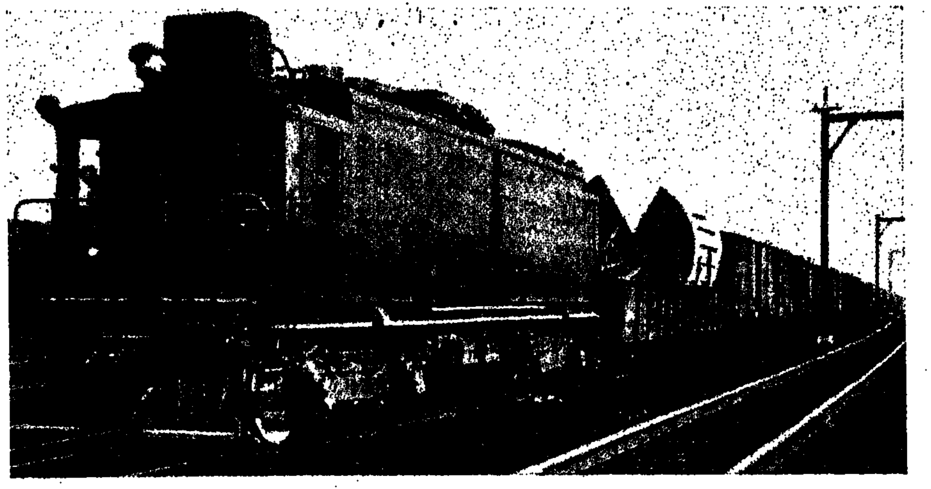


Fig. 2. - Locomotiva della Lackawanna Railway che rimorchia un treno, alimentata dalla sorgente interna.

I servizi ausiliari sui locomotori della New York Central Railroad sono alimentati dalla stessa sorgente che alimenta il circuito principale: dalla generatrice o dalla batteria oppure dalla terza rotaia. I locomotori della Lackawanna hanno i circuiti ausiliari alimentati sempre dalla sorgente interna, qualunque sia la sorgente che alimenta il circuito di trazione. Le cabine di manovra sono riscaldate dall'acqua calda circolante nel circuito refrigerante del motore termico. Se le locomotive sono alimentate dalla sorgente esterna, radiatori elettrici inseriti sulla rete riscaldano l'acqua delle cabine ed impediscono che il sistema refrigerante del motore termico vada soggetto ai pericoli derivanti dal congelamento dell'acqua nelle tubazioni.

d. m.

## Pubblicazioni

*DI TUTTE LE PUBBLICAZIONI INVIATE ALLA RIVISTA IN DOPPIO ESEMPLARE VERRÀ FATTO UN CENNO BIBLIOGRAFICO.*

DR. ING. M. LIWSCHITZ - ING. H. GLOCKNER: *Le macchine elettriche* - Parte seconda: *Tecnica dell'isolamento e costruzione meccanica.* – Prima traduzione italiana del dott. ing. Carlo Rossi, con 462 figure nel testo e 13 tavole. - Ulrico Hoepli, Milano 1932. Prezzo L. 62.

Questo secondo volume dell'opera dell'ing. Liwschitz sulle macchine elettriche, che esce a quattro anni di distanza dal primo, può stare anche a sè, formando da solo un lavoro di carattere essenzialmente pratico.

I dettagli sulla costruzione delle macchine elettriche sono forniti si può dire più col materiale illustrativo come fotografie, disegni, diagrammi, che con descrizioni; gli esempi forniti si basano sulla pratica delle più grandi Case straniere costruttrici di macchinario.

Il capitolo dedicato a tali esempi di costruzione di macchine e trasformatori forma il più ampio del volume, che è diviso in due parti: la prima relativa all'isolamento, dopo una breve premessa sulle varie qualità e le proprietà dei materiali isolanti usati nelle macchine elettriche, descrive i diversi tipi di avvolgimento in uso per le macchine a corrente continua ed alternata e per i trasformatori; la seconda si riferisce alla costruzione meccanica dei rotori e delle carcasse per macchine rotanti, dei sopporti e dei basamenti, nonchè alla costruzione dei trasformatori, alla preparazione dei pacchi di lamiere ecc.; il calcolo è naturalmente limitato, dato il carattere del volume, alla sola parte meccanica. Un capitolo è anche dedicato ai vari materiali per la costruzione.

L'interesse del libro, per l'argomento trattato e per il modo in cui questo è svolto, è di indole meno generale che per la prima parte, riferentesi alla teoria e al funzionamento; però nell'ambito più ristretto il lavoro non presenta un'importanza inferiore al precedente.

## Libri ricevuti

A.E.G.: *Rapporto tecnico dell'A.E.G. dell'anno* 1931.

***

TOURING CLUB ITALIANO – REALE AEREO CLUB D'ITALIA: *Annuario della Aeronautica,* 1932/X.

***

ENTE AUTONOMO PER L'ACQUEDOTTO PUGLIESE: *Relazione al Parlamento sull'andamento dell'azienda dal 1° luglio* 1930-VIII *al* 30 *giugno* 1931 IX. – Giuseppe Laterza e Figli - Bari.

***

VACUUM OIL COMPANY S. A. I.: *La lubrificazione dei motori Diesel.*

## Notiziario

a) **LETTURA FOTOGRAFICA DEI QUADRANTI DI CONTATORI INDUSTRIALI.**

C. Daelli di Como ha pubblicato con questo titolo un opuscoletto nel quale, in principio, cerca di dimostrare la necessità di un rilievo fotografico soprattutto per apparecchi tipo Wright per conservarne l'indicazione che danno prima di essere riportati a zero, ma anche per i contatori, per evitare che il letturista comunichi dati di consumo a caso senza essere stato a leggere un dato contatore, ovvero dati pure a caso di un contatore rimosso a sua insaputa e che egli non è andato a leggere; od anche che sbagli la lettura. In quest'ultimo caso, pur potendosi procedere al conguaglio colla lettura successiva, si può fare sempre nascere diffidenza nell'utente che sa di avere avuto un consumo costante, o sa se ha consumato addirittura di meno nel mese in cui gli si è fatto il conguaglio. Le letture possono talvolta essere sbagliate anche per disonesti accordi coll'utente.

Ogni danno si può eliminare convenientemente sostituendo alla semplice lettura del contatore, il rilievo fotografico della stessa, rilievo da eseguirsi con un apparecchio semplice e pratico.

L'A. ha costruito per questo un apparecchio fotografico con obiettivo « *a fuoco fisso* » e con due serie di lampade che funzionano, una collegandola alla più vicina linea a b. t. e l'altra a due accumulatori trasportabili in mancanza di corrente elettrica (caso di contatori d'acqua posti in luoghi bui); e vi ha aggiunto un *raccordo* che si adatta a tutti i tipi di contatori e serve ad aggiungere ai dati del quadrante dei numeri per specificare l'utente e per indicare il giorno del rilievo e il contrassegno del letturista. Si può evitare di fare copia delle fotografie, perchè queste si leggono facilmente per trasparenza.

Il controllo che si ha con il rilievo fotografico può riuscire molto vantaggioso alle Società elettriche, come a quelle del gas e dell'acqua, perchè elimina ogni errore di lettura, voluto o no dal letturista.

**STATISTICA INFORTUNI IN AGRICOLTURA SOTTO L'ASPETTO DELLE CAUSALI (Anno 1929-VII).** (b

Con questo titolo è stato pubblicato da pochi giorni dall'Ass. Naz. per la Prevenz. degli Infortuni, un volume di pagg. 138, con 86 tavole statistiche e 3 diagrammi, in cui sono raccolti i risultati di un lavoro di spoglio di circa 87 mila denuncie di infortuni; lavoro fatto con grande cura, indagando diligentemente i principali aspetti del fenomeno infortunistico agricolo. Per la compilazione delle tavole si sono ricercate, attraverso le notizie fornite dagli Istituti Assicuratori, le relazioni tra la causale e lavorazione al momento dell'infortunio, tra la lavorazione e la natura e la sede della lesione, fra la causale e la lavorazione in relazione alla distribuzione territoriale.

Questa ricerca ha uno scopo eminentemente di prevenzione, servirà ad evitare gli infortuni, e che non si ripeta un fatto che si è dimostato dannoso.

Scorrendo questa interessante relazione, abbiamo rilevato, nella tab. VIII degli infortuni verificatisi durante le lavorazioni agricole, classificati per causa, natura e sede delle lesioni (pag. 71), che gli infortuni causati da corrente elettrica industriale sono pochissimi, appena 27, e quelli causati da scariche atmosferiche sono 174; e che invece quelli che hanno avuto una causa meccanica e si riferiscono a contusioni, distorsioni, fratture, lesioni, punture, ferite, ecc. sono dell'ordine rispettivamente di 15 000, 4000, 2000, 750, 6000, 22 000, 17 000 ecc.

Nella tab. IX (pag. 81) si hanno poi i seguenti dati: 33 infortuni dovuti a motori, 107 dovuti a trasmissioni, 596 a macchine operatrici comandate da motore, 1913 a macchine operate con mezzo animale, 1135 a macchine comandate a mano.

## Necrologio

A Milano, il 18 maggio, il Rag. Alberto Salvini, padre dell'Ing. Giuseppe, Direttore Generale della Società Ligure Toscana di Elettricità.

A Milano, il Sig. Francesco Romagnoli, padre del nostro Collaboratore ing. Giuseppe.

A Bologna, l'ing. Giovanni Silvestri, Amministratore della Società Idroelettrica della Limenta.

SEN. PROF. O. M. CORBINO, *Direttore* — ARTI GRAFICHE E. CALAMANDREI & C. - MILANO — ING. ETTORE CESÀRI, *Redattore-Capo responsabile*
Fotoincisioni della « ZINCOGRAFICA » - MILANO

MILANO
Giugno 1932 - Anno X

Fascicolo VI
Volume IX

# L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTICHE (FENAGRIEL)
*Direttore:* SENATORE O. M. CORBINO

Le opinioni espresse dagli autori e dai redattori non impegnano nè la Direzione, nè le Associazioni di cui la Rivista è l'organo

ING. GIUSEPPE GAVAZZI

# Considerazioni sul perturbamento dei regimi fluviali determinato dalle intermittenze degli esercizi idroelettrici

1) La interessante memoria pubblicata nel fascicolo di Aprile di questa Rivista, nella quale l'Illustre Senatore Prof. Fantoli, nella forma lucida e lapidaria che gli è abituale, scolpisce alcuni capisaldi per la tutela permanente della regolarità dei deflussi nell'interesse delle utilizzazioni inferiori, esistenti o fiende, è atta ad invogliare ogni modesto studioso della materia ad interloquire, come la Direzione stessa della Rivista ne fa cortese invito.

Già invero il compianto amico Ganassini, attingendo alla sua vasta esperienza di impianti idroelettrici, in quel breve articolo (purtroppo l'ultimo) che segue nel fascicolo di aprile la memoria Fantoli, poneva in evidenza il grande valore industriale dei bacini di accumulazione e segnalava le possibilità di correzione dei perturbamenti complessivamente non gravi a cui il regime oscillatorio può dar luogo. Il pensiero del valoroso pioniere degli impianti idroelettrici non può non essere condiviso da quanti si sono trovati a compiere opera costruttiva congenere: le tesi del Prof. Fantoli suscitano per contro la preoccupazione di possibili eccessi di tutela dei regimi fluviali, atti a danneggiare le utilizzazioni di energia in misura incomparabilmente più grave di quanto la necessità reale e la utilità degli impianti a valle possano giustificare. Non già che si possano disconoscere in astratto il valore e la nobiltà della tesi tutelatrice della continuità dei regimi fluviali, per la quale il Prof. Fantoli ha spezzato una delle sue lance vigorose; ma perchè ci appare ovvio il pericolo che un monito di così alta autorità possa essere sfruttato ben oltre ed anche contro gli intendimenti dell'Autore, e preparare senza necessità eventi non lieti all'economia nazionale.

Molti di noi ricordano i primi tempi delle derivazioni industriali, allora quasi tutte ad acqua fluente: qualsiasi pur minima capacità addizionale era inibita: il divieto di svaso dei canali aveva fatto escogitare strozzature, traverse oblique e simili ordigni di tortura idraulica, che oggi farebbero inorridire. Ricordiamo un ottimo ingegnere del Genio Civile (d'altronde amico carissimo) che 35 anni fa (in un disciplinare concernente un canale privo di capacità ed atto a smaltire le sole portate di magra) impose che le turbine fossero provviste di una valvola di scarico sincrono atta a ricostituire in ciascun istante nel canale di scarico il deflusso corrispondente a quello del canale di carico. Ricordiamo anche certe restituzioni dirette della sfioratura al fiume (invece che nel canale di scarico), le quali furono oggetto di procedure amministrative interminabili, perchè l'utente a valle poteva risentire per alcune settimane nell'anno uno sfasamento di 5 minuti nell'arrivo di una quota della portata; e toccò allo scrivente di ripristinare amichevolmente — dopo lustri di beghe inconcepibili — lo scaricatore al fiume, senza che l'utenza oppositrice chiedesse un centesimo di indennizzo e manco si avvedesse di un qualsiasi pur minimo perturbamento.

E tutti i costruttori e gli esercenti di derivazioni idroelettriche troveranno agevolmente nel casellario della propria esperienza casi più o meno clamorosi di acerrime contese fra utenti a monte ed a valle, il di cui obbietto dichiarato era il ripristino legale dei deflussi fluviali perturbati, ma non senza che trasparisse nell'azione dell'oppositore a valle un movente egoistico non confessabile: o fosse l'esonero da un non desiderato ma pur giusto contributo di miglioria per aumentati deflussi di magra, o fosse la imposizione al derivatore a monte di oneri estranei alla materia specifica della contesa o comunque anormali, o fosse anche solo l'eccesso di difesa di un interesse circoscritto, a danno irragionevole di un interesse cento volte più grande ed in equi modi conciliabile col preesistente.

2) Il rigore applicativo del dogma della continuità potè essere in seguito in varia misura temperato da una più obbiettiva commisurazione dei provvedimenti compensatori della perturbazione idrica alle reali necessità ed utilità delle utenze inferiori, commisurazione ispirata anche alla consapevolezza della sproporzione fra la utilità imponente che la adeguazione dei diagrammi di deflusso ai diagrammi del carico diurno arreca all'economia generale e la normale esiguità dei danni di perturbamento del regime idrico, che alcune utenze (in generale pochissime) possono risentire. E tale consapevolezza ha avuto nel 1916 la sanzione solenne (citata da Ganassini) di un decreto-legge a favore delle vasche di accumulazione; invero il prodigio della adeguazione della produzione di energia idroelettrica alle ingigantite necessità delle industrie di guerra e l'altro dei successivi sviluppi degli impianti non sarebbero stati possibili senza la intensificazione dello sfruttamento di tutte le risorse idriche consentita dalle capacità disponibili, in altre parole senza la

minorazione — legalmente grave — del dogma della continuità dei deflussi.

D'altra parte nessuno può pensare (nè vogliamo credere abbia mai pensato) ad instaurare un'anarchica libertà di sregolare ad arbitrio di ciascun utente i deflussi fluviali: ciascuno di noi è quotidiano testimonio di regimi perturbati di corsi d'acqua, ai quali un rimedio ed una norma si presentano sempre desiderabili nell'interesse della generalità, a parte i casi più gravi (alcuno dei quali citato dal Prof. Fantoli). È dunque questione di misura e di disciplina, e queste nostre considerazioni si ispirano appunto ad un intendimento di razionale conciliazione dei vasti interessi che si connettono al regime delle acque pubbliche, cercando di delineare i confini delle possibili discipline e di dare un parametro alle eventuali conseguenze d'un eccesso di rigore regimale.

3) Allo scopo di valutare parallelamente, da un lato i danni di perturbamento dei regimi fluviali, dall'altro i danni di un eccesso di ossequio al dogma della conservazione del regime naturale, sia consentito di fissare un caposaldo, d'altronde elementare, che l'esperienza industriale dell'ultimo trentennio ci fa ritenere inconcusso: i consumi di energia mentre hanno una distribuzione ripartita nei dodici mesi dell'anno con variazioni di limitato rilievo, presentano nella giornata lavorativa una accentuazione, che corrisponde — nelle grandi reti — ad 1/3 all'incirca del totale della giornata. In altre parole l'area di punta del diagramma complessivo di carico giornaliero si aggira intorno alla metà dell'area di base del diagramma stesso.

Risultanze di tale natura si desumono anche dall'interessantissimo studio dell'Ing. Mungioli sulla « Influenza delle interconnessioni » (1), svolto sui carichi complessivi della rete Edison e Società principali aggregate, la cui vastità è atta ad attribuire la massima influenza livellatrice all'interconnessione delle reti minori. In tali diagrammi (riferibili a giornate iemali) le potenze massime corrispondono a circa il 150% delle potenze medie ed a circa il 250% delle minime; correlativamente le utilizzazioni della potenza, ossia i consumi di energia, risultano per meno di 2/3 a carico uniforme (base del diagramma) e per di più di 1/3 a carico di punta.

A sostegno di questo numero caratterizzante la distribuzione diurna media dei carichi, vale anche la considerazione dell'orario annuale di utilizzazione delle potenze massime normali nelle grandi reti. Invece di riferirci al semplice quoziente fra consumo totale nazionale annuo e potenza massima installata, abbiamo preferito analizzare in separati diagrammi annuali e per diversi anni, gli orarî di utilizzazione delle singole potenze in qualche grande rete di distribuzione che ci è nota. Abbiamo riscontrato potenze massime utilizzate nell'anno corrispondenti a circa il 225% delle medie; la utilizzazione media della potenza massima si aggira fra le 300 e le 380 ore mensili. Non dubitiamo che chi potesse allargare il campo d'indagine, che per noi è limitato a poche reti, perverrebbe a conclusioni concordanti colle nostre.

A questa distribuzione dei carichi, variamente intensificati fra le ore 6 e le 22 dei giorni feriali, approssimativamente costanti solo negli orarî rimanenti, mal rispondono gli impianti ad acqua fluente, che sciuperebbero — se non integrati da impianti ad accumulazione o da centrali termiche — da 1/3 in più delle portate fluenti (in molte industrie manifatturiere che utilizzano direttamente impianti idraulici proprî la quota di utilizzazione dei deflussi costanti scende anche a meno della metà).

La intensità di utilizzazione della disponibilità idrica consentita dalla adeguazione artificiale del diagramma di deflusso al diagramma dei carichi, equivale pertanto ad un sicuro raddoppiamento della potenza e ad un aumento del 50% almeno della quantità di energia industrialmente utile; e tale beneficio è ottenibile grazie al razionale impianto ed uso di adeguate capacità accumulatrici giornaliere o settimanali.

La esuberanza relativa dei serbatoi e quindi delle possibili funzioni di produzione di potenza disponibili in alcuni impianti, consentono anche, grazie alle interconnessioni estesissime delle reti, di supplire alle deficienze di capacità di quell'altra quota di impianti che funzionano perciò ad acqua fluente. Tale beneficio è imponente per quantità e di sommo pregio per il perfezionamento tecnico degli esercizi industriali; il suo valore economico può essere apprezzato in miliardi di lire, e nemmeno si concepirebbe il moderno complesso degli esercizi elettrici italiani senza il sussidio degli organi idraulici più vitali, che l'esperienza dell'ultimo ventennio è venuta moltiplicando.

4) Non è agevole — per contro — fissare in un analogo parametro l'apprezzamento dei danni derivabili alla economia generale dallo sregolamento dei deflussi naturali per effetto dell'esercizio delle capacità accumulatrici. La infinita varietà delle situazioni idrografiche naturali, dei gradi di perturbamento determinati sui rispettivi regimi dalle singole capacità manovrabili, e dei rapporti di concordanza o di sconcordanza di fasi idriche utili fra le utenze industriali a monte e le utenze industriali od irrigue esistenti o prevedibili a valle, non si presta alla traduzione in semplici parametri, e consente soltanto una classificazione ed una disamina frazionata di casi.

Gli inconvenienti più comuni si sono verificati sin qui a danno di utenze industriali inferiori. Giustamente il Senatore Fantoli ha accennato solo ai casi gravi, di capacità atte ad interrompere per ore ed ore il deflusso fluviale; invece gli innumerevoli casi di parziale sfasamento di deflussi per brevi periodi presentano entità generalmente limitatissime, e sono d'altra parte disciplinabili senza grave dispendio di opere, mediante controlli idrometrici, o compensabili mediante reintegrazione in natura delle perdite di energia causate all'utente a valle. Indubbiamente sono dannosi anche i modesti perturbamenti; ma il fenomeno della loro progressiva attenuazione a distanza è innegabile, per quanto di calcolazione complessa; ove poi si istituisca il doveroso parallelo fra il complesso delle utilità arrecate dalle accumulazioni ed il complesso dei danni conseguiti, risultano rarissimi nella pratica i casi nei quali le prime non prevalgano di gran lunga sui secondi e non possano sopportarne agevolmente il risarcimento.

Ma anche dei casi di notevole rilievo, della misura di quelli citati dal Prof. Fantoli a titolo esemplificativo, la disamina delle varie situazioni di rapporto fra utenza e utenza porta a restringere singolarmente il numero. Innanzi tutto, quando si tratti di capacità perturbatrici situate su un affluente, l'influenza del loro esercizio sulla portata del fiume principale è parziale e di rado rappresenta una quota importante: inoltre il naturale scaglionamento di varie capacità su varî affluenti comporta compensazioni apprezzabili, cosicchè la risultante delle perturbazioni è sempre inferiore alla somma delle capacità sregolatrici.

De pari, quando la successione dei salti industriali è immediata, bastano spesso modesti bacini di carico a compensare gli sfasamenti di deflusso determinati dagli esercizi idraulici superiori; cosicchè se si tratta di industrie elettriche distributrici tanto a monte quanto a valle, un disciplinato esercizio di capacità accumulatrici praticato superiormente conserva in genere utilità diagrammatiche residue e sarebbe dannoso alla generalità sostituirvi il regime costante. Ciò in ispecie nei casi non infrequenti di salti inferiori che forniscano la base di un diagramma di produzione, e che siano quindi integrati per notevoli quote da impianti ad alta caduta o da centrali termiche; in tali situazioni è più che mai ovvio il provvedimento della reintegrazione delle eventuali deficienze diagrammatiche generate dallo sfasamento dei deflussi, mediante fornitura di energia a carico della centrale che ne profitta.

(1) Vedi fascicolo I, anno 1932 di questa Rivista.

Per questi motivi lo studio di coordinamento di un sistema di derivazioni in serie da uno stesso fiume, grazie alle notevoli velocità normalmente raggiunte nei canali rivestiti, conclude più agevolmente colla conservazione del beneficio dell'accumulazione anche per le derivazioni inferiori, che non col rifasamento totale dei deflussi. La soluzione perfetta appare perciò costituita dal consorziamento della serie delle centrali, o dalla compensazione delle poche perdite reali causate dalle utenze estrema a valle. Il Prof. Fantoli vorrebbe le vasche di compensazione alla restituzione di ciascuna centrale e le considera «rimedî semplici di poco peso per gli impianti». Siamo d'avviso che il rimedio sarebbe nella più parte dei casi onerosissimo, spesso da ragioni orografiche escluso del tutto.

Non è perciò dato pensare ad una successione di vasche accumulatrici e compensatrici, la quale, anche se fosse materialmente possibile, rappresenterebbe sempre una moltiplicazione di dispendio economicamente non sopportabile e non giustificata da una utilità corrispondente.

5) Al concetto della utilizzazione in centrali successive dei deflussi accumulati in una derivazione superiore (salva eventuale compensazione unica finale, se necessaria) può essere obbiettato che, qualora si trovi interposta o si possa interporre in avvenire una utilizzazione modellata sul regime costante, il rifasamento dei deflussi a beneficio di questa si renderebbe inevitabile. Così pure può affacciarsi il caso di utilizzazioni interposte di minore potenzialità idrica, disadatte quindi a trarre profitto dai deflussi discontinui, ed anzi danneggiate per sperperi d'acque rispetto al regime uniforme. Casi simili non si possono invero escludere; ma poichè lo scopo comune è lo sfruttamento massimo delle disponibilità idriche, precostituendo nella disciplina amministrativa i mezzi idonei a raggiungerlo, l'interesse generale imporrà di ricorrere anche all'ampliamento, o più frequentemente al sottendimento delle derivazioni di scarsa potenzialità a beneficio di utilizzazioni più vaste, mentre alle eventuali derivazioni a regime costante si potranno con vantaggio della generalità fornire i compensi in natura (energia) che la perturbazione dei deflussi renda necessarî.

Soluzioni di coordinamento come queste turbano, è vero, qualche interesse e minorano la libera individualità di qualche derivazione interferente col razionale uso delle acque accumulate: ma senza minorazioni di individualità industriali isolate e senza sottendimenti lo sviluppo delle utilizzazioni idroelettriche di cui l'Italia si è arricchita nell'ultimo ventennio e va giustamente orgogliosa, non sarebbe: nè certo le minorazioni di cui si tratta sono — nella massima parte dei casi — paragonabili per gravità di conseguenze a quel sottendimento totale di importanti derivazioni preesistenti, che pure è stato più volte necessario nell'interesse della più vasta utilizzazione delle acque pubbliche.

Ed anche in qualcuno dei casi più importanti, cui ha alluso il Prof. Fantoli (pure non avendo noi avuto nè avendo titolo qualsiasi per interloquire nei rapporti degli interessi in questione) crediamo che la misura delle forniture di energia progettate a reintegrazione delle perdite derivanti da sfasamento dei deflussi oscillasse — nella contrapposizione delle tesi delle due parti — fra l'1 ed il 2% della produzione totale della centrale inferiore: risarcimento in ogni caso così modesto in valore assoluto e più in valore relativo, da escludere *a priori* ogni paragonabilità fra il partito della soppressione dell'accumulazione a monte (o del ristabilimento del regime idrico) e quello del risarcimento in natura delle sue conseguenze.

Permarrà qualche caso singolare, in cui la entità dell'accumulazione giornaliera in laghi naturali od artificiali possa dar luogo a svalutazioni permanenti di larga misura delle utilizzazioni industriali fiende a valle: ma a parte le possibili discipline del deflusso a limitazione dei perturbamenti, è nostra convinzione che nessuna entità di giusto risarcimento alle utenze preesistenti a carico della grande utenza a serbatoio perturbatrice del regime potrà essere paragonabile alla svalutazione quantitativa e qualificativa che colpirebbe nella stessa sua essenza e nella sua ragione di vita industriale ed economica l'utenza medesima, qualora le si imponesse il regime idrico costante o la compensazione a valle (quasi sempre inattuabile nei nostri fiumi).

Concludendo su questa categoria di interferenze troviamo che la misura dei danni di natura industriale derivabili (secondo i risultati forniti dall'esperienza dell'ultimo ventennio) dall'esercizio delle capacità di accumulazione è nella massima parte dei casi di entità limitata, disciplinabile con controlli idrometrici, compensabile con provvedimenti di coordinamento tecnico delle utenze a valle o di sottendimento, comunque risarcibile normalmente in natura con inestimabile beneficio dell'economia generale. Pertanto in linea industriale la tutela del patrimonio idrico nazionale non s'identifica affatto colla conservazione del regime costante, ma si concilia prevalentemente con un regime ad accumulazione organicamente disciplinato.

Ed anche per quanto riguarda le possibilità di coordinamento cogli impianti fiendi, non sarebbe economico trascurare il beneficio per l'economia generale che è insito nelle utilizzazioni immediate nei confronti colle fiende, spesso problematiche; come non sarebbe giusto trascurare il contributo dei serbatoi alla risoluzione di importanti problemi accessorî di bonifica, di trattenuta delle portate solide, di smorzamento delle piene, in una parola di sistemazione fluviale.

La prevenzione di qualche caso di interferenza grave sarà sempre possibile, nè la prassi limitatrice delle manovre idriche è alle sue prime armi nella pubblica Amministrazione Italiana, perchè si debba temere che le manchino in avvenire i mezzi disciplinari o le facoltà d'imposizione dei risarcimenti doverosi.

Se dovessimo anzi portare il contributo esemplificato dei molti casi che sono a nostra conoscenza personale (dal che ci asteniamo per deliberato proposito) sembreremmo forse costituire una certa qual tradizione di zelo regimatore e disciplinatore, quasi sempre sfociato in apprezzabili benefici per le utenze a valle, talvolta anche in indebiti arricchimenti loro ed in corrispondenti eccedenze di oneri a carico delle nuove utenze a monte.

6) È ovvia la ben maggiore delicatezza della categoria di danni da perturbamento del regime fluviale in rapporto con utilizzazioni irrigue esitenti o fiende: in tali casi invero, non potendo di regola la minorazione della portata minima o comunque del deflusso naturale essere risarcita con forniture di energia, la soluzione tecnica dell'eventuale conflitto di interessi si presenta difficile in via normale.

Diciamo «in via normale» perchè sono già parecchi (e destinati ad aumentare) i serbatoi appenninici eroganti acqua di estate per usi misti di forza e di irrigazione, atti a migliorare il deflusso naturale oltre i limiti compensativi delle eventuali oscillazioni dovute all'esercizio elettrico. Inoltre non si può escludere del tutto la possibilità di risarcimento in energia in quelle zone, in cui dalla larga disponibilità di acque di sottosuolo sollevabili meccanicamente da piccole profondità possono provenire mezzi di reintegrazione dei deflussi estivi minorati, a spese dell'azienda perturbatrice.

Ma prescindendo da contingenze favorevoli di questa speciale natura, reintegrazioni di deflusso a beneficio irriguo non sono possibili senza la materiale ricostituzione a mezzo di bacini di compenso: problema di grande momento sempre, spesso insolubile. Pertanto la compatibilità di grandi bacini accumulatori colla conservazione del deflusso di magra a scopi irrigui futuri e le eventuali discipline atte a garantirlo richiedono veramente sguardi ben più lungimiranti di quanto non si imponga a tutela degli interessi avvenire di sola forza motrice.

Anche qui però, non numeri riassuntivi di situazioni disformi e della misura del loro valore, ma solo è possibile un sommario esame di diversi tipi di corsi d'acqua, dal quale il numero dei casi gravi vorremmo sperare non risultasse considerevole. Comunque una analisi completa può sempre essere istituita dagli Uffici competenti.

Alle già accennate compensazioni derivabili da serbatoi stagionali su fiumi appenninici aggiungiamo, per quanto riguarda i fiumi maggiori, la normale inderogabilità della conservazione di notevoli deflussi, anche all'infuori delle necessità irrigue. Soltanto serbatoi di ingente volume potrebbero coi loro invasi interferire coi necessarî deflussi di magra.

Ma la più importante causa di attenuazione dei possibili conflitti può derivare dalla considerazione, che l'uso delle capacità idroelettriche è in estate ridottissimo, almeno nelle derivazioni alpine (la cui importanza è di gran lunga prevalente) già saturate dalla disponibilità idrica naturale: e in ogni modo può l'uso stesso in determinate situazioni essere interamente escluso, senza grave danno dell'industria, nel periodo di più intensa irrigazione. Al riguardo è da notare che in gran parte della pianura padana l'irrigazione si considera duratura per la generalità delle culture per circa 100 giorni, dei quali solo il periodo centrale (50 a 60 giorni) richiede dotazione piena, mentre all'inizio ed al termine si ritiene adeguata una dotazione di circa il 50%.

Addurre gli interessi irrigui a sostegno della conservazione del deflusso di magra sarebbe pertanto un fuor d'opera nelle regioni alpine; ma anche nelle zone a regime — diremo così — appenninico l'interesse irriguo non richiederebbe mai di costringere le utilizzazioni idroelettriche nel letto di Procuste del regime costante fuori dei periodi or ora delimitati, ossia nella massima parte dell'annata.

Per tutto ciò, pure pienamente compresi della serietà del problema, pensiamo che le incompatibilità assolute ed irreducibili fra gli usi necessari delle capacità idroelettriche e le utilizzazioni irrigue inferiori non debbano presentarsi con caratteri di tale estensione da giustificare provvedimenti specifici di carattere generale. Riteniamo che, sia per successive eliminazioni o compensazioni o riduzioni di interferenze, sia in virtù di discipline limitatrici delle oscillazioni durante l'estate, i casi gravi debbano grandemente restringersi, e con essi le necessità alternative — a carico degli utenti idroelettrici — di conservare o di ricostituire la continuità del regime fluviale.

In queste condizioni non ravvisiamo nella necessità di salvaguardia degli interessi irrigui una giustificazione per disposizioni nuove e speciali di legge, laddove possono bastare le cautele e le discipline amministrative normali a prevenire collisioni dannose coi grandi interessi irrigui.

7) Pure essendo partiti noi pure dalla messa a fronte delle varie categorie di interessi che si connettono alla disciplina dei regimi fluviali, potrà darsi che la nostra convinzione di un agevole coordinamento possa essere considerata sotto la luce di un *troppo ristretto riferimento allo stato presente o poco più in là*, od anche di una visione troppo unilaterale degli interessi idroelettrici.

Ora, pur contenendo i nostri giudizi nel modesto campo che può essere loro assegnato, particolarmente nei riguardi del pensiero scientifico e della vasta conoscenza di casi che hanno mosso così insigne Maestro, non potremmo acquetarci ad una censura di unilateralità, sia perchè, adusati alla considerazione preminente degli interessi generali, apprezziamo con convinzione le necessità irrigue, per le quali abbiamo anche combattuto disinteressate battaglie, sia perchè — per quanto concerne i rapporti fra le diverse utenze industriali — la lunga e non monocorde esperienza professionale ci ha imposto un abito di obbiettività e di conciliazione, che può proteggerci dal pericolo di svalutare tendenzialmente determinate categorie di pericoli e di danni.

Certo, mentre condividiamo sinceramente da tempo la convinzione del Prof. Fantoli circa la necessità che impianto ed esercizio delle capacità accumulatrici idroelettriche siano coordinati colle necessarie salvaguardie dei grandi interessi irrigui presenti e futuri, e non vediamo dissensi circa la natura e l'importanza di esse, siamo del tutto scettici circa la entità reale dei pericoli che possono minacciare lo sviluppo futuro delle utilizzazioni industriali delle acque pubbliche, in dipendenza dei lamentati regimi oscillatorî. Di contro alle correggibilità od alla razionale risarcibilità della massima parte dei danni di perturbamento, abbiamo trovato fonte di preoccupazioni nel carattere esiziale ed irreparabile dei danni che conseguirebbero a tutta l'industria elettrica da una minore estensione dei servizi di potenza, o da estesi obblighi di ricostituzione sistematica del deflusso di magra. Temiamo cioè che alla grave situazione di crisi del consumo e di crescente appesantimento relativo degli oneri patrimoniali, alle incomprensioni così diffuse circa le possibilità di riduzione dei prezzi dell'energia ed alle connesse infatuazioni autonomistiche a base di motori Diesel, si aggiungerebbe una nuova fobìa per gli idroelettrici, ritenuti sabotatorî dei regimi fluviali: pericolo, che certo l'esimio Prof. Fantoli deprecherebbe con tutte le sue forze.

Nessuno di noi vorrebbe sottarre alcuna categoria di utilità economiche ai doverosi rigori, qualora ci trovassimo di fronte ad una reale minaccia di svalutazione del patrimonio idrico nazionale: ma non vediamo pericoli di danno irrimediabile atti a giustificare col loro incremento un severo allarme, nè troviamo che manchino le armi legali o la disposizione nell'Autorità competente ad usarle in difesa dell'interesse generale. In queste condizioni una codificazione di nuove apposite disposizioni eccederebbe a nostro avviso ogni necessità reale e racchiuderebbe perciò i pericoli sempre insiti in ogni eccesso di prescrizioni legali: potremmo essere certi di rivedere pullulare tutta una fungaia di minuscoli interessi privati, pomposamente ammantati di pubblico interesse ed alternativamente disposti, o a sopraffare gli interessi più vasti, od a monetizzare il proprio recesso da una poco altruistica tutela dei regimi fluviali. Il danno per le utilizzazioni idroelettriche ci apparirebbe in ogni caso gravissimo.

Condividiamo poi, sempre sotto il riguardo dell'interesse generale, l'avviso dell'Egregio Avv. De Francesco circa la inammissibile retroattività degli obblighi specifici di ricostituzione dei deflussi di magra anche a beneficio delle utilizzazioni inferiori di data posteriore. La nostra coscienza giuridica si ribella a qualsiasi violazione del sacrosanto principio di non retroattività delle leggi, che è base del nostro diritto: e più che mai considereremmo un fuor d'opera ricorrervi in casi di interferenza fra nuove utilizzazioni idriche di prevalente interesse pubblico ed utenze preesistenti di importanza minore, in quanto la tutela di nuovi preminenti interessi è assicurata dalla disposizione generale del sottendimento (art. 34 della Legge). Non comprenderemmo invero perchè il nuovo utente dovesse essere esonerato dalle opere di compensazione dei deflussi o dalle indennità competenti al vecchio utente per le alterazioni del regime concessogli: opere e risarcimenti che non possono preoccupare il nuovo se lievi, e non debbono ledere il vecchio se così sproporzionatamente gravi, che nemmeno il nuovo grande interesse ne possa sopportare il carico.

8) Pertanto, concordi negli intendimenti ispiratori dell'autorevolissimo mònito, che deve significare la necessità di un profondo esame delle ripercussioni anche lontane dei regimi oscillatorî dei serbatoi, non sentiamo di poterci associare alla enunciazione del principio generale che « la manovra artificiale dell'opera di accumulazione non deve peggiorare il diagramma naturale del deflusso di magra a *valle dell'impianto medesimo* »: tale principio invero implicherebbe l'obbligo della sistematica ricostituzione del deflusso di magra all'uscita da ogni centrale,

escludendo le infinite possibilità di coordinamento di utenze o di tacitazione con forniture reintegrative di energia, o di discipline *temporanee* a tutela delle maggiori necessità irrigue.

E nemmeno troveremmo equo sancire un obbligo di devolvere ad incremento gratuito della magra una quota dell'invaso serbatoiale: ciò pel solo motivo della già grave onerosità dei serbatoi, economicamente ormai quasi inattuabili, così da non poter rinunciare almeno in linea di principio ai contributi di miglioria stabiliti dalla legge.

Parimenti, pure considerando essere nello spirito delle nostre leggi il diritto dell'Amministrazione concedente di intervenire anche in corso di concessione per la disciplina del regime idrico, quale interesse preminente, non ci sentiremmo di sancire come *disposizione specifica* la imponibilità in qualunque tempo di bacini di compensazione o di erogazioni regimate. Troppi interessi di terzi, anche di minore rilievo ed anche convenientemente conciliabili, troverebbero modo di forzare la interpretazione di quel pubblico interesse, in nome del quale tante maliziose sopraffazioni sono possibili. Non dimentichiamo che la difesa degli interessi dei terzi trova la normale salvaguardia nella legge comune; ed appaghiamoci che funzionino nei casi gravi a favore del pubblico demanio le varie riserve già espresse ed implicite nella legislazione vigente, senza sanzionare in forma generale e *con effetto retroattivo su concessioni già attuate a regime libero* un onere di rigida compensazione dei deflussi, la cui gravità potrebbe risultare quasi eversiva per le concessioni stesse.

Ricordiamo ancora che, pure in tempi nei quali la preminenza dei pubblici sui privati interessi era infinitamente meno sentita e nel nostro giure erano ben lungi dall'avere cittadinanza le infinite disposizioni minorative dei diritti quesiti, che oggi non meravigliano alcuno, il principio dell'equo contemperamento degli interessi interferenti era accolto nel codice patrio e per diverse materie: basti per tutte citare il sapiente disposto dell'art. 578 C. C., diretto a «conciliare nel modo più equo i riguardi dovuti ai diritti di proprietà, coi maggiori vantaggi che possono derivare *all'agricoltura od all'industria* dall'uso a cui l'acqua è destinata o vuolsi destinare, *assegnando all'uopo le dovute indennità* ».

Ancor oggi l'applicazione di questo principio alla doverosa tutela dei regimi fluviali può consentire, così i riguardi dovuti al possesso legittimo, come l'ossequio ai futuri sviluppi dell'agricoltura e dell'industria, non esclude alcuna possibilità di compensazioni o di coordinamenti ed autorizza anche la espropriazione di usi idrici contro indennità. Col richiamo di questa disposizione, che scolpisce il nostro pensiero in forma non superabile, amiamo chiudere queste nostre considerazioni, ispirate, al pari di quelle colle quali il Prof. Fantoli ha aperto l'interessante dibattito, ad un culto costante per i grandi interessi nazionali.

ING. GIUSEPPE GAVAZZI.

*Bergamo, giugno* 1932.

ING. DIOFEBO NEGROTTI

# Considerazioni sul regime dei corsi d'acqua nei tronchi a valle delle derivazioni idroelettriche in rapporto alle utilizzazioni agricole

Sul fascicolo IV vol. IX aprile 1932 de *L'Energia Elettrica* il Senatore Prof. Ing. G. Fantoli ha pubblicato un interessante scritto sull'esercizio intermittente degli impianti idraulici e sulla tutela del demanio fluviale nelle sue utilizzazioni agricole e industriali.

L'illustre Autore, dopo aver rilevato come a mezzo delle accumulazioni intermittenti nelle capacità di serbatoi o di vasche di carico per la variabile efficienza dell'esercizio industriale si immettono nel corso d'acqua portate assai oscillanti nelle 24 ore del diagramma giornaliero fra limiti assai lontani anche dallo zero in su, è d'avviso che ad evitare quella permanente svalutazione dei tronchi d'alveo a valle — che implica un grave danno alle utenze irrigue il cui turno d'irrigazione, per non essere la portata uniformemente costante nella giornata, viene profondamente alterato — si debba indicare fra quali limiti è opportuno informare il richiamo a una concorde interpretazione del giusto criterio da ritenersi indubbiamente implicito in qualsiasi derivazione presente e futura.

Come giusto criterio il Senatore Fantoli ritiene che la manovra artificiale dell'opera di accumulazione giornaliera o settimanale o stagionale non deve peggiorare il diagramma naturale del deflusso di magra che preesisteva a valle dell'impianto idroelettrico nelle condizioni del corso d'acqua. Perciò, a correzione completa o parziale della variabile erogazione giornaliera, avvisa la necessità di apposite capacità compensatrici che ricostituiscono il minimo intangibile della magra ordinaria coll'aggiunta da un decimo a un ventesimo del miglioramento conseguito nella portata di magra stessa.

E l'eminente idraulico appoggia la sua tesi sulla sanzione ad essa data dall'esperienza. La quale, riguardo all'entità del raggio d'influenza della perturbazione — che da una forte oscillazione artificiale e periodica della portata in una sezione del fiume o torrente può derivare e deriva al regime della magra, della media magra, in una parola delle acque utili nel sottostante alveo — può risentirsi ancora gravemente dannosa anche a molte decine o anche a più centinaia di chilometri.

Su di che non si trova d'accordo il compianto Prof. Ing. G. Ganassini il quale, nello stesso fascicolo precitato de *L'Energia Elettrica*, ha inteso di provare, colla istituzione di un'indagine analitica, che quando si tratta di impianti con serbatoio diurno costruiti sugli affluenti delle valli, l'influenza del disordine, che è pure sempre metodico, delle erogazioni idrauliche diurne si attenua talmente nella bassa valle, a parecchie decine di chilometri, da renderlo praticamente inavvertito.

Questa conclusione proviene da una deduzione analitica inesatta, perchè all'eminente e indimenticabile Collega è sfuggito la caratteristica di funzione del tempo nell'afflusso $Q$ (portata di scarico delle turbine) ritenendolo costante nel processo d'integrazione.

Infatti Egli suppone che alla progressiva zero di un canale di larghezza $l$ costante si aumenti (o si diminuisca) bruscamente la portata per un tempo $t$. Alla progressiva $s$ la portata crescerà (o diminuirà) con ritardo rispetto al momento d'immissione. Parte dell'acqua verrà a immagazzinarsi nell'alveo a monte della sezione generica di ascissa $s$ commisurata da un volume

$$V = s\,l\,h$$

dove $h$ rappresenta l'altezza viva dell'acqua corrispondente alla portata massima $Q_0$.

Riguardo alla portata generica $q$ nella sezione $s$ il Ganassini assume la scala lineare:

$$q = c\,h$$

e per $q = Q_0$ ricava:

$$V = \frac{l}{c} Q_0\, s = k\, s$$

posto $k = \frac{l}{c} Q_0$. Di qui, per $q$ generico, il volume immagazzinato corrispondente risulta

$$V_q = \frac{V}{Q_0}\, q.$$

Se all'origine l'immissione dell'acqua nel canale è variabile e uguale a $Q$ in un certo istante, dall'equazione di continuità

$$Q\,dt = q\,dt + \frac{V}{Q_0}\, dq$$

il Prof. Ganassini ricava

$$t = \frac{V}{Q_0} \lg \frac{Q}{Q-q}$$

per la fase di riempimento e

$$t = \frac{V}{Q_0} \lg \frac{Q}{q-Q}$$

per la fase di svuotamento.

L'aver considerato $Q$ costante nel processo d'integrazione, mentre è funzione nota del tempo, rappresentando essa il diagramma delle portate di scarico delle turbine nelle 24 ore, ha condotto il compianto Autore a concludere nel senso soprarichiamato.

L'esperienza, che quotidianamente viene fatta da alcuni anni nell'estate riguardo all'influenza che l'esercizio di un piccolo serbatoio costrutto su un importante affluente di un grande corso d'acqua torrentizio esercita sopra una cospicua derivazione a scopo agricolo posta a circa 55 km a valle, dimostra che questa influenza è tutt'altro che trascurabile sul turno d'irrigazione e ha provocato diversi reclami e ancora oggi il disturbo si risente in ispecie nel mese di agosto quando l'acqua dell'affluente viene trattenuta e la campagna di dominio della presa è sitibonda.

Del resto mi pare che anche l'analisi, bene impostata per quanto riguarda il procedimento — pur facendo qualche riserva sulla scala di deflusso delle portate — conduce alla stessa conclusione sperimentale indicata dal Senatore Fantoli.

Trattandosi di alvei torrentizi con pendenze non superiori al 4 per mille e nei quali le acque di media magra scorrono normalmente in cavi aperti nel greto, non mi sembra necessario immaginare un canale di larghezza costante, ma direi essere più opportuno assumere la sezione liquida $\omega$ come elemento nella scala di deflusso e scrivere:

$$q = \mu\, \omega^{\beta}.$$

Poichè $q$ e $\omega$ sono funzioni, oltrechè del tempo $t$, anche della distanza $s$, contata lungo il filone a partire dalla sezione originaria ove si produce il perturbamento, così a rendere possibile l'integrazione conviene considerare la sezione media del tratto $s$ e cioè

$$\omega_m = \frac{1}{s}\int_0^s \omega\, ds'$$

dove $0 < s' < s$ e $\omega_m$ funzione della $s$ e del tempo.

Quindi la dipendenza fra la portata e la sezione media potrà scriversi:

$$q = \mu\, \omega_m^{\beta}.$$

Se $Q_0$ è la portata massima nota alla sezione d'origine e $\Omega_0$ la sezione liquida che vi corrisponde, si ha pure:

$$Q_0 = \mu\, \Omega_0^{\beta}$$

e eliminando il coefficiente $\mu$ troppo difficile a identificare si ottiene:

$$\frac{q}{Q_0} = \left(\frac{\omega_m}{\Omega_0}\right)^{\beta}$$

e di qui

$$\omega_m = \Omega_0 \left(\frac{q}{Q_0}\right)^{\frac{1}{\beta}}$$

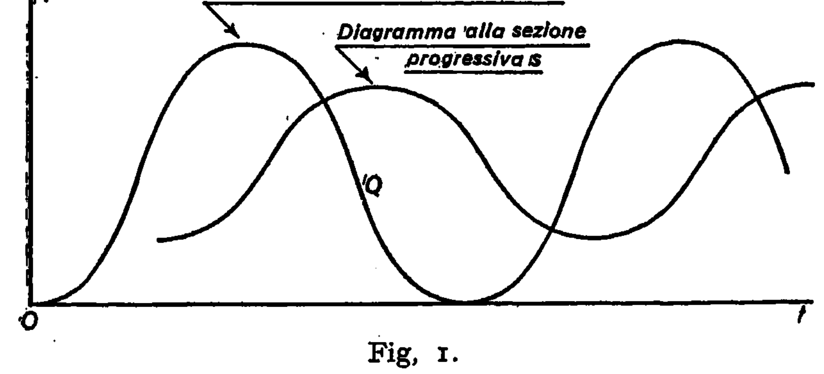



Fig. 1.

Se infine $Q$ è la portata del noto diagramma di scarico delle turbine corrispondente al tempo $t$, ad esempio un diagramma della forma

$$Q = \frac{Q_0}{2} - \frac{Q_0}{2}\cos\frac{2\pi}{T}t = Q(t)$$

ove $T = 86\,400$ secondi, richiamando l'equazione di continuità e ricordando che

$$V = s\,\omega_m$$

$$dV = s\, d\omega_m = \frac{\Omega_0\, s}{\beta}\; \frac{q^{\frac{1-\beta}{\beta}}}{Q_0^{\frac{1}{\beta}}}\, dq$$

si ha:

$$Q\, dt = q\, dt + \frac{\Omega_0\, s}{\beta Q_0^{\frac{1}{\beta}}}\, q^{\frac{1-\beta}{\beta}}\, dq$$

e in definitiva

$$\frac{dq}{dt} + \frac{\beta Q_0^{\frac{1}{\beta}}}{\Omega_0\, s}\, q^{\frac{2\beta-1}{\beta}} - \frac{\beta Q_0^{\frac{1}{\beta}}}{\Omega_0\, s}\, q^{\frac{\beta-1}{\beta}}\, Q = 0.$$

Una tale equazione differenziale non è integrabile in termini finiti se non nel caso di $\beta = 1$, ossia nel caso di una dipendenza lineare

$$w_m = \frac{\Omega_0}{Q_0}\, q.$$

Il valore $\beta = \frac{3}{2}$ porterebbe a una maggiore approssinazione se l'equazione differenziale cui dà luogo fosse integrabile in termini finiti, ma questa soluzione non si presenta possibile se non per serie, ossia con un mezzo analitico certamente assai complesso, e che non mi sembra adatto a rappresentare la propagazione di un diagramma periodico di portata lungo l'asta di un corso d'acqua.

Perciò se si ritiene $\beta = 1$ e si pone

$$K = \frac{\beta Q_0^{\frac{1}{\beta}}}{\Omega_0} = \frac{Q_0}{\Omega_0}$$

l'equazione precedente diventa

$$\frac{dq}{dt} + \frac{K}{s}\, q - \frac{K}{s}\, Q = 0$$

ed eseguendo l'integrazione si ha:

$$q = e^{-\frac{K}{s}t}\left\{\text{cost} + \frac{K}{s}\int Q\, e^{\frac{K}{s}t}\, dt\right\}.$$

Ora:

$$\int Q\, e^{\frac{K}{s}t}\, dt = \frac{Q_0\, s}{2K}\, e^{\frac{K}{s}t} -$$

$$- \frac{Q_0\, e^{\frac{K}{s}t}}{2\left(\frac{K^2}{s^2} + \frac{4\pi^2}{T^2}\right)}\left(\frac{K}{s}\cos\frac{2\pi}{T}t + \frac{2\pi}{T}\,\text{sen}\,\frac{2\pi}{T}t\right)$$

quindi:

$$q = \text{cost.}\, e^{-\frac{K}{s}t} + \frac{Q_0}{2} -$$

$$- \frac{Q_0\, K}{2s\left(\frac{K^2}{s^2} + \frac{4\pi^2}{T^2}\right)}\left(\frac{K}{s}\cos\frac{2\pi}{T}t + \frac{2\pi}{T}\,\text{sen}\,\frac{2\pi}{T}t\right).$$

Il primo termine dell'espressione di $q$ diventa trascurabile rapidamente col crescere di $t$, ad esempio poche ore dopo l'inizio del diagramma di scarico delle turbine, cosicchè si può scrivere:

$$q = \frac{Q_0}{2}\left\{1 - \frac{K}{s\left(\frac{K^2}{s^2} + \frac{4\pi^2}{T^2}\right)}\left(\frac{K}{s}\cos\frac{2\pi}{T}t + \frac{2\pi}{T}\operatorname{sen}\frac{2\pi}{T}t\right)\right\}$$

Si faccia

$$\frac{K}{s} = \rho\cos\varphi, \qquad \frac{2\pi}{T} = \rho\operatorname{sen}\varphi$$

si deduce

$$\rho = \sqrt{\frac{K^2}{s^2} + \frac{4\pi^2}{T^2}} \quad ; \quad \operatorname{tg}\varphi = \frac{2\pi s}{TK}$$

e operando la sostituzione risulta:

$$q = \frac{Q_0}{2}\left(1 - \frac{K}{s\sqrt{\frac{k}{s^2} + \frac{4\pi}{T}}}\cos\left(\frac{2\pi}{T}t - \varphi\right)\right).$$

Ricordando che

$$K = \frac{Q_0}{\Omega_0} \quad ; \quad \frac{K}{s} = \frac{Q_0}{\Omega_0 s}$$

essendo $K$ la velocità massima raggiunta dall'acqua nella sezione d'origine, si trova

$$q = \frac{Q_0}{2}\left\{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{4\pi^2 s^2 \Omega_0^2}{T^2 Q_0^2}}}\cos\left(\frac{2\pi}{T}t - \operatorname{arc\,tg}\frac{2\pi s\Omega_0}{TQ_0}\right)\right\} =$$

$$= q(s, t).$$

Questa formola rappresenta analiticamente il diagramma della portata variabile col tempo nella sezione $s$ che si considera. Precisa, cioè, come si deforma il diagramma di scarico delle turbine nella sezione d'origine riportato nella sezione $s$. I valori del tempo:

$$t' = \frac{T}{2\pi}\operatorname{arc\,tg}\frac{2\pi s\Omega_0}{TQ_0}$$

$$t'' = \frac{T}{2}\left(1 + \frac{1}{\pi}\operatorname{arc\,tg}\frac{2\pi s\Omega_0}{TQ_0}\right)$$

corrispondono ai valori minimo e massimo di $q$ che si possono compendiare nell'espressione

$$\left.\begin{matrix} q_{min} \\ q_{max}\end{matrix}\right\} = \frac{Q_0}{2}\left\{1 \mp \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{4\pi^2 s^2 \Omega_0^2}{T^2 Q_0^2}}}\right\}$$

Risulta dalla formola che dà $q$ e dalla figura 1 che, iniziato l'esercizio dell'impianto idroelettrico e riproducendosi ogni 86400'' il diagramma originario $Q = Q(t)$ e l'acqua sia arrivata nella sezione $s$, ivi la portata $q = q(s, t)$ non si annulla più finchè dura l'esercizio medesimo, mentre la portata $Q = Q(t)$ si annulla periodicamente ogni 24 ore.

Mano mano che si considerano sezioni $s$ sempre più lontane dalla sezione di scarico, i valori minimo e massimo di $q$ vanno sempre più attenuandosi, finchè, teoricamente, a distanza infinita il diagramma diventa rettilineo e la portata $q$ costante e uguale a $\frac{Q_0}{2}$. Tuttavia l'escursione o scarto rappresentato da

$$\frac{Q_0}{\sqrt{1 + \frac{4\pi^2 s^2 \Omega_0^2}{T^2 Q_0^2}}}$$

rimane ancora assai notevole anche a grandi distanze e tale da cagionare gravi perturbamenti in un servizio di irrigazione o industriale che fosse a valle dell'impianto idroelettrico.

Come esempio si supponga $Q_0 = 32$ mc/sec, la pendenza tale che $k = 2$ m/sec, quindi $\Omega_0 = 16$ mq, $T = 86400''$, $s = 50$ km $=$ $=$ m 50000, si ha:

$$\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{4\pi^2 s^2 \Omega_0^2}{T^2 Q_0^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \overline{1.81}^2}} = \sim 0{,}5$$

ne segue che l'escursione è di 16 mc/sec, vale a dire che a 50 km a valle dell'impianto idroelettrico la portata del corso d'acqua oscilla da 8 mc/sec a 24 mc/sec, il che è assolutamente intollerabile per un servizio di irrigazione che abbisogna di una portata costante nella giornata.

Il Senatore Fantoli ha perfettamente ragione nell'affermare che la necessità di capacità compensatrici ricostitutrici della portata necessaria all'irrigazione e io penso che se il compianto Ing. Ganassini avesse approfondito meglio il suo calcolo, come del resto si era proposto di fare in una successiva nota se la morte non l'avesse sorpreso nel pieno vigore della vita, avrebbe concluso in accordo coll'Ing. Fantoli.

Ciò non toglie ai meriti tecnici e culturali dell'indimenticabile e insigne Collega che mi onorava della sua stima e alla quale io ci tenevo immensamente.

ING. DIOFEBO NEGROTTI.

*Piacenza, giugno* 1932-X.

ING. CARLO DRIOLI
DELLA DIREZIONE COSTRUZIONI IDRAULICHE
DELLA SOCIETÀ MERIDIONALE DI ELETTRICITÀ

# Indagini sperimentali sui sifoni autolivellatori

*Il problema del funzionamento idraulico dei sifoni autolivellatori ha formato oggetto di una lunga serie di ricerche sperimentali su modelli, condotte nel Laboratorio di Idraulica di Pisa a cura particolarmente dell'Ing. Mario Marchetti, il quale pubblicò in questa Rivista una completa relazione dei risultati ottenuti.*

*Essi valsero indubbiamente a gettare molta luce sui fenomeni che hanno sede nei sifoni.*

*Ma le esperienze allora condotte, per quanto eseguite su modelli in varia scala fino a dimensioni rispettabili, ebbero sempre il carattere di prove di laboratorio. Perciò mi ha fatto vivissimo piacere l'intendimento che la Direzione delle Costruzioni Idrauliche della Società delle Forze Idrauliche della Sila ebbe a comunicarmi anni addietro, di predisporre la esecuzione di una vasta serie di prove sui sifoni, allora in costruzione sullo scarico della centrale di Timpa Grande: e fui ben lieto che il mio collaboratore Ing. Marchetti ed io fossimo interessati a stabilire — sia pure da lontano — coll'egregio Ing. Drioli il programma delle prove. Queste furono poi eseguite dallo stesso Ing. Drioli con grandissima cura, direi con passione, se non esitassi a valermi di questa parola diventata di uso così comune negli ultimi tempi — superando nel modo più brillante difficoltà gravi nella preparazione delle complesse installazioni sperimentali richieste dalla mole dei sifoni da studiare e dalla stessa natura degli elementi da rilevare. Perchè, non è certo un segreto che le esperienze in natura sono sempre ben più complicate delle prove di laboratorio.*

*I risultati sono esposti in questa memoria, dovuta pure all'Ing. Drioli: memoria che sono ben lieto di presentare, perchè la ritengo interessante sotto diversi aspetti. In primo luogo, mi si consenta questo punto di vista alquanto personale, perchè le nuove ricerche fanno seguito alle prove eseguite nel Laboratorio di Pisa durante la mia direzione e le completano. Ed io ho visto con molto piacere che le constatazioni di laboratorio hanno trovato una conferma, non esito a dirlo, più che soddisfacente.*

*In secondo luogo, perchè l'Ing. Drioli non si è limitato a considerare i vari elementi che avevano formato oggetto delle determinazioni Pisane, ma ha sottoposto a studio anche fattori che prima d'ora non mi risulta fossero stati considerati nei loro riflessi quantitativi: alludo particolarmente al movimento che si determina nei sifoni, quando — ed è la condizione normale di funzionamento — essi aspirano notevoli quantità d'aria.*

*Resta infine una ragione di carattere più generale; che ci si trova forse davanti al primo esempio di una collaborazione, che sarebbe oltremodo utile allargare, fra laboratori di ricerche ed uffici preposti alle costruzioni.*

*Di questa collaborazione credo di poter porgere qui un ringraziamento particolare all'egregio Ing. Mario Mortara Direttore delle Costruzioni Idrauliche della Società Meridionale di Elettricità.*

PROF. GIULIO DE MARCHI.

## I. - PREMESSE.

Lo studio del regime idraulico dei sifoni autolivellatori ha, nella diretta esperienza, scarso materiale di osservazione. Ricerche invece di laboratorio, fatte su modelli in scala ridotta, hanno portato negli ultimi anni ad un sistematico chiarimento e coordinamento di alcuni dei suoi più caratteristici aspetti.

Le esperienze istituite presso il Laboratorio di Idraulica della R. Scuola di Applicazione di Padova (1) attraverso lo studio di sei modelli di opere già costruite, davano un primo interessante contributo rivolto principalmente alla ricerca dei valori critici del così detto « coefficiente di efflusso », e successive ricerche, in parte dirette e in parte su modelli portavano ad una sua più precisa conoscenza (2). Il confronto fra modelli in scala diversa, fatto in base alle leggi di simiglianza idrodinamica, dava luogo, anche in questo campo, a interessanti conferme, seppure la presenza di notevoli quantità d'aria nel fluido scaricato dal sifone, ne rendesse incerta l'applicabilità.

È però con le esperienze effettuate presso l'Istituto di Idraulica e Costruzioni Idrauliche della R. Scuola di Ingegneria di Pisa (3) che l'indagine acquista, attraverso lo studio comparato di numerosi modelli, un preciso indirizzo e permette già la scelta razionale dell'opera destinata, in condizioni affatto speciali, all'impianto di Isollaz.

Quando la Società per le Forze Idrauliche della Sila definì lo studio della Centrale 3° salto Neto, Centrale alimentata direttamente dal canale di scarico del 2° salto, si presentava la necessità di smaltire, in relazione al suo diagramma di carico, le acque risultanti eccessive. Doveva nello stesso tempo essere contenuta, entro limiti compatibili con il buon funzionamento della Centrale 2° salto, l'escursione del pelo liquido nel suo ca-

Fig. 1. - Opere di scarico della Centrale 2° salto. Sifoni autolivellatori. Ponte canale di derivazione 3° salto.

(1) PROF. ING. E. SCIMEMI: « Sul rendimento dei sifoni autolivellatori (coefficiente di efflusso) ». *Elettrotecnica*, maggio 1928.

(2) ING. C. SCOTTI-FOGLIENI: « Sifone autolivellatore scaricatore di portata solida ». *L'Energia Elettrica*, giugno 1928.

(3) PROF. GIULIO DE MARCHI e ING. MARIO MARCHETTI: « Ricerche sperimentali sui sifoni autolivellatori ». - Relazione preliminare. *L'Energia Elettrica*, giugno 1929.

ING. MARIO MARCHETTI: « Ricerche sperimentali sui sifoni autolivellatori ». - I Relazione. *L'Energia Elettrica*, ottobre 1931. - II Relazione. *L'Energia Elettrica*, novembre 1931.

nale di scarico. A queste esigenze, unite a particolari limitazioni di spazio e disponibilità di salto, rispondevano ottimamente quattro sifoni al modello tipo 2° *I* studiato a Pisa e che, divisi in due batterie e con alcune modifiche suggerite dal Prof. De Marchi, vennero adottati e costruiti.

Nella fig. 1 si vede l'insieme delle opere di scarico del 2° salto e di quelle di derivazione del 3° salto, le figg. 2 e 3 mostrano i particolari d'imbocco e sbocco dei sifoni della batteria di destra.

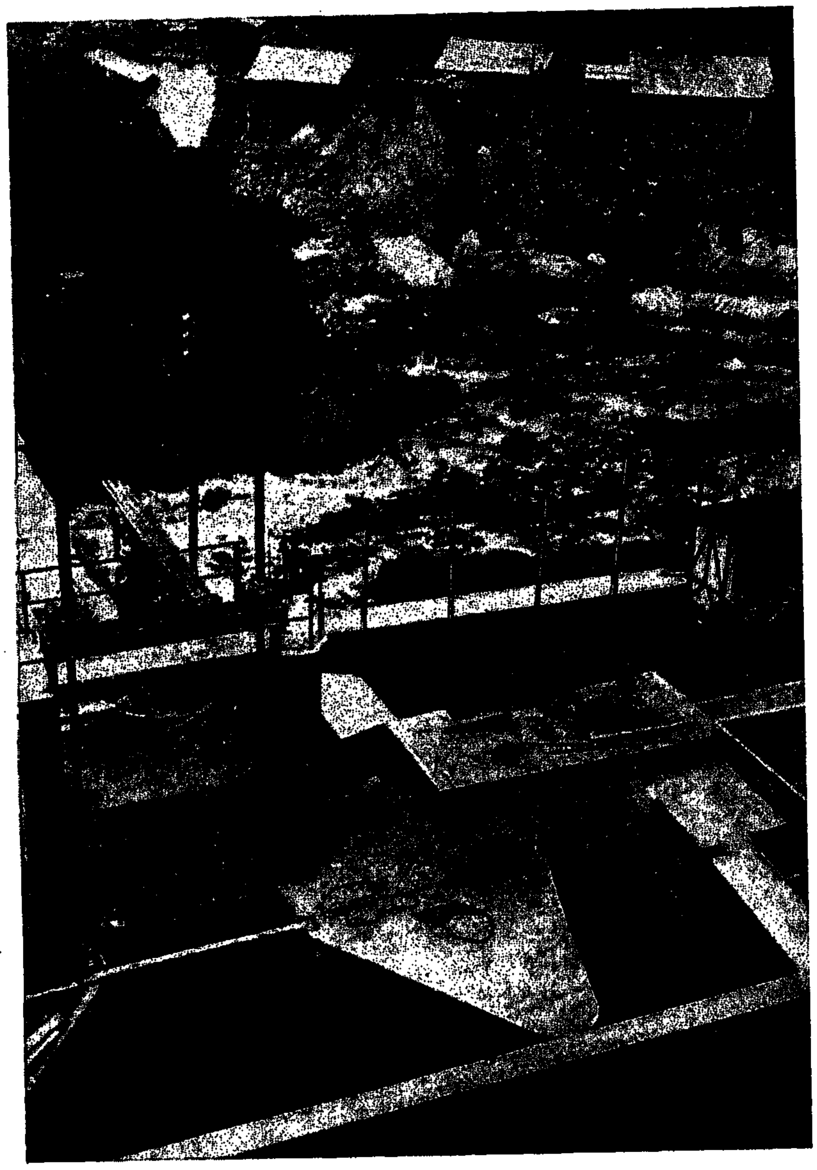


Fig .2. - Imbocco dei sifoni della batteria di destra.

Dalla fig. 4 risulta la sagoma adottata per la canna dei sifoni e le sue caratteristiche geometriche (1).

L'opera venne proporzionata ad una portata massima da scaricare di 30 mc/sec, alla quale avrebbe dovuto corrispondere un rigurgito di 26 cm, e ad un'altezza di m 6,90. Come coefficiente di efflusso, riferito all'area di sbocco, venne adottato il valore di 0,65, prudenzialmente inferiore al suo probabile valore massimo. L'area della canna, attraverso un rapporto di strozzamento $\left(\frac{S}{S_0}\right)^2 = 1,21$, risultava di mq 1,10. Detto rapporto di strozzamento venne assunto alquanto inferiore a quello dell'opera di Isollaz perchè, nel caso in oggetto, non interessava convogliare ulteriormente l'acqua allo scarico.

L'importanza dell'opera e le gravi conseguenze che sarebbero derivate da una insufficiente capacità di smaltimento dei sifoni, entro i ristretti limiti necessariamente imposti al rigurgito nel canale di scarico, indussero il Direttore delle Costruzioni Idrauliche del Gruppo S. M. E., Ing. Mario Mortara, ad effettuare

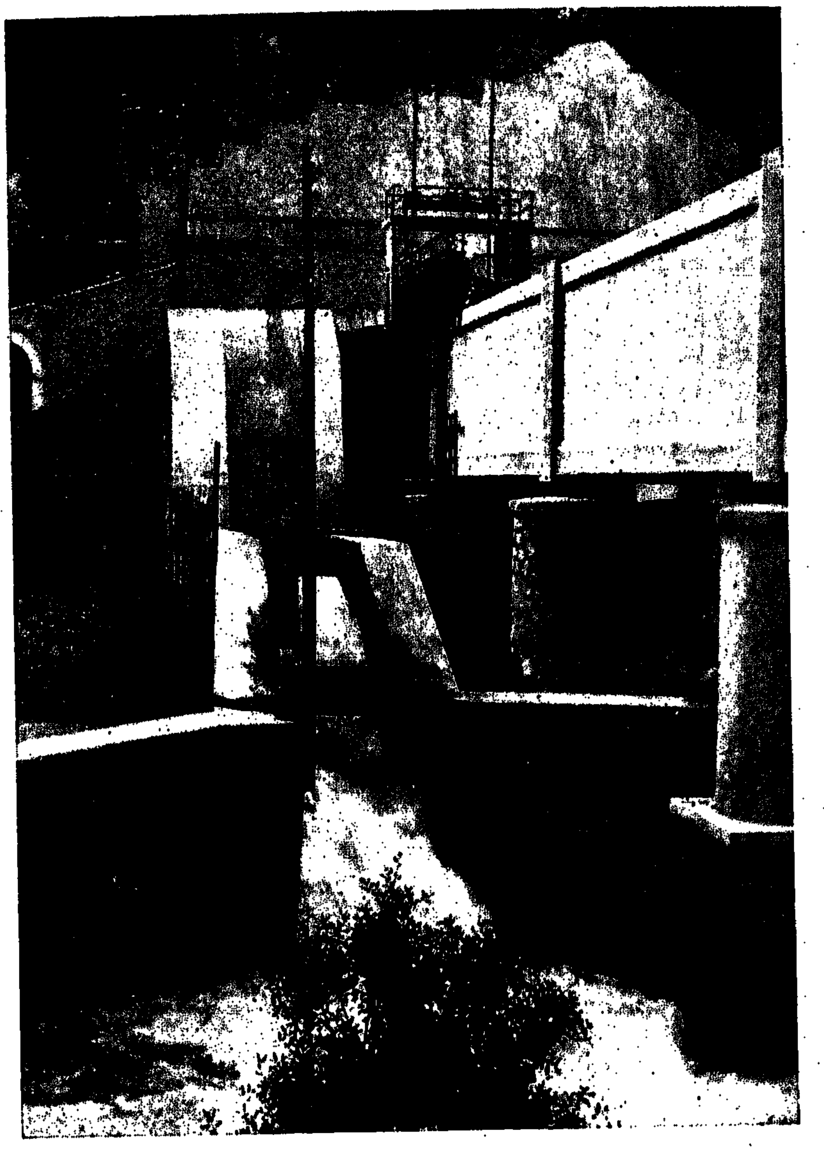


Fig. 3. - I sifoni della batteria di destra visti da valle. Il secondo sifone scarica circa 8 mc/sec.

un accurato controllo circa la rispondenza dell'opera agli elementi di progetto. Sorgeva così la possibilità di ricavare dalla diretta esperienza sull'opera costruita, una serie di osservazioni di notevole importanza pratica e teorica, in quanto direttamente collegate alle ricerche di Pisa.

Completata la costruzione fu quindi istituita una serie di esperienze nelle quali vennero considerati i seguenti punti:

1° valori del rigurgito nella vasca di alimentazione e delle altezze piezometriche lungo la canna, in relazione alle diverse portate scaricate;

2° corrispondenza con i risultati ricavati sui modelli mediante confronto con l'analogo tipo sperimentato in laboratorio;

3° indagini sulla quantità d'aria aspirata dal sifone.

Fissate così le direttive delle esperienze, importava realizzare uno schema sperimentale che, pur tenendo conto delle difficoltà pratiche nella raccolta dei dati di osservazione, assicurasse nello stesso tempo un grado di precisione abbastanza elevato.

(1) Richiamiamo il significato di alcuni termini che useremo correntemente.

Con riferimento alla fig. *A* intenderemo con:

*rigurgito* (Δ) il sopraelevamento nella vasca di alimentazione riferito al piano orizzontale passante per la soglia;

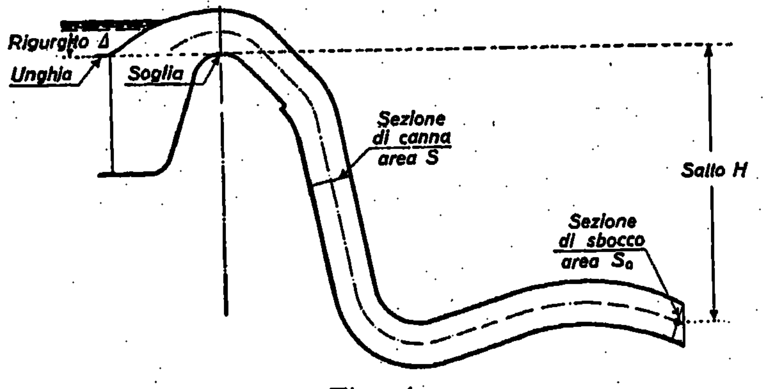



Fig. *A*.

*altezza* (*H*) il dislivello fra il piano orizzontale passante per la soglia e il baricentro della sezione di sbocco;

*coefficiente di efflusso* (μ) il rapporto puramente numerico, riferito all'aera della sezione di sbocco:

$$\mu = \frac{Q}{S_0 \sqrt{2g(H+\Delta)}}$$

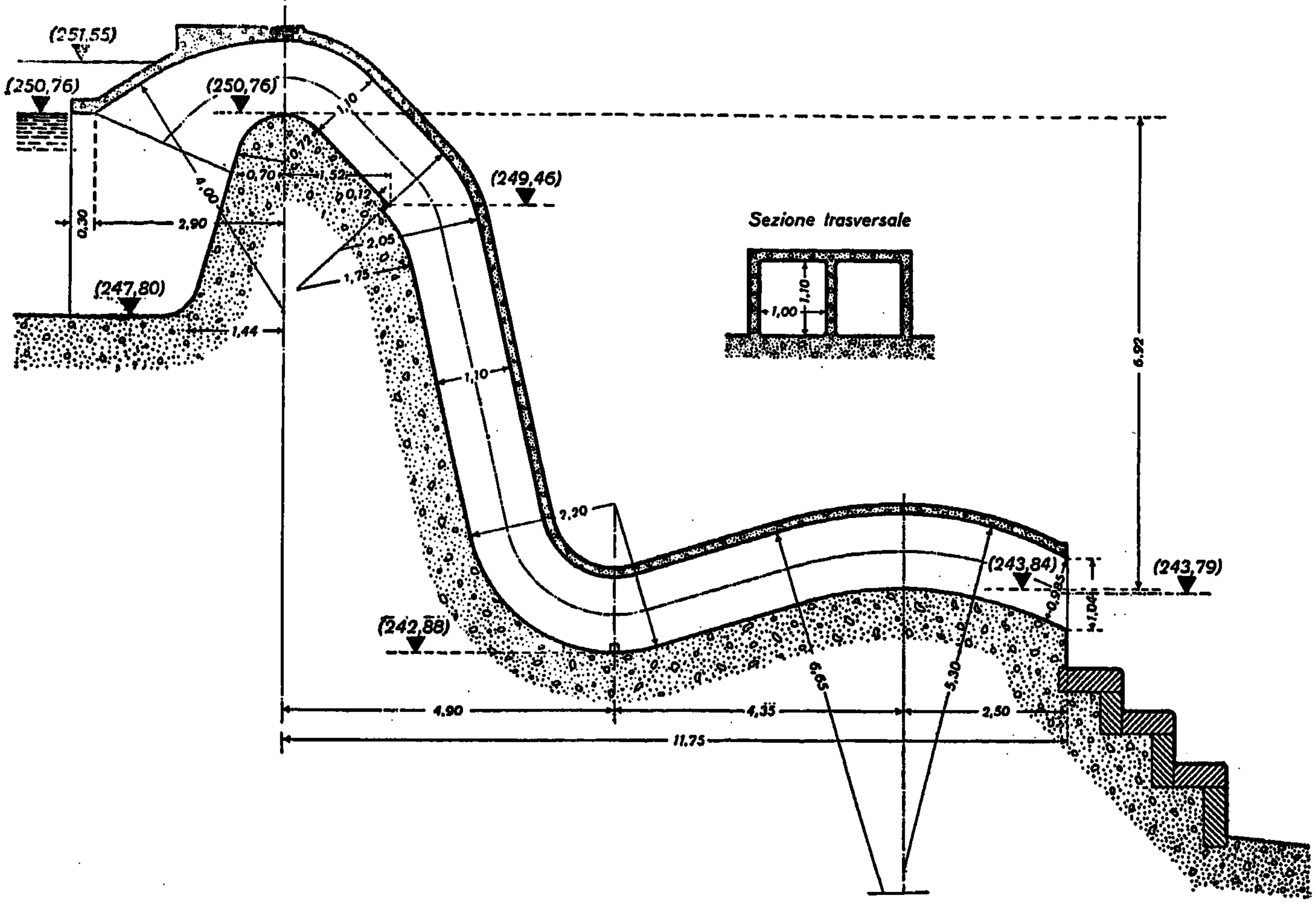



Fig. 4. - Sagoma della canna del secondo sifone conforme rilievo dell'opera costruita.

Gioverà osservare (fig. 5), per un più esatto apprezzamento dei risultati, come la sagoma del sifone costruito differisca leggermente da quella del modello; essa si scosta sensibilmente per la curvatura dell'ultimo tratto della canna, ma sopratutto per il diverso rapporto di strozzamento (1,26 effettivo nel sifone di Timpa Grande, 1,65 nel modello) (1).

Cura particolare venne posta nella scelta del punto ove leggere il livello della vasca e quindi il rigurgito. Come risulta dalla fig. 6 si stabilirono due punti di rilievo: il primo in *A*, ove venne aperta la presa di pressione 10, il secondo, che doveva servire come controllo, in *B*, dove già esisteva un limnigrafo.

Tenuto conto dell'andamento della corrente, provocato dal funzionamento del solo secondo sifone, era logico attendersi una differenza fra le indicazioni nei punti *A* e *B*. Detto scarto, praticamente nullo alle portate basse, raggiunse un valore massimo di circa cm 3 (maggiore nel punto *A*) per il livello più alto. Tenuto conto della maggior precisione nella determinazione del livello in *A*, si adottarono questi valori nella determinazione delle altezze di rigurgito.

Particolarmente difficile si presentava la misura delle successive portate, la loro stabilizzazione e la possibilità di ampie escursioni nei valori delle portate stesse. I deflussi infatti erano vincolati al carico della Centrale e le loro variazioni erano subordinate alle esigenze di esercizio. Una seconda difficoltà si presentava perchè era necessario compiere contemporaneamente numerose osservazioni in punti tra loro distanti. Questa necessità, unita alla naturale instabilità del dato da rilevare, convinse dopo una serie di esperienze preliminari effettuate l'8 dicembre 1930 (1), della opportunità di ricorrere ad apparecchi registratori con grande velocità di svolgimento del diagramma. Si riconobbe inoltre la convenienza di ravvicinare fra loro per quanto possibile i diversi apparecchi registratori in modo da poter seguire agevolmente l'andamento delle esperienze e assicurarne il più regolare svolgimento.

I dati da raccogliere dovevano naturalmente rendere possibile un confronto con quelli ottenuti in laboratorio. A tale scopo, durante la costruzione del 2° sifone della batteria di destra, scelto per le esperienze, vennero predisposte lungo la canna nove prese di pressione, otto delle quali in posizione simile a quella del modello. Queste prese sono formate da tubi gas del diametro di 3/8", muniti, verso l'interno della canna, di una flangia posta esattamente a filo con l'intonaco.

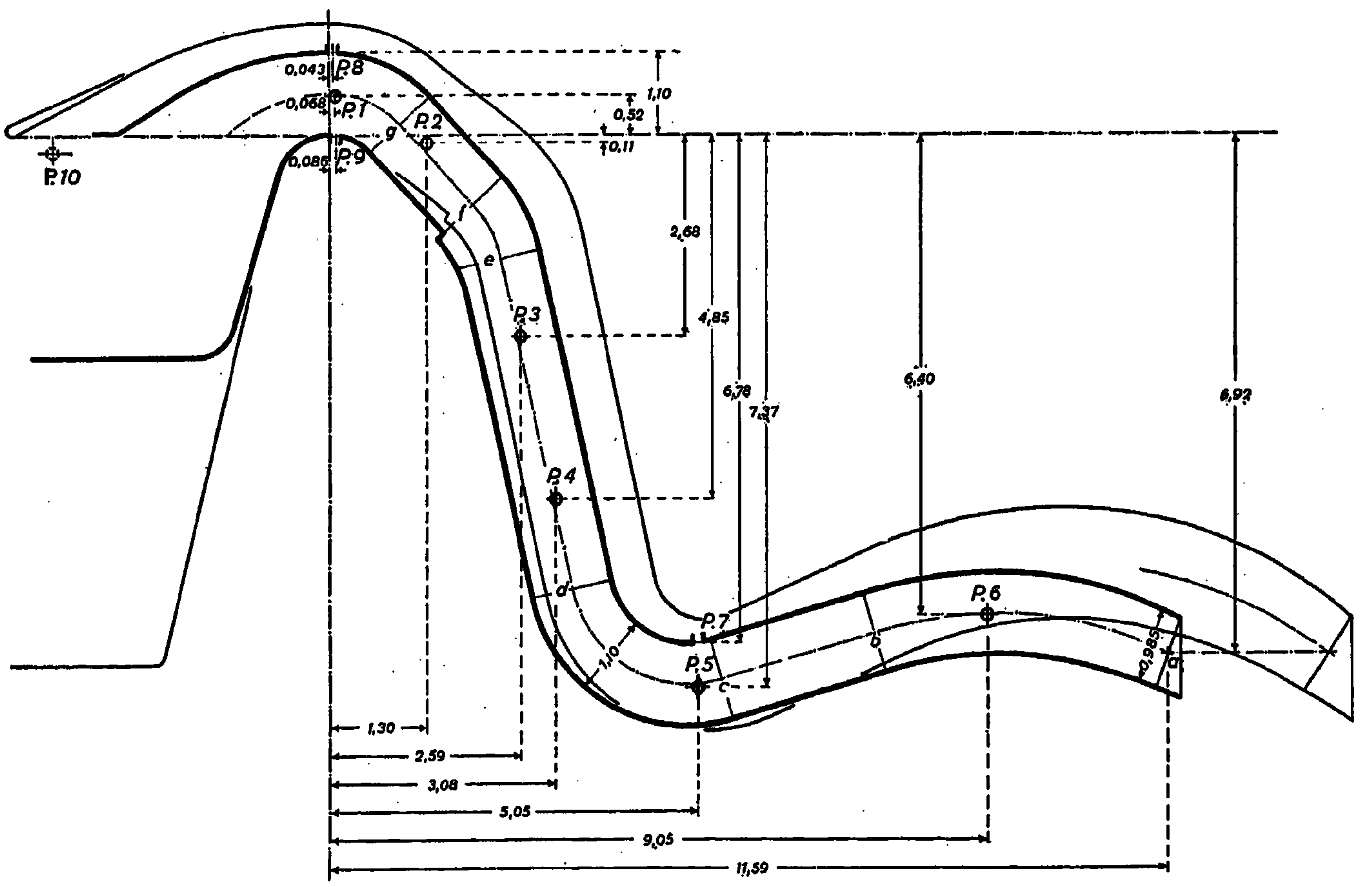



Fig. 5. - Sagoma della canna del sifone e posizione delle prese di pressione. - Confronto fra il profilo del sifone di Timpa Grande e di quello del modello trasformato nel rapporto $\lambda_H$ di similitudine geometrica.

Circa il metodo seguito nella ricerca della quantità d'aria aspirata dal sifone diremo più avanti.

---

(1) Rapporto del Prof. Giulio De Marchi all'XI Congresso Internazionale di Navigazione interna. *L'Energia Elettrica*, settembre 1931.

(1) In relazione principalmente a questo diverso rapporto di strozzamento, era prevedibile uno scostamento nei coefficienti di efflusso riferito alla stessa portata.

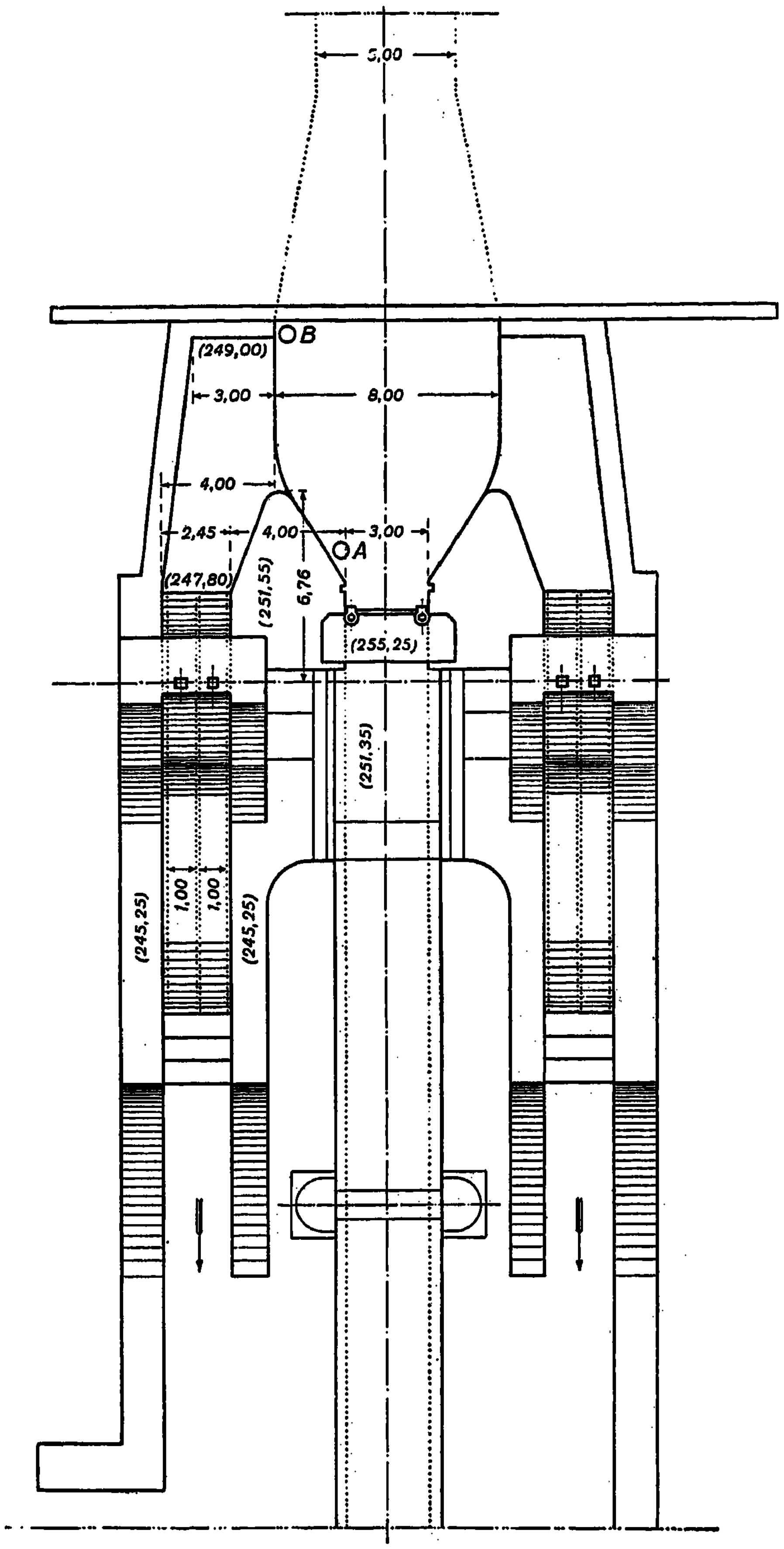



Fig. 6. - Planimetria delle due batterie di sifoni autolivellatori. Punti di rilievo del livello della vasca di alimentazione.

## II. – Descrizione dello schema sperimentale.

### A) – *Misure di portata.*

Durante i periodi nei quali si svolsero le esperienze, si provvide ad impedire ogni uscita di acqua attraverso i sifoni primo, secondo e quarto, chiudendone la sezione di soglia, con ture di sacchetti d'argilla ben pressata, introdotti attraverso il tombino d'aereazione; naturalmente era chiusa anche la paratoia d'immissione al ponte canale. L'afflusso al sifone veniva determinato, supposto costante il livello nel canale di scarico, come somma della portata erogata dalla Centrale 2° salto, misurata mediante un venturimetro registratore, e di una piccola portata supplementare proveniente dal T. Archivato, che veniva pure immessa nel canale, detraendo le perdite attraverso i sifoni inattivi e attraverso la paratoia d'immissione al ponte canale, nonchè il quantitativo sottratto per il raffreddamento dei trasformatori che, preso dal canale di scarico, veniva smaltito a valle dei sifoni.

La portata del torrente Archivato risultò costante e di ben poca entità; misurata saltuariamente ad uno stramazzo si mantenne durante le esperienze sui 74 l/sec. Le diverse perdite vennero raccolte e misurate saltuariamente pure a mezzo di stramazzi, risultando globalmente di 125 l/sec.

La portata erogata dalla Centrale veniva registrata, come si è detto, a mezzo di due dispositivi Venturi, con campi di misura diversi e parzialmente sovrapposti. Il primo, installato su una delle tre condotte forzate, è un venturimetro autotarato Bopp e Reuther, con campo di registrazione fra 770 l/sec e 7000 l/sec, con una sensibilità di lettura pari a 82 l/sec per millimetro di spostamento dell'indice e con periodo di svolgimento del diagramma pari a 60 mm/ora; il secondo, installato nella galleria di derivazione, è un venturimetro Siemens, con un campo di registrazione fra 5 mc/sec e 26 mc/sec, sensibilità media, nel campo di misura, di 190 l/sec per millimetro di spostamento dell'indice e velocità di svolgimento del diagramma di 20 mm/ora.

Di questo secondo venturimetro, era stato fatto nel maggio 1929 una precisa taratura con oltre 20 misure eseguite con un molinello installato nelle condotte forzate, mentre per il primo, non essendo ancora stato eseguito un diretto controllo, si ritenne esatta la garanzia del fornitore. Nel campo di registrazione comune dei due venturimetri, gli scarti fra le corrispondenti indicazioni risultarono contenuti nei limiti di ± 2 %. L'accurato azzeramento dei registratori prima degli esperimenti e un successivo controllo alla fine, danno affidamento che i valori delle misure di portata possano ritenersi, nei limiti pratici, perfettamente attendibili.

### B) *Misure delle altezze piezometriche.*

L'indagine sull'andamento della linea piezometrica lungo la canna del sifone, ivi compresi i rigurgiti, si riduceva sostanzialmente alla misura di pressioni e depressioni relative a quella atmosferica, praticamente costante lungo la canna del sifone.

Le esperienze preliminari, effettuate nel dicembre 1930, avevano dato una prima indicazione sui limiti di variazione delle pressioni da misurare e avevano portato a classificare le diverse prese in tre categorie; la prima, a pressione sempre superiore a quella atmosferica (Piez. 10); la seconda a pressione sempre inferiore a quella atmosferica (Piez. 1-2-3-4); la terza a pressione ora superiore ora inferiore, secondo la portata scaricata. Esse dimostravano inoltre come, pur assicurando la maggior costanza nel carico, il livello piezometrico oscillasse attorno ad un valore medio, seguendo in ciò le naturali pulsazioni del sifone. Queste pulsazioni, di periodo molto rapido e di ampiezza variabile per le diverse prese e per ciascuna a seconda del carico, mentre rendevano necessaria la registrazione delle altezze piezometriche, davano nello tesso tempo una preziosa indicazione sul grado di esattezza che occorreva raggiungere con gli apparecchi di misura, che, naturalmente, poteva essere contenuto nei limiti delle pulsazioni stesse. Scartato per varie ragioni l'impiego di manometri registratori, si venne alla conclusione di adottare un tipo speciale di tubi manometrici riempiti con mercurio per i piezometri con campo di oscillazione notevole, e con acqua per i rimanenti e di registrare le variazioni di livello del liquido entro i tubi stessi mediante limnigrafi a galleggiante, previa opportuna riduzione dell'ampiezza del movimento. Questa soluzione venne molto agevolata dalla temporanea cessione, cortesemente accordata dalle Officine Meccaniche di Precisione del R. Magistrato alle Acque, di 10 idrometrografi tipo R 225, predisposti appositamente con una velocità di svolgimento del diagramma di 60 mm/ora e muniti di speciali galleggianti e contrappesi tarabili atti ad assicurare la voluta sensibilità. Il quantitativo di mercurio necessario risultò di kg 40 e venne pure ottenuto in prestito dagli Stabilimenti di Rumianca, per cortese interessamento dell'Ing. Marchetti del R. Politecnico di Milano.

C) – *Descrizione dei dispositivi di misura.*

Come già si è detto in precedenza, il diverso andamento piezometrico delle singole prese rendeva necessari tre tipi di tubi manometrici.

Il primo, più semplice, è rappresentato nella fig. 7. Esso è formato da un tubo Mannesmann da 4" collegato con la presa attraverso un rubinetto a maschio ed un tubo da 3/8". Sul tubo di collegamento è inserita una derivazione con rubinetto a maschio per l'eventuale applicazione di un indicatore di livello. Era così possibile confrontare il livello nel tubo manometrico, *con galleggiante immerso*, con un caposaldo riferito esattamente alla quota della soglia del sifone.

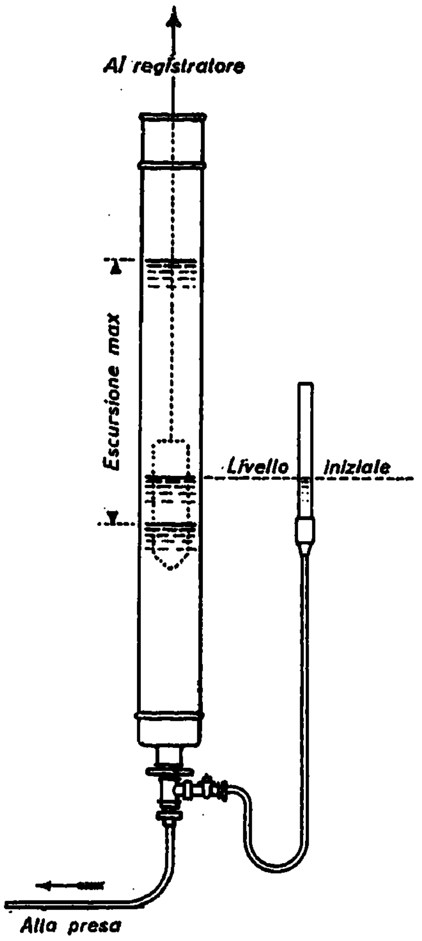



Fig. 7. - Tubo manometrico per sola pressione.

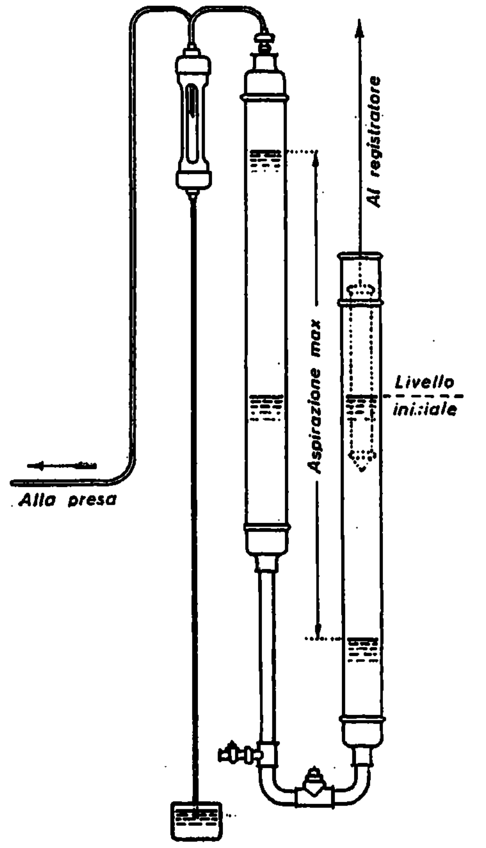



Fig. 8. - Tubo manometrico per sola depressione (a mercurio).

Il secondo tipo, a sola depressione, è rappresentato nella fig. 8; è formato da due tubi da 1" e da 1 1/4" collegati inferiormente con un tubo da 1/8", provvisto di uno strozzamento regolabile e di un rubinetto di azzeramento e vuotamento. Fra il piezometro propriamente detto e la presa è intercalata una camera di espansione formata con un grosso tubo di vetro; questa camera ha lo scopo di controllare ed evitare eventuali aspirazioni di mercurio oltre la camera stessa (possibili qualora i limiti di escursione massima fossero stati anche leggermente superati) che avrebbero dato luogo a perdite e ad alterazioni del livello di riferimento (1).

Detta camera permetteva inoltre di seguire direttamente le variazioni dell'aspirazione durante le esperienze e di impedire ogni ingresso d'acqua nel tubo manometrico, che si prevedeva potesse verificarsi in caso di diminuzione del grado di aspirazione e che avrebbe alterato il livello iniziale di riferimento. Per evitare questo inconveniente la camera di espansione era provvista di un chiusino idraulico con altezza di aspirazione superiore alla massima prevista (e sufficiente quindi a impedire l'ingresso d'aria), capace di smaltire l'eccesso d'acqua che potesse entrare nella camera stessa (2).

Il terzo tipo è rappresentato dalla fig. 9 e presenta le maggiori difficoltà di realizzazione.

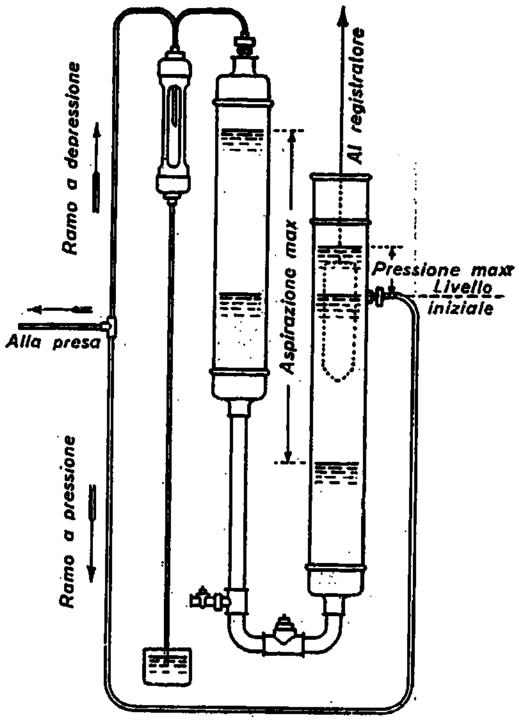



Fig. 9. - Tubo manometrico per pressione e depressione.

Importava infatti, per evitare un'inutile spreco di diagrammi e un forte rapporto di riduzione, che il livello di riferimento per le depressioni e quello per le pressioni fossero coincidenti tra loro e con la quota della presa sul sifone. Come si vede dalla figura, si ottenne un unico livello di riferimento costituendo un ramo a depressione con il livello più alto al disopra di quello corrispondente alla massima pressione, ed uno col livello minimo al disotto di quello corrispondente alla massima depressione. In tal modo, a partire da un livello iniziale, determinato dal punto di attacco del ramo a pressione sul tubo manometrico, le depressioni non potevano che trasmettersi per il ramo superiore, mentre nelle fasi di pressione l'acqua poteva passare solo attraverso il ramo inferiore.

Tutta l'apparecchiatura venne montata in precedenza e provata ad una pressione di 6 atmosfere, eliminando con la massima cura ogni perdita. Il montaggio per le esperienze venne eseguito su una robusta intelaiatura in legno (figg. 10 e 11); i singoli piezometri furono riferiti esattamente allo stesso caposaldo,

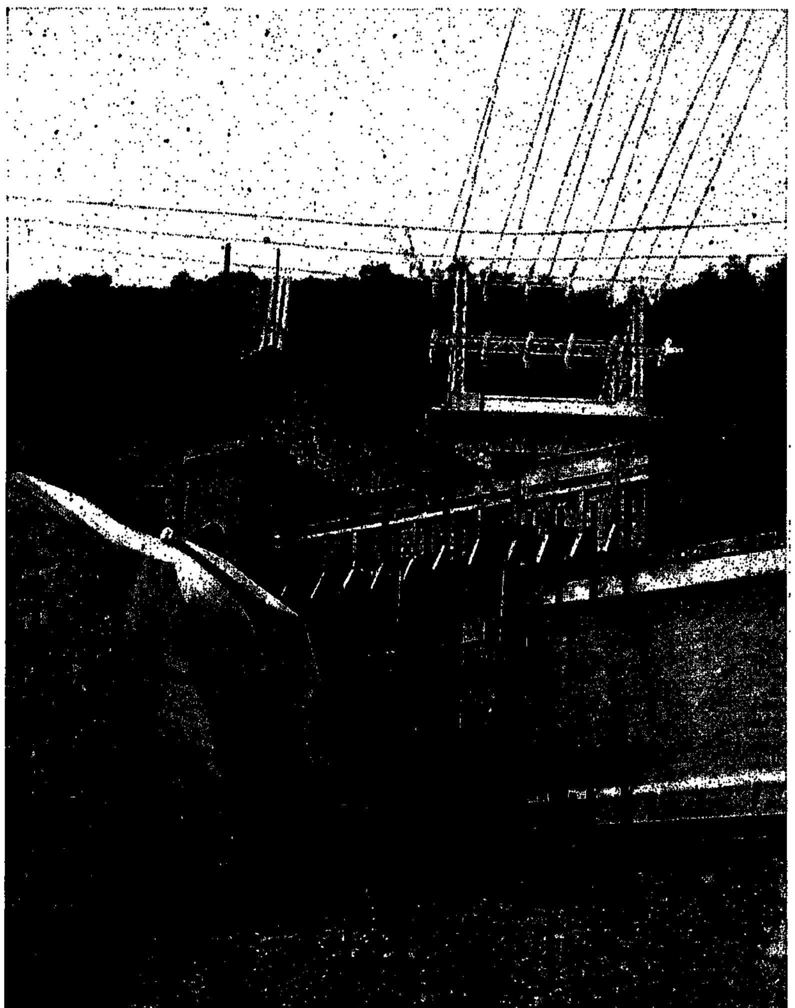


Fig. 10. - Apparecchiatura per i rilievi piezometrici vista dal basso.

(1) Tale precauzione era indispensabile perchè i limiti di escursione erano stati calcolati con un margine minimo, al fine di ridurre il quantitativo di mercurio occorrente.

(2) Si osservò infatti durante le esperienze che una certa quantità di acqua veniva effettivamente aspirata, ma solo per forti variazioni nella portata e specialmente nelle fasi di adescamento e di disadescamento riusciva ad entrare nella camera. Si notò pure che le piccole quantità d'acqua che rimanevano nei tubetti di collegamento ostacolavano (probabilmente per effetto di capillarità) la trasmissione delle più piccole variazioni di pressione; inconveniente che venne eliminato con frequenti verifiche dello zero fatte staccando i tubetti di collegamento alla presa sul sifone.

la posizione dello zero venne spesso controllata durante le prove. La sagoma interna del sifone fu accuratamente rilevata e risulta dalle figg. 4 e 6. La posizione delle singole prese di pres-

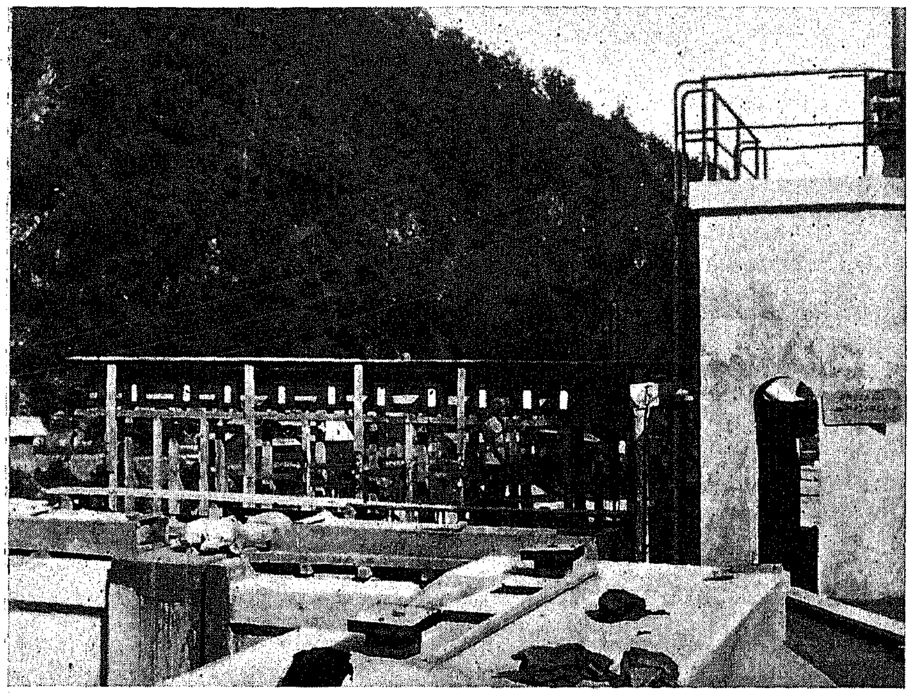


Fig. 11. - Apparecchiatura per i rilievi piezometrici vista dal Ponte canale.

sione risultò lievemente spostata rispetto all'asse della canna, ciò che può aver contribuito a creare qualche anomalia nell'andamento piezometrico relativo, come vedremo in seguito (1).

L'area della sezione di sbocco è stata determinata con ogni cura e risulta definita dalla larghezza della canna (m 0,995) e dalla minima distanza fra il punto estremo della parte superiore e il paramento inferiore (m 0,985). A quest'area sono stati riferiti tutti i computi relativi al coefficiente di efflusso.

È necessario tenere ben presente questo particolare, in quanto taluni sperimentatori, riferendosi ad altre particolari sezioni della canna, trovano valori del coefficiente di efflusso molto diversi e spesso tra loro non confrontabili.

Il controllo della pressione barometrica venne effettuato con un barometro registratore tarato. Durante le esperienze la pressione stessa variò fra un massimo di 733 mm di mercurio e un minimo di 728 mm. La massima depressione, in altezza di colonna d'acqua, al Piez. 9 (soglia del sifone) risultò di m 9 ca., mentre la contemporanea pressione barometrica era di 729 mm di mercurio pari a circa m 9,9 di colonna d'acqua.

La temperatura dell'acqua si mantenne costante sui 14° mentre quella dell'aria variò fra un massimo di 43° e un minimo di 18° C.

## III. – Descrizione delle esperienze (2).

Le esperienze vennero svolte mediante la contemporanea registrazione di 13 apparecchi dei quali 9 registratori del livello piezometrico alle prese distruibuite lungo la canna del sifone, 2 registratori di livello alla vasca di carico e 2 registratori di portata (venturimetri).

Detti apparecchi furono azzerati prima delle esperienze e controllati saltuariamente durante le esperienze stesse; l'esatta coincidenza di orario fra i diversi registratori venne assicurata per confronto con un cronometro, prima e dopo ogni cambiamento di foglio per il diagramma.

Le esperienze si svolsero in quattro serie e rispettivamente i giorni 30 giugno e 4 luglio per le portate più basse, e i giorni 2 e 3 luglio per le portate più alte. Il valore della portata massima venne necessariamente limitato dall'altezza di rigurgito corrispondente al ciglio dei muri del canale. Mentre fu quindi possibile una indagine completa per le portate contenute nei limiti di autolivellazione del sifone, nel campo del regime idraulico propriamente detto (a coefficiente di efflusso sensibilmente costante) si dovette limitare lo studio a portate di poco superiori a quella critica.

Ogni gruppo di esperienze venne effettuato con portate prima crescenti e poi decrescenti; un collegamento telefonico con la Centrale assicurava il rapido e regolare svolgimento delle singole prove, che venivano sospese appena i diversi registratori erano stabilizzati. Complessivamente si raccolsero circa un centinaio di diagrammi, che, oltre a dare una chiara visione dei fenomeni, anche nei minimi particolari, resero possibile, con il contemporaneo confronto dei diagrammi stessi, la verifica di numerosi dati di controllo. Nello spoglio dei diagrammi si scartarono tutte le misure che non davano sicuro affidamento o che presentavano scarti ingiustificati con i dati relativi alle diverse prese, confronto questo indipendente dai valori delle misure di portata.

In base ai valori delle diverse misure sono stati tracciati nella fig. 12 i diagrammi relativi all'andamento piezometrico in funzione, della portata lungo l'asse del sifone (figura a sinistra) e fuori asse (figura a destra), mentre nella fig. 13 sono stati trac-

---

(1) Detti scostamenti sono risultati dall'aver collocato a posto i tubetti delle prese di pressione durante il getto del sifone, mentre sarebbe stato più opportuno murarli in un secondo tempo entro fori più grandi lasciati durante il getto. Comunque la loro posizione risulta esattamente definita.

(2) Converrà premettere alcune definizioni circa la terminologia che useremo in seguito.

Nella fig. *B* sono tracciati schematicamente i diagrammi dei coefficienti di efflusso e dei rigurgiti in funzione delle portate scaricate dal sifone, assunte come ascisse.

Ci riferiremo ai regimi di efflusso caratterizzati da queste curve parlando di un *funzionamento a sifone* escludendo quelle condizioni di efflusso determinate unicamente da un *funzionamento a stramazzo*. Noteremo ancora come parlando di *una portata scaricata* da un sifone, sarà da intendere la *portata media* scaricata in un dato intervallo di tempo, e ciò in relazione alle naturali pulsazioni di un sifone sempre più sensibili verso le portate più basse.

Riferendoci alle lettere riportate in figura chiameremo:

*rigurgito di adescamento* $\Delta_a$ (*A*) il minimo sopraelevamento del livello della vasca di alimentazione, riferito alla soglia del sifone, necessario affinchè il sifone si *adeschi*, inizi cioè un efflusso stabile in relazione alle sue curve caratteristiche;

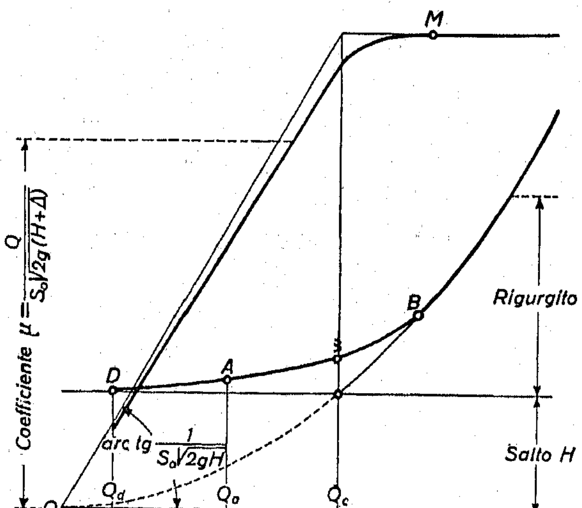



Fig. *B*.

*rigurgito di disadescamento* $\Delta_d$ (*D*) il rigurgito minimo con il quale un sifone già adescato, riesce a mantenere ancora un efflusso stabile relativo alle sue curve caratteristiche;

*portata di adescamento* $Q_a$ il valore della portata che, in regime permanente, corrisponde al rigurgito di adescamento;

*portata di disadescamento* $Q_d$ il valore della portata che, in regime permanente, corrisponde al rigurgito di disadescamento;

*portata critica* $Q_c$ il valore della portata che il sifone scaricherebbe con un rigurgito $\Delta = 0$ se contemporaneamente il coefficiente di efflusso avesse un valore pari al suo valore massimo (*M*);

*limiti di autolivellazione* i valori estremi delle portate e dei rigurgiti corrispondenti all'intervallo *AB*.

Osserveremo come, naturalmente, il tratto di diagramma compreso fra i punti *A* e *D* sia realizzabile solo quando il sifone sia già adescato.

TABELLA I.

| Serie | N.° | Portata l/sec | Letture in mm di colonna d'acqua ai piezometri | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| I | 1 | 3050 | −1197 | −1170 | −1306 | | − 600 | | − 650 | −1090 | −1306 | 0 |
| | 2 | 2705 | − 925 | − 816 | − 979 | | − 760 | −470 | − 265 | − 910 | −1142 | − 6 |
| | 3 | 4000 | −1469 | −1523 | −1850 | | − 800 | 0 | − 740 | −1210 | −1754 | + 24 |
| | 4 | 5420 | −2094 | −2530 | −3101 | | | +140 | − 950 | −1450 | −3142 | + 77 |
| | 5 | 6705 | −2720 | −3482 | −4270 | | | +290 | − 770 | −1750 | −4150 | +472 |
| | 6 | 7400 | −3182 | −4189 | −4842 | | +1060 | +390 | − 750 | −1960 | −5369 | +186 |
| | 7 | 6150 | | −3046 | | | + 820 | +250 | − 790 | −1600 | −3778 | +120 |
| | 8 | 5200 | | −2366 | | | + 220 | +160 | − 875 | −1410 | −2937 | + 69 |
| | 9 | 4400 | | −1714 | | | | + 90 | − 850 | −1290 | −2121 | + 36 |
| | 10 | 3350 | | −1142 | | | | | | −1090 | −1306 | + 1 |
| | 11 | 6900 | | −3672 | | | | | − 745 | −1820 | −4651 | +162 |
| | 12 | 3270 | | −1142 | | | | | − 640 | −1100 | −1306 | − 5 |
| | 13 | 4320 | | −1686 | | | | + 53 | − 830 | −1300 | −2122 | + 30 |
| II | 14 | 5200 | −2040 | −2530 | −2992 | −1822 | + 220 | +165 | − 860 | −1390 | −3060 | + 80 |
| | 15 | 6290 | −2638 | −3264 | −3998 | −1986 | + 820 | +265 | − 770 | −1620 | −3998 | +125 |
| | 16 | 6990 | −3128 | −4107 | −4678 | −1605 | +1120 | +380 | − 730 | −1880 | −5304 | +180 |
| | 17 | 7855 | −3835 | −4842 | −4842 | − 762 | +1400 | +540 | − 940 | −2220 | −7426 | +222 |
| | 18 | 7650 | −3917 | −4733 | −5005 | −1034 | +1260 | +450 | − 780 | −2160 | −6120 | +214 |
| | 19 | 8500 | −4270 | −4868 | −3918 | − 435 | +1670 | +660 | −1080 | −2400 | −8323 | +249 |
| | 20 | 9630 | −4624 | −5739 | −2122 | 0 | +1820 | +740 | − 910 | −2380 | −8854 | +681 |
| | 21 | 8880 | −4570 | −5277 | −2883 | − 326 | +1740 | +675 | −1020 | −2560 | −8568 | +278 |
| | 22 | 8400 | −4270 | −5005 | −3971 | − 408 | +1620 | +640 | −1090 | −2360 | −8242 | +244 |
| | 23 | 7350 | −3699 | −4434 | −4814 | −1278 | +1220 | +425 | − 740 | −2070 | −5752 | +201 |
| | 24 | 6400 | −2611 | −3400 | −4026 | −1958 | + 920 | +300 | − 770 | −1700 | −4243 | +141 |
| III | 25 | 6000 | −2448 | −3101 | −3754 | −1999 | | | − 650 | −1640 | −3835 | +117 |
| | 26 | 8000 | −3971 | −4842 | −4815 | − 780 | +1560 | +610 | −1000 | −2280 | −7670 | +227 |
| | 27 | 9630 | −4706 | −5875 | −2258 | 0 | +1830 | +760 | − 890 | −2460 | −8976 | +656 |
| | 28 | 9160 | −4760 | −5712 | | 0 | +1790 | +720 | − 900 | −2650 | −8813 | +326 |
| | 29 | 9540 | −4814 | −5848 | −2258 | 0 | +1820 | +740 | − 970 | −2560 | −8935 | +504 |
| | 30 | 9540 | −4733 | −5821 | −2258 | 0 | +1830 | +750 | − 930 | −2490 | −8976 | +608 |
| | 31 | 7750 | −3699 | −4896 | −5086 | −1006 | +1300 | +490 | − 670 | −2220 | −6283 | +221 |
| IV | 32 | 3170 | −1197 | −1006 | −1006 | − 979 | − 800 | −540 | − 750 | −1080 | −1713 | 0 |
| | 33 | 6550 | −2802 | −3454 | −4189 | −2067 | + 860 | +275 | − 825 | −1740 | −4366 | +149 |
| | 34 | 5500 | −2176 | −2666 | −3210 | −1958 | + 340 | +180 | − 910 | −1480 | −3305 | + 93 |
| | 35 | 4520 | −1741 | −1958 | −2339 | −1714 | − 400 | + 60 | − 930 | −1340 | −2366 | + 44 |
| | 36 | 3100 | −1306 | − 898 | | −1006 | − 720 | −490 | − 610 | −1030 | −1550 | − 1 |
| | 37 | 2550 | −1142 | − 789 | − 870 | − 898 | − 720 | −470 | − 220 | − 920 | −1224 | − 6 |
| | 38 | 2400 | − 816 | − 734 | − 979 | − 843 | | | − 120 | − 840 | − 938 | − 15 |
| | 39 | 2920 | −1006 | − 843 | −1006 | − 979 | − 400 | | − 440 | − 960 | −1387 | 0 |
| | 40 | 3400 | −1197 | − 952 | −1088 | −1020 | | −220 | − 840 | −1050 | −1795 | + 3 |
| | 41 | 3975 | −1469 | −1496 | −1768 | −1659 | | + 50 | − 740 | −1210 | −1754 | + 24 |
| | 42 | 5150 | −2013 | −2285 | −2965 | −1809 | 0 | +110 | − 980 | −1400 | −2856 | + 78 |

TABELLA II.

| Portata l/sec | Valori medi delle letture piezometriche e delle corrispondenti quote piezometriche (in cm d'acqua) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | | 8 | | 9 | 10 |
| | lettura | quota | lettura | quota | lettura | quota | lettura | quota | lettura | quota | lettura | quota | lettura | quota | lettura | quota | lettura quota | lettura quota |
| 2500 | − 89 | − 37 | − 66 | − 77 | − 82 | −350 | − 86 | −571 | − 52 | −789 | −40 | −680 | − 15 | −693 | − 88 | + 22 | −104 | − 1.2 |
| 3000 | −108 | − 56 | − 93 | −104 | −108 | −376 | − 96 | −581 | − 72 | −809 | −54 | −694 | − 56 | −734 | −102 | + 8 | −131 | − 0.7 |
| 3500 | −127 | − 75 | −121 | −132 | −140 | −408 | −116 | −601 | − 80 | −817 | −29 | −669 | − 80 | −758 | −113 | − 3 | −160 | + 0.4 |
| 4000 | −147 | − 96 | −152 | −163 | −182 | −450 | −144 | −629 | − 69 | −806 | + 3 | −637 | − 88 | −766 | −122 | − 12 | −194 | + 2.0 |
| 4500 | −168 | −116 | −186 | −197 | −226 | −494 | −168 | −653 | − 22 | −759 | + 9 | −631 | − 93 | −771 | −130 | − 20 | −232 | + 4.0 |
| 5000 | −192 | −140 | −221 | −232 | −272 | −540 | −184 | −669 | + 13 | −724 | +11 | −629 | − 95 | −773 | −138 | − 28 | −274 | + 6.4 |
| 5500 | −215 | −163 | −259 | −270 | −320 | −588 | −197 | −682 | + 38 | −699 | +15 | −625 | − 90 | −768 | −147 | − 37 | −321 | + 8.8 |
| 6000 | −244 | −192 | −299 | −310 | −366 | −634 | −205 | −690 | + 61 | −675 | +21 | −619 | − 80 | −758 | −159 | − 49 | −371 | +11.4 |
| 6500 | −275 | −223 | −342 | −353 | −414 | −682 | −198 | −683 | + 85 | −652 | +29 | −611 | − 74 | −752 | −172 | − 62 | −426 | +14.0 |
| 7000 | −310 | −258 | −387 | −398 | −461 | −729 | −159 | −644 | +107 | −630 | +37 | −603 | − 73 | −751 | −188 | − 78 | −492 | +16.7 |
| 7500 | −351 | −299 | −435 | −446 | −498 | −766 | −117 | −602 | +129 | −608 | +47 | −593 | − 76 | −754 | −206 | − 95 | −586 | +19.5 |
| 8000 | −397 | −345 | −480 | −491 | −484 | −752 | − 81 | −566 | +149 | −588 | +57 | −583 | − 91 | −769 | −223 | −113 | −752 | +22.3 |
| 8500 | −435 | −383 | −524 | −535 | −373 | −641 | − 50 | −535 | +166 | −571 | +65 | −575 | −107 | −785 | −243 | −133 | −833 | +25.2 |
| 9000 | −468 | −416 | −561 | −572 | −280 | −548 | − 23 | −508 | +177 | −560 | +71 | −569 | − 98 | −776 | −262 | −152 | −870 | +29.2 |
| 9500 | −482 | −430 | −586 | −597 | −229 | −497 | 0 | −485 | +183 | −554 | +73 | −567 | − 90 | −768 | −262 | −152 | −895 | +47.0 |

ciati il diagramma del rigurgito e quello del coefficiente di efflusso riferito all'area di sbocco. La tabella I raccoglie i valori numerici delle singole misure mentre nella tabella II sono contenuti i valori delle letture e delle quote piezometriche riferite

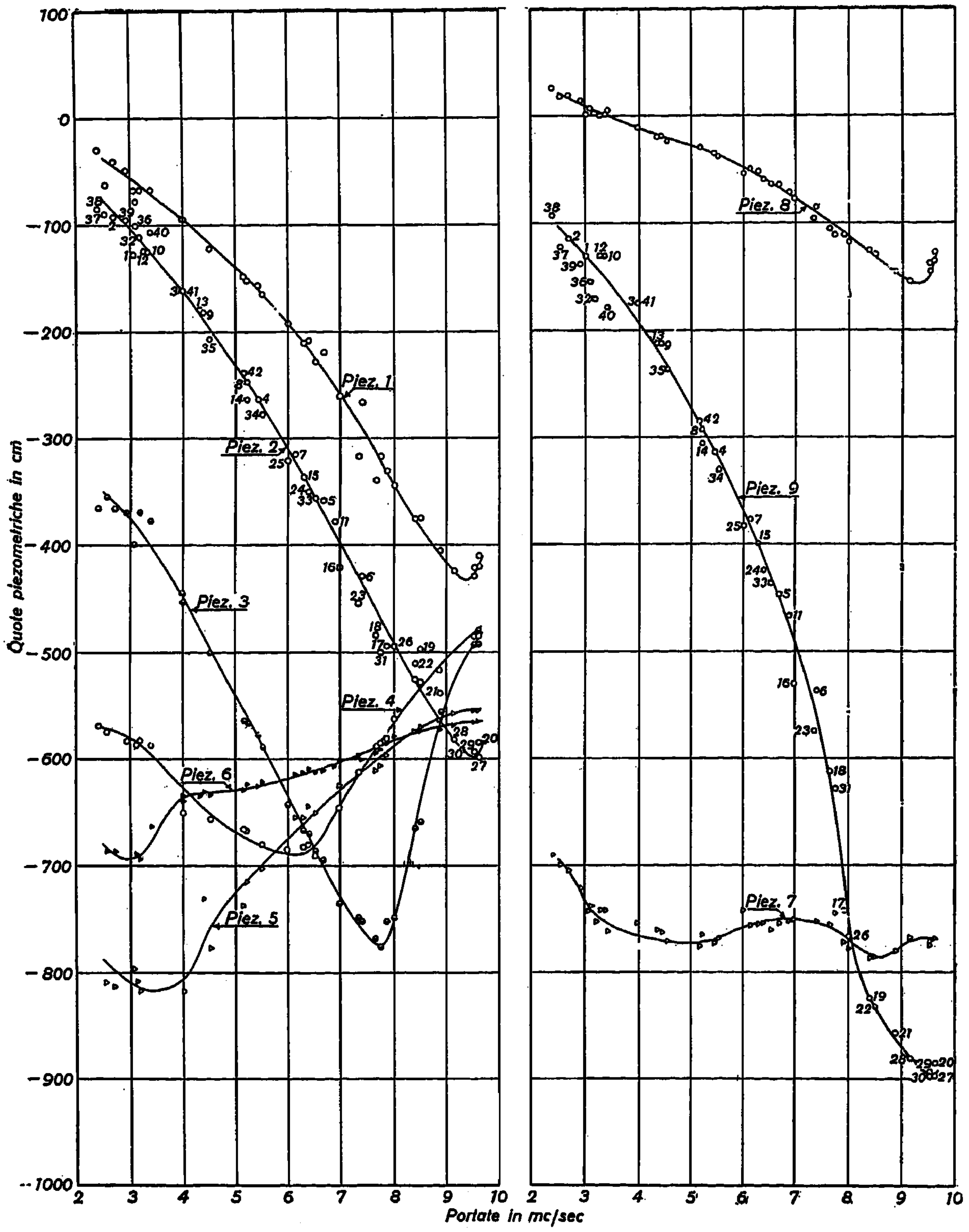



Fig. 12. - Diagrammi delle quote piezometriche relative alle diverse prese di pressione.

alla soglia del sifone, valori ricavati dai diagrammi delle figure 12 e 13.

Le figg. 14, 15 e 16 rappresentano tre andamenti caratteristici per le linee piezometriche nel tratto dei rilievi sperimentali, in prossimità della portata critica, di quella di adescamento e di quella di disadescamento.

I diversi diagrammi sono costruiti con le quote piezometriche cioè con i valori delle letture effettive ai vari piezometri, sommati algebricamente alle quote delle rispettive prese di pressione (v. fig. 5) ed appaiono in complesso ben definiti. Una relativa incertezza presenta, per i valori più bassi, l'andamento delle linee piezometriche 5 e 6, incertezza dipendente, forse, dalle oscillazioni della massa d'acqua contenuta nella vaschetta del sifone. I diagrammi presentano tutti la caratteristica forma a V rilevata nelle esperienze di laboratorio, meno quello alla presa 7 che si mantiene pressochè costante allo stesso valore di depressione. Detta costanza potrebbe essere spiegata col distacco della vena nell'intorno della presa 7; è probabile che, mentre coll'aumentare della portata questo distacco tende ad accentuarsi ed a creare una maggior depressione, il contemporaneo innalzarsi della linea piezometrica del sifone ostacoli detto aumento di depressione e riesca ad equilibrarne, almeno nel campo delle portate sperimentate, il valore. Il distacco della vena e il conseguente formarsi d'una sacca d'aria, risulterebbero confermati dalla caratteristica forma a baionetta che presentano i diagrammi raccolti alla presa 7 durante le fasi di adescamento e di disadescamento. Come si vede nella fig. 17, che rappresenta un tratto di diagramma, all'inizio di ogni adescamento, il piezometro 7 presentava un caratteristico colpo di pressione di brevissima durata (1).

Particolare interessante presenta il piezometro 9 (soglia) che raggiunge un massimo di depressione di quasi m 9, cioè solo circa cm 90 in meno del vuoto assoluto.

È inoltre da notare come i diversi diagrammi presentino il punto di minimo spostato verso valori di portata sempre maggiori con l'aumento del dislivello rispetto al centro della sezione di sbocco.

Dalle figg. 14, 15 e 16 si rileva come l'andamento della linea piezometrica lungo la canna del sifone varii al variare della portata e tenda a divenire parallelo all'asse della canna stessa col diminuire della portata.

Nella fig. 13 è riportato anche l'andamento medio del rigurgito e del coefficiente di efflusso per i modelli 2° *I* piccolo e 2° *I* grande, sperimentati a Pisa, diagrammi riferiti alle dimensioni del sifone di Timpa Grande, in base ai seguenti rapporti di simiglianza idrodinamica:

*modello grande*

$$\lambda_H = \frac{6{,}92}{0{,}635} = 10{,}90; \lambda_{S_0} = \frac{0{,}98}{0{,}0125} = 78{,}40;$$

$$\lambda_Q = \lambda_{S_0} \sqrt{\lambda_H} = 258{,}81$$

*modello piccolo*

$$\lambda_H = \frac{6{,}92}{0{,}317} = 21{,}83; \lambda_{S_0} = \frac{0{,}98}{0{,}00295} = 332{,}20;$$

$$\lambda_Q = \lambda_{S_0} \sqrt{\lambda_H} = 1552{,}12.$$

È interessante rilevare come l'andamento dei coefficienti di efflusso sia perfettamente coincidente con quello del sifone di Timpa Grande in tutto l'intervallo compreso fra i limiti di autolivellazione e presenti valori, nelle tre curve, gradatamente maggiori in prossimità della portata critica. Quello relativo al sifone di Timpa Grande raggiunge però più rapidamente un valore costante un po' inferiore a quello che risulterebbe dal confronto con i due modelli (2).

---

(1) È da notare però che l'entità della pressione non è pari a quella indicata nel diagramma. Dovendo infatti il tubetto relativo alla presa 7 attraversare in altezza uno spessore di calcestruzzo sovrapposto al sifone, un'eventuale pressione, minore in altezza dello spessore stesso, non poteva essere segnalata che attraverso il grado di compressione del volume d'aria racchiuso fra la presa 7 e il livello d'acqua nel tubo piezometrico. E in questo senso bisogna valutare il grado di pressione raggiunto.

(2) È da notare che, prescindendo da altre considerazioni relative al diverso rapporto di strozzamento, cessa, in questo campo, la possibilità di un confronto basato sulle leggi di simiglianza, in quanto, dalla moltiplicazione dei rispettivi rapporti, risulterebbero in prossimità della portata pari a 9,5 mc/sec delle depressioni alla presa 9 (soglia) prossime se non superiori al vuoto assoluto. Per valori molto prossimi a questo limite massimo, il grado di depressione alla presa 9 segue invece, come vedremo, con buona approssimazione un andamento simile a quello delle esperienze sul modello.

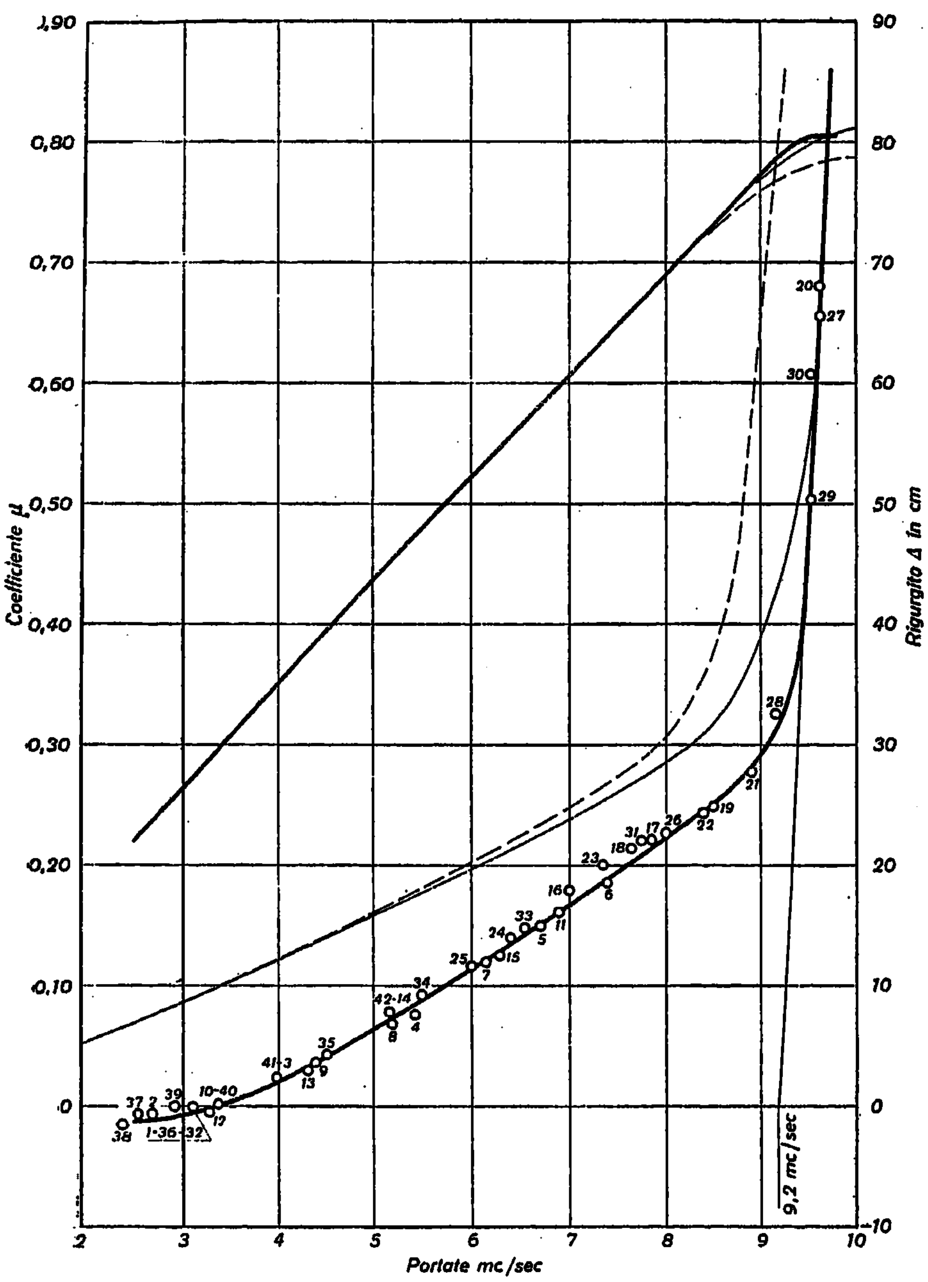



Fig. 13. - Diagramma del rigurgito e dei coefficienti di efflusso. Confronto con le esperienze sui modelli.

——— Sifone di Timpa Grande; ——— Modello 2°*I* grande; ----- Modello 2°*I* piccolo.

I diagrammi del rigurgito relativi ai modelli si scostano alquanto da quello rilevato sul sifone di Timpa Grande, con una divergenza maggiore per il modello piccolo. Lo scostamento sensibilmente più forte si verifica per le portate inferiori a quella

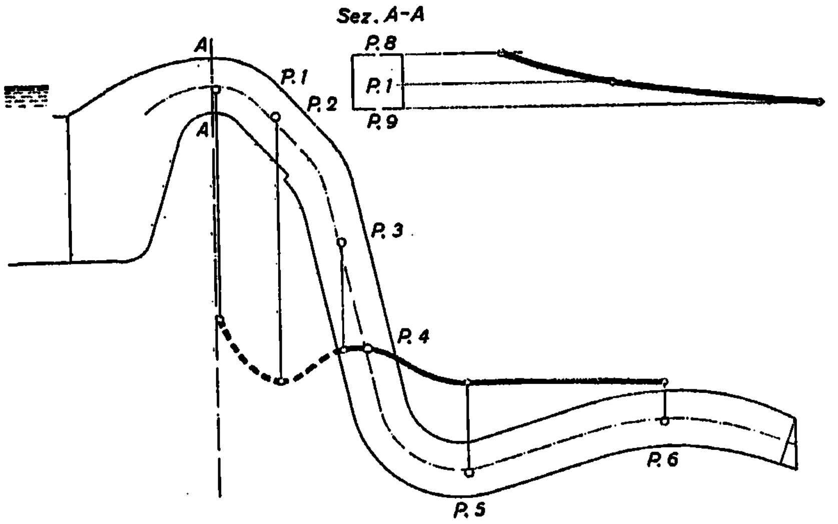



Fig. 14. - Linea piezometrica per $Q = 9{,}5$ mc/sec.

di adescamento, che in pratica non hanno interesse per il progetto dell'opera (1).

Si deve però notare che in questo confronto, basato sulle sole leggi di simiglianza, non è stata fatta alcuna correzione relativa al diverso grado di scabrezza, al diverso rapporto di strozzamento e all'eventuale differente rapporto fra quantità d'aria e acqua contemporaneamente aspirata. In sostanza, anche senza introdurre alcuna correzione, l'accordo con i rilievi di laboratorio risulta molto buono.

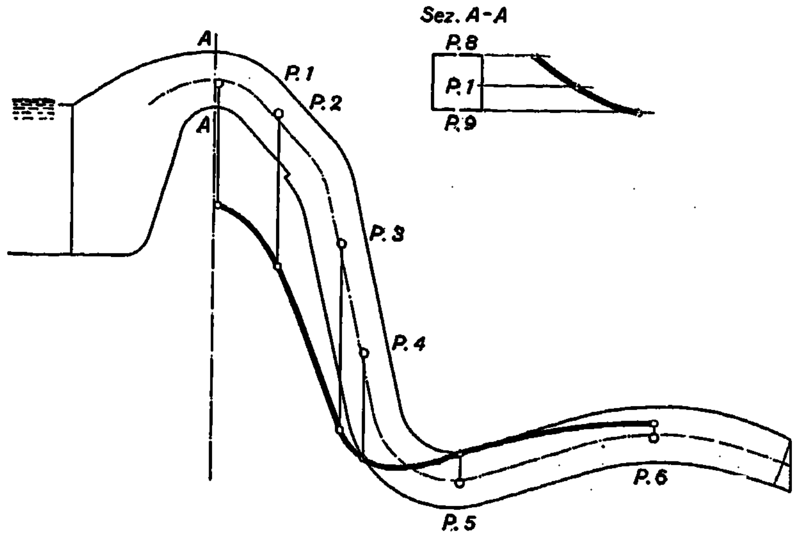



Fig. 15. - Linea piezometrica per $Q = 6$ mc/sec.

Durante le esperienze si constatò un funzionamento del sifone assai silenzioso e pronto anche in caso di rapidi afflussi d'acqua, soltanto con una tendenza ad un temporaneo leggero aumento del rigurgito in confronto al valore di regime.

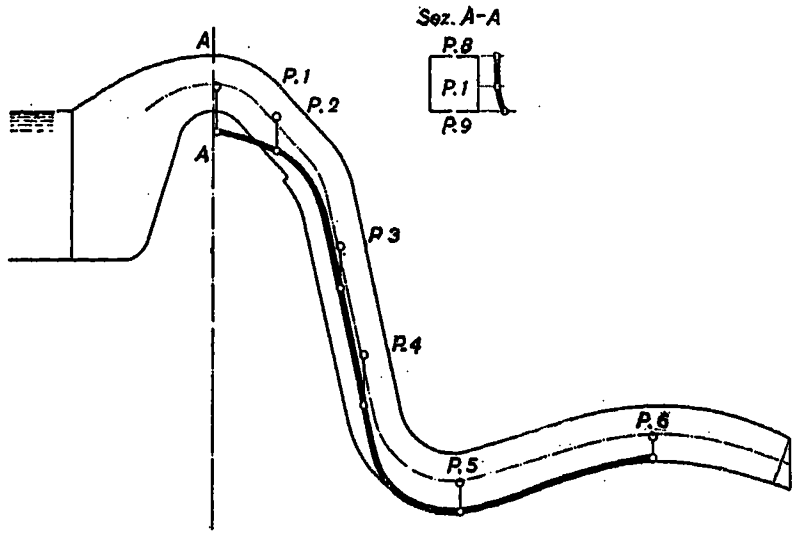



Fig. 16. Linea piezometrica per $Q = 2{,}5$ mc/sec.

L'acqua usciva dal sifone con estrema violenza presentando per le maggiori portate una vena molto compatta, mentre per le portate prossime al disadescamento la vena era sempre più aereata e pulsante.

Da ultimo furono effettuate alcune prove di confronto fra i

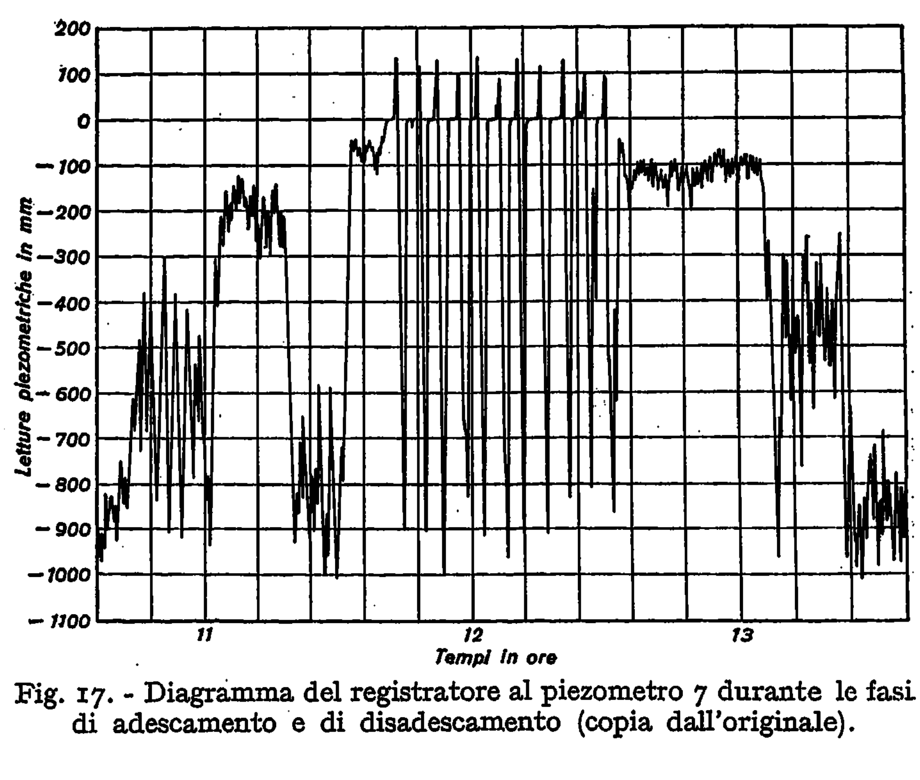



Fig. 17. - Diagramma del registratore al piezometro 7 durante le fasi di adescamento e di disadescamento (copia dall'originale).

(1) Il rigurgito di adescamento per il sifone in esame è di cm 10 (valore medio) e la portata di regime, che corrisponde a detto rigurgito, risulta di circa 5,8 mc/sec. È però da osservare come il valore del rigurgito di adescamento sia legato oltre che alle caratteristiche geometriche di un sifone, alla rapidità con la quale aumenta il livello nella vasca di alimentazione. Nel caso in esame l'area del canale di scarico è di circa mq 736.

vari sifoni, che dimostrarono la nessuna influenza reciproca, salvo una specie d'inerzia di un sifone rispetto agli altri, nel senso che il primo ad adescarsi era quasi sempre l'ultimo a disadescarsi e il ciclo si ripeteva con notevole regolarità. Ciò può essere dipeso più che da piccole differenze di quota nelle soglie dei diversi sifoni (1), dalla distribuzione della velocità di arrivo nei diversi casi.

È opportuno rilevare come tutte le esperienze descritte si riferiscano ad un sifone frontale rispetto al senso della corrente di afflusso, sicchè non è da escludere che per sifoni posti in fregio ad un canale possano aversi delle variazioni nei dati caratteristici.

## IV. – Ricerche sul peso specifico del fluido scaricato dal sifone.

L'osservazione del fluido scaricato dai sifoni aveva già portato (2) alla constatazione che essi aspirano aria, in misura variabile con la portata scaricata. La presenza di aria venne riscontrata anche nei modelli dove si manifestava con numerose bolle nella parte più elevata della canna. La formazone di una miscela più o meno omogenea di aria ed acqua portava un caratteristico aspetto della massa defluente dallo sbocco, specie in prossimità delle portate di disadescamento.

La possibilità dell'ingresso dell'aria appare evidente se si pensa che al diminuire della portata, e quindi del rigurgito, diminuisce il carico idrostatico sull'unghia del sifone e che la depressione esistente nel primo tratto della canna può quindi riuscire a vincerlo, in relazione anche alla curvatura dei filetti liquidi sotto l'unghia del sifone, determinandosi una condizione d'equilibrio dinamico stabile appunto in dipendenza della quantità d'aria aspirata. Una esperienza molto semplice può dare un'idea dell'andamento del fenomeno; avvicinando all'unghia del sifone e in posizioni diverse alcuni filamenti di cotone, si rileva l'esistenza di un cuneo di aspirazione, cuneo variabile d'apertura e di inclinazione al variare della portata (3); l'intensità dell'aspirazione, che è notevole in prossimità dell'unghia, si estingue però molto rapidamente a breve distanza da essa.

Vedremo in seguito come l'aspirazione d'aria e la formazione di una miscela di peso specifico variabile, sia il fattore determinante della funzione autolivellatrice del sifone.

Se però già i primi sperimentatori avevano constatato il fenomeno qualitativo della presenza dell'aria e a questo attribuivano gli andamenti apparentemente anormali delle linee piezometriche, mancava affatto un'analisi quantitativa che mettesse in rapporto la quantità d'aria aspirata coi regimi di efflusso.

Le determinazioni relative, infatti, anche in via di larga approssimazione, non si presentavano molto agevoli (4).

Però questa indagine, suggerita dal Prof. De Marchi, appariva molto interessante e, pur rimanendo nel campo di un esperimento pratico, si è ritenuto utile tentarla.

La relazione più semplice da analizzare sperimentalmente è evidentemente il legame fra portate in miscela e velocità, espresso dalla relazione

$$Q + q = S.V \qquad (1)$$

(1) Dette quote risultano: per il I sifone 250,76, per il II e il III 250,75 e per il IV 250,80.

(2) La precisa constatazione della presenza dell'aria nell'interno della canna e della sua influenza sui regimi di efflusso di un sifone è stata fatta la prima volta nelle citate esperienze di Pisa.

(3) A differenza di altri sifoni non si osservò in prossimità dell'unghia la formazione di gorghi.

(4) Basti segnalare la probabile mancanza di omogeneità della miscela in ciascuna sezione e lungo la canna del sifone; l'influenza che sulla composizione della miscela possono avere le variabili condizioni di temperatura e pressione; l'influenza sensibile della forza centrifuga lungo diversi tratti della canna ed infine le notevoli velocità della miscela.

dove:

$Q$ è la portata di acqua in mc/sec,
$q$ la portata di aria in mc/sec (alla pressione media esistente nella sezione di misura),
$S$ l'area della sezione di misura in mq,
$V$ la velocità media della miscela nella sezione di misura, in m/sec.

Essendo infatti note le quantità $Q$ ed $S$, determinando la $V$ è possibile ricavare la $q$. Il metodo più diretto per determinare la $V$ sarebbe stato l'impiego di un molinello introdotto nella canna del sifone e ivi opportunamente fissato. Senonchè il carattere dell'esperienza, le velocità assai alte da misurare (che avrebbero richiesto un dispositivo di segnalazione apposito) e la possibilità che corpi estranei avessero a danneggiare il molinello, dissuasero dall'adottare questo sistema. Si preferì invece l'impiego di un dispositivo Pitot con registrazione della altezza dinamica e dell'altezza statica fatte separatamente, dispositivo che venne da noi realizzato nella maniera più semplice possibile, cercando nello stesso tempo di avere dimensioni di minimo ingombro in modo da perturbare il meno possibile i regimi del sifone.

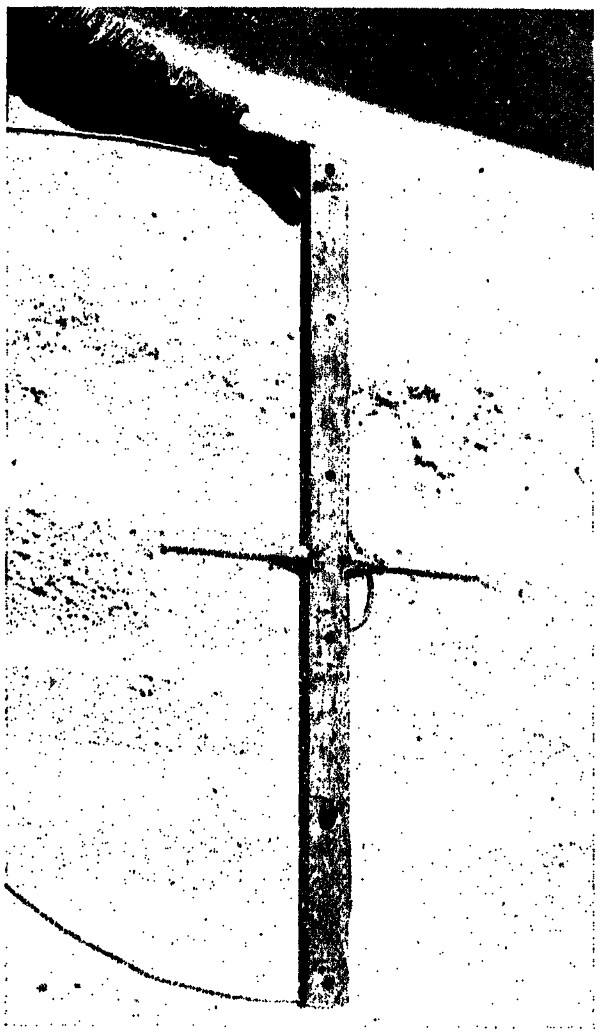


Fig. 18. - Vista del dispositivo Pitot per la misura delle velocità.

La fig. 18 mostra il dispositivo Pitot racchiuso tra le armature di sostegno (1).

La distanza fra le due prese di pressione è stata fissata a 400 mm in modo da uscire possibilmente con la presa rivolta a valle dalla scia determinata nella corrente dall'installazione del Pitot. Questo fenomeno, che si presentava come il più atto a creare perturbazioni, non si rivelò in nessun istante delle esperienze. Il centro del Pitot era posto a ca. cm 55 entro la canna, a partire dallo sbocco, e la vena non manifestò esternamente alcuna modificazione, mantenendosi compatta sia alle

(1) Il tipo di Pitot adottato è analogo a quello fornito dalla Casa Amsler e consta schematicamente di un tubetto rivolto controcorrente e di uno rivolto lungo corrente. Il foro dei tubetti aveva un diametro di mm 5 e il corpo del Pitot era sagomato in modo da ridurre al minimo le perturbazioni nella corrente.

alte che alle basse portate. L'area di misura era esattamente di mq 1 mentre l'area netta d'ingombro del Pitot e delle armature di sostegno, ivi compresi i tubetti di collegamento, era di cmq 351, pari cioè al 3,5% dell'area di misura. Durante le esperienze vennero tenuti in osservazione i piezometri 2, 5, 6, 8 e 10 mentre gli altri erano stati montati per utilizzarli nelle registrazioni al Pitot stesso.

Tutti i piezometri segnalarono la presenza dell'ostacolo nell'interno della canna, ma in modo particolarmente sensibile

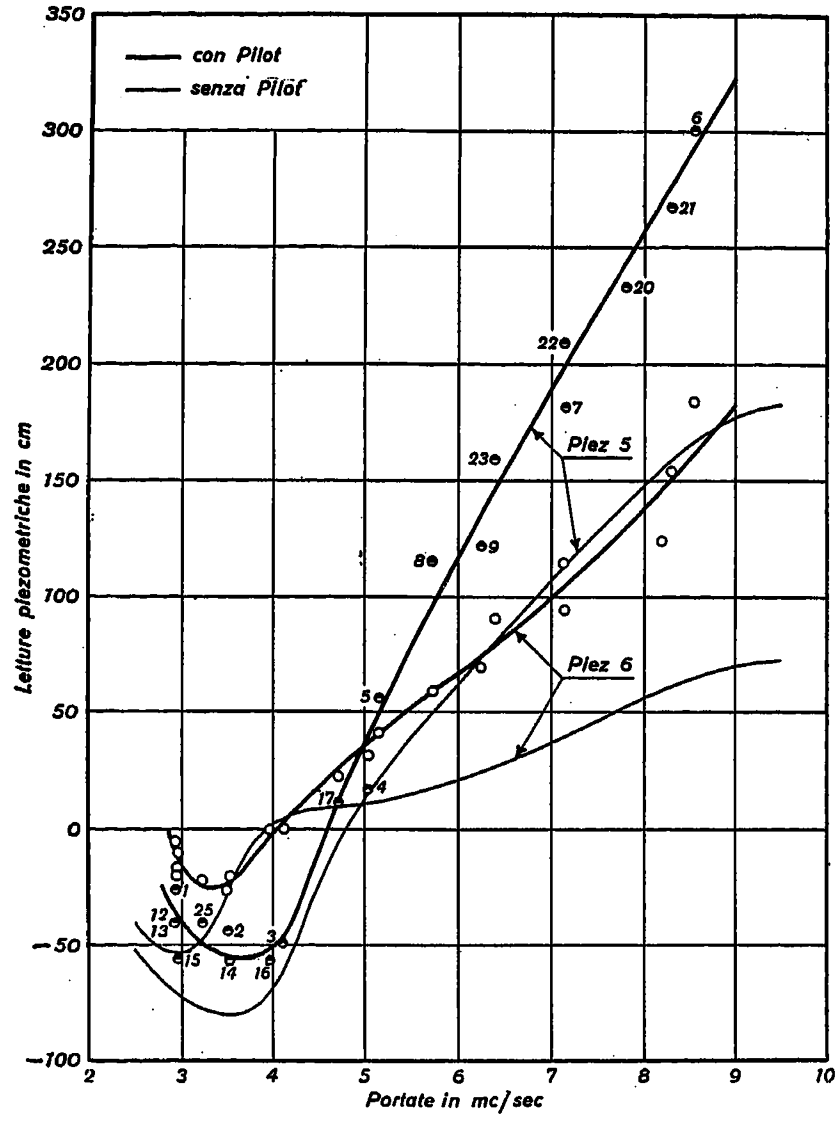



Fig. 19. - Rilievi piezometrici alle prese di pressione 5 e 6 durante le prove di velocità. - Confronto con le precedenti esperienze senza il dispositivo Pitot nella canna.

lo avvertirono i piezometri 5 e 6. Ciò risulta evidente dalla fig. 19 che riporta, per queste prese di pressione, l'andamento piezometrico con e senza il Pitot.

La determinazione delle velocità venne effettuata con due serie di misure comprese principalmente nel campo delle minori portate, che più interessavano.

Nella fig. 20 sono tracciati i diagrammi della pressione dinamica $P_d$ e della pressione statica $P_s$, mentre la tabella III contiene i valori numerici delle misure.

È da rilevare che la pressione $P_s$ è risultata sempre inferiore a quella atmosferica; ciò dipendeva dal tipo di dispositivo adottato.

La linea a tratto più marcato indica invece la differenza $P_d - P_s$ proporzionale all'altezza cinetica nel punto di misura (centro della sezione), tracciata in base ai valori medi dei diagrammi $P_d$ e $P_s$.

Se ora chiamiamo con:

$\gamma_a$ il peso specifico dell'acqua (ca. 1000 kg/mc),
$\gamma$ il peso specifico dell'aria (ca. 1,2 kg/mc a 15° C e alla pressione atmosferica),
$\gamma_x$ il peso specifico medio della miscela,
$P$ la differenza $P_d - P_s$ espressa in metri di colonna d'acqua,
$S_*$ l'area della sezione di misura espressa in mq,
$\alpha$ la costante del dispositivo Pitot,
$\beta$ il rapporto fra la velocità media nella sezione di misura e la velocità al centro,

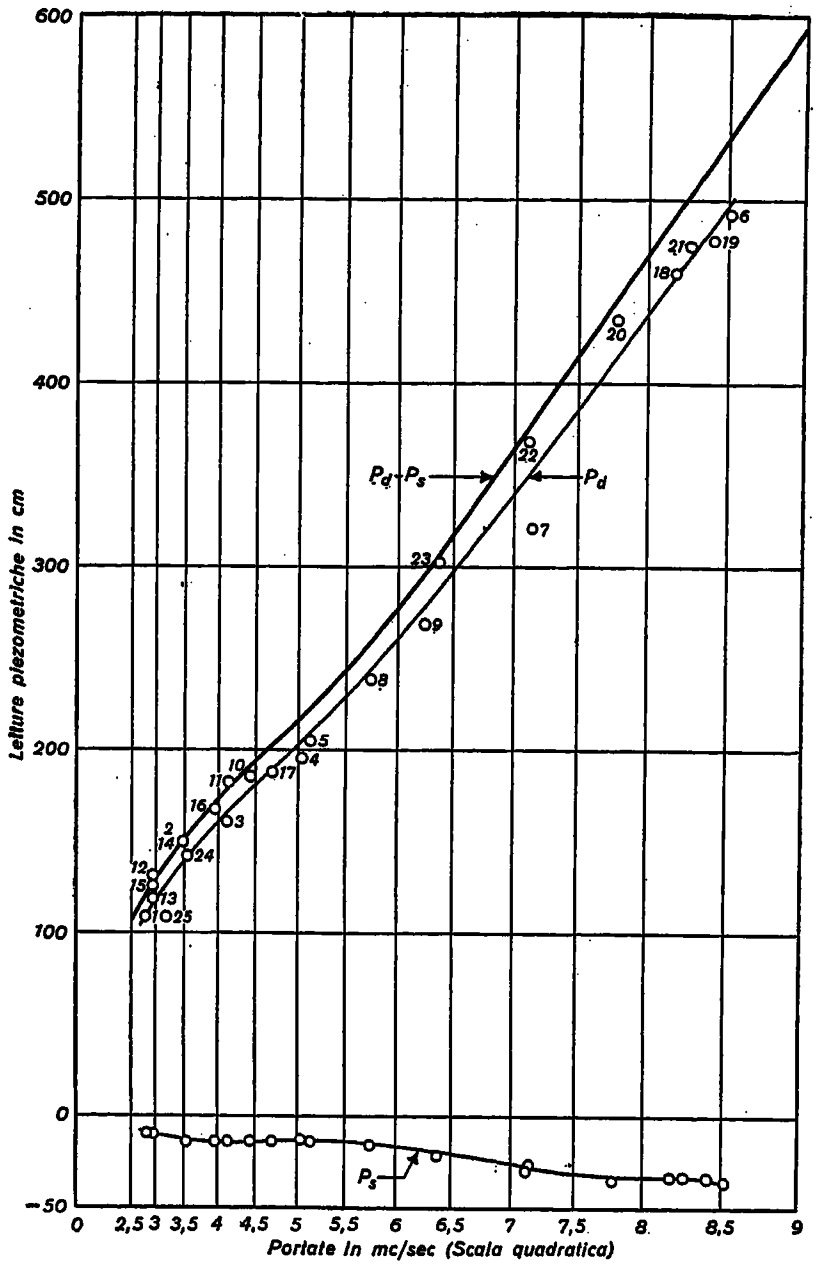



Fig. 20. - Diagrammi della pressione dinamica $P_d$ e della pressione statica $P_s$ rilevate al Pitot. Diagramma risultante $P_d - P_s$ proporzionale alle altezze cinetiche.

TABELLA III.

| Serie | N.° | Portata l/sec | Letture ai piezometri in mm d'acqua | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | piez. 5 | piez. 6 | $P_d$ | $P_s$ |
| | 1 | 2830 | — 260 | — 200 | +1088 | — 88 |
| | 2 | 3500 | — 440 | — 260 | +1493 | —160 |
| | 3 | 4130 | — 480 | + 5 | +1611 | —128 |
| | 4 | 5050 | + 180 | + 325 | +1965 | —124 |
| | 5 | 5150 | + 570 | + 420 | +2063 | —132 |
| I | 6 | 8560 | +3020 | +1850 | +4932 | —352 |
| | 7 | 7150 | +1820 | + 950 | +3223 | —260 |
| | 8 | 5750 | +1160 | + 600 | +2397 | —150 |
| | 9 | 6250 | +1220 | + 700 | +2692 | |
| | 10 | 4420 | | | +1867 | —136 |
| | 11 | 4180 | | | +1829 | —136 |
| | 12 | 2920 | — 400 | — 160 | +1317 | — 88 |
| | 13 | 2930 | — 400 | — 50 | +1199 | — 76 |
| | 14 | 3530 | — 560 | — 200 | +1501 | —132 |
| | 15 | 2950 | — 560 | — 100 | +1262 | — 94 |
| | 16 | 3980 | — 560 | 0 | +1678 | —128 |
| | 17 | 4740 | + 120 | + 230 | +1886 | —134 |
| | 18 | 8200 | | +1250 | +4606 | —328 |
| II | 19 | 8450 | | | +4798 | —332 |
| | 20 | 7800 | +2440 | | +4354 | —346 |
| | 21 | 8300 | +2680 | +1550 | +4755 | —328 |
| | 22 | 7140 | +2100 | +1150 | +3694 | —296 |
| | 23 | 6400 | +1600 | + 910 | +3026 | —204 |
| | 24 | 3540 | | | +1435 | —128 |
| | 25 | 3220 | — 400 | — 220 | +1079 | — 80 |

avremo che:

$$(2) \qquad \gamma_x = \frac{Q\,\gamma_a + q\,\gamma}{Q + q}$$

mentre

$$(3) \qquad Q + q = \alpha . \beta . S_* \sqrt{2\,g\,P\,\frac{\gamma_a}{\gamma_x}}.$$

Supponiamo che il prodotto $\alpha\ \beta$ si possa ritenere costante in tutto il campo sperimentato e che si conosca un gruppo di valori per i quali sia (1)

$$(4) \qquad \frac{\gamma_a}{\gamma_x} = 1 \qquad q = 0 \qquad Q = Q_0 \qquad P = P_0$$

Trascuriamo inoltre, ciò che potremo fare senza errore apprezzabile, il termine $q\ \gamma$ di fronte a quello $Q\ \gamma_a$.

Avremo allora dalla (3) e dalla (4):

$$(5) \qquad \frac{\gamma_a}{\gamma_x} = \frac{P}{P_0}\left(\frac{Q_0}{Q}\right)^2,$$

mentre dalla (2) risulterà

$$(6) \qquad Q + q = \frac{\gamma_a}{\gamma_x}\,Q\,.$$

Queste relazioni permettono di determinare senz'altro il peso specifico $\gamma_x$ della miscela e quindi la quantità d'aria $q$ aspirata.

Potremo infatti supporre che la condizione (4) sia verificata con i valori $Q_0 = 9{,}5$ mc/sec e $P_0 = $ m 6,61, come risulta dal diagramma $P_d - P_s$ della fig. 20, mentre con una ipotesi certamente molto prossima al vero potremo ritenere contemporaneamente nulla la quantità $q$ d'aria aspirata.

Con questo gruppo di valori avremo dalla (5):

$$(7) \qquad \frac{\gamma_a}{\gamma_x} = 13{,}65\,\frac{P}{Q^2}$$

e dalla (6):

$$(8) \qquad Q + q = 13{,}65\,\frac{P}{Q} \qquad (2)$$

Sviluppando numericamente le espressioni sopra ricavate si giunge ai risultati graficamente e numericamente riportati nella fig. 21 e nella tabella IV.

Dall'esame della fig. 21 appare una circostanza di notevole interesse. Considerando infatti le tangenti ai diagrammi delle $\gamma_x$, peso specifico della miscela, e delle $Q_x$, portate espresse in miscela, si rileva che l'intersezione di esse cade in un punto molto prossimo al valore della portata di adescamento (corrispondente ad un rigurgito $\Delta$ = 10 cm).

Questa coincidenza è assai significativa, perchè, a differenza della portata critica e di quella di disadescamento, che sono in un rapporto definito con le altre grandezze misurate, nessuna indicazione relativa al valore di adescamento risulta dalle curve caratteristiche dei regimi di un sifone autolivellatore (curve dei rigurgiti e dei coefficienti di efflusso).

TABELLA IV.

| Portata acqua $Q$ mc/sec | Altezza cinetica $P_d - P_s$ cm | Rapporto $\gamma_a/\gamma_x$ | Portata miscela $Q_x$ mc/sec | Peso specifico miscela $\gamma_x$ kg/mc |
|---|---|---|---|---|
| 2.5 | 106 | 2.32 | 5.80 | 430 |
| 3.0 | 128 | 1.94 | 5.80 | 515 |
| 3.5 | 150 | 1.67 | 5.95 | 580 |
| 4.0 | 173 | 1.48 | 5.90 | 675 |
| 4.5 | 195 | 1.31 | 5.90 | 760 |
| 5.0 | 216 | 1.18 | 5.90 | 850 |
| 5.5 | 243 | 1.10 | 6.00 | 910 |
| 6.0 | 276 | 1.05 | 6.30 | 950 |
| 6.5 | 318 | 1.03 | 6.65 | 970 |
| 7.0 | 365 | 1.02 | 7.10 | 980 |
| 7.5 | 415 | 1.01 | 7.55 | 990 |
| 8.0 | 471 | 1.00 | 8.05 | 995 |
| 8.5 | 531 | 1.00 | 8.50 | 1000 |
| 9.0 | 594 | 1.00 | 9.00 | 1000 |
| 9.5 | 661 | 1.00 | 9.50 | 1000 |

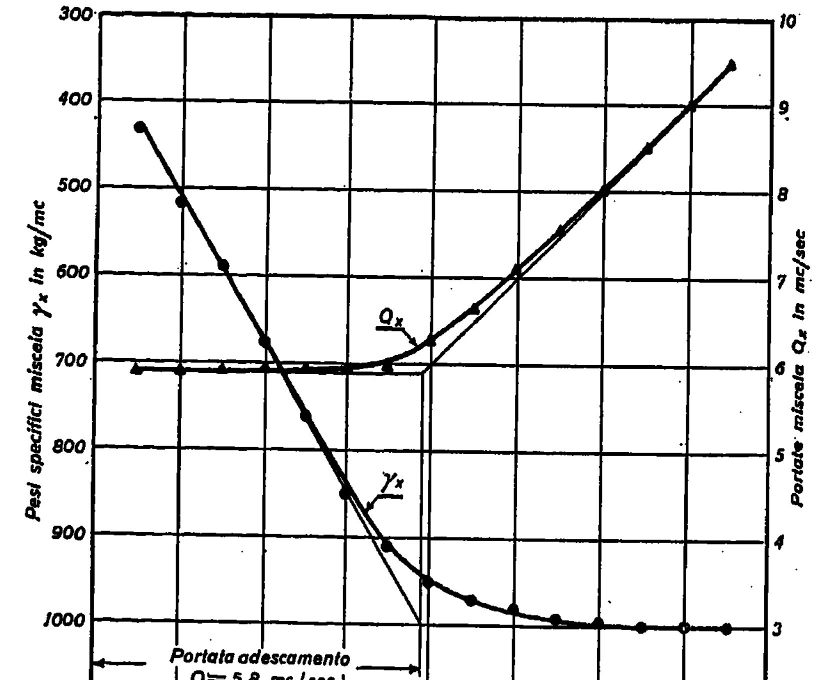



Fig. 21. - Diagrammi delle portate $Q_x$ espresse in miscela e del peso specifico medio $\gamma_x$ del fluido scaricato dal sifone, riferiti alle portate d'acqua $Q$ scaricate dal sifone.

Il valore della portata di adescamento si rileva solo come punto caratteristico nel diagramma delle portate *espresse in miscela* e caratterizza quel punto del diagramma stesso sotto al quale, in un sifone già adescato, si sostituisce ad un variabile volume d'acqua un volume d'aria pari alla variazione del volume d'acqua stesso in modo da mantenere *sensibilmente* costante la portata in miscela (1). Sotto il punto di adescamento il sifone si troverebbe in una condizione quasi di *sottosaturazione* nella

(1) Mentre la condizione $\gamma_a/\gamma_x = 1$ sarà praticamente vera per portate abbastanza elevate, l'ipotesi della costanza per il prodotto $\alpha\ \beta$ non è detto che sia senz'altro verificata. Converrà però rilevare da un canto il carattere forzatamente approssimato della esperienza e dall'altro canto la difficoltà sperimentale di procedere alla taratura del Pitot con velocità fuori dell'abituale campo di taratura e con un fluido di peso specifico variabile. Anche la eventualità di una taratura con sola acqua e sola aria non porterebbe forse ad una maggiore precisione.

(2) Osserviamo che per $Q_0 = 9{,}5$ mc/sec, $P_0 = $ m 6,61 e $q = 0$ risulta, dalla equazione (3):

$$\alpha\ \beta\ S_* = 0{,}834$$

Essendo inoltre $S_* = $ mq 1 e potendo porre mediamente

si ottiene:

$$\beta = 0{,}90 \div 0{,}95$$

$$\alpha = 0{,}90 \div 0{,}88$$

Questo valore della costante del Pitot, pur non potendosi ritenere assolutamente esatto, per il modo come é stato determinato, è tuttavia plausibile e conferma praticamente l'attendibilità del procedimento sperimentale. Comunque, per le nostre deduzioni di calcolo interessa conoscere soltanto il valore globale del prodotto $\alpha\ \beta\ S_*$

(1) Naturalmente detto volume d'aria va riferito alla pressione media esistente nella sezione di misura e che possiamo ritenere con buona approssimazione uguale a quella atmosferica.

quale l'ingresso dell'aria, che comunemente ostacola il deflusso, giova invece a determinare degli equilibri stabili che non si avrebbero senza la presenza dell'aria stessa.

La presenza dell'aria chiarirà inoltre, come vedremo, il fatto a prima vista molto strano che, senza una sensibile variazione nei valori del rigurgito, il sifone possa indifferentemente smaltire tutte le portate comprese fra quella critica e quella di disadescamento. La pendenza delle tangenti alle curve $\gamma_x$ e $Q_x$ risulterebbe determinata qualora fossero note la portata di adescamento e quella critica.

La quantità di aria aspirata risulterebbe con buona approssimazione dalla relazione

$$q = Q_a - Q$$

V. – Confronto con le esperienze di laboratorio (1).

Abbiamo già rilevato come le sagome della canna del sifone modello e di quello posto in opera (fig. 5) non risultino fra loro perfettamente simili, non esista cioè fra le corrispondenti caratteristiche geometriche delle due sagome, un unico rapporto di similitudine geometrica.

Le leggi di simiglianza idrodinamica non saranno quindi, nel caso in esame, rigorosamente applicabili in un confronto fra i dati rilevati nelle esperienze sul modello e in quelle sul sifone in opera. Nè sarà agevole apportare ai valori ridotti in base a dette leggi, quelle correzioni che derivano in ogni caso dalla diversa entità delle perdite per attrito e nel caso particolare, anche dalla influenza che le differenti caratteristiche geometriche hanno sui valori del rigurgito e principalmente su quelli delle quote piezometriche lungo la canna del sifone.

Sarà ancora da tener presente come i valori del peso specifico medio del fluido potranno non essere, a parità di portata scaricata uguale, nei due sifoni, fatto questo che renderebbe a priori molto dubbia l'applicabilità delle leggi suddette.

Dal confronto però fra i valori del rigurgito e dei coefficienti di efflusso (figg. 12 e 13) fatto in base alle sole leggi di simiglianza idrodinamica, senza cioè tener conto di alcun termine correttivo, l'accordo fra i corrispondenti valori relativi alle due esperienze risulta molto buono e tale da confermare anche nel caso in esame, in cui la similitudine geometrica non è perfettamente verificata, e almeno per detti valori caratteristici di un sifone, la possibilità di ricavare, con le relazioni di simiglianza idrodinamica, deduzioni sperimentali attendibili.

Vedremo in seguito fino a che punto si possano prevedere le correzioni da apportare ai valori delle quote piezometriche lungo la canna del sifone ed a quali scarti, rispetto ai valori sperimentali, conducono le ipotesi poste a base della determinazione dei rispettivi termini correttivi.

Risulterà ora più interessante un più dettagliato esame circa i valori delle pressioni rilevate alle prese distribuite sul contorno della *sezione di soglia*.

Come dimostra l'Ing. Marchetti nella sua « Prima Relazione », detti rilievi si prestano ad una notevole indagine sulla influenza della forza centrifuga nella distribuzione delle pressioni nei diversi punti della sezione ed alla determinazione di un legame molto interessante fra i valori delle portate scaricate dal sifone e quelli dei *dislivelli piezometrici* (2), relativi ad un punto qualunque della sezione ed in particolare ai punti del contorno posti a metà altezza dei lati verticali della sezione stessa.

Partendo dalla equazione di Eulero, applicata ad un punto generico di una qualunque traiettoria di un filetto fluido,

$$\frac{1}{g}\frac{dV}{dt} = \frac{1}{\gamma}\,\text{grad}\,p + \text{grad}\,\zeta$$

e dalla relazione

$$v = c\sqrt{2g(\Delta - h)}$$

ove $c$ è un coefficiente numerico di riduzione della velocità torricelliana, l'Ing. Marchetti giunge alla relazione seguente:

$$\Delta - h = \left(\frac{R_n}{R}\right)^{2c^2}(\Delta - h_n) \tag{9}$$

con le ipotesi:

*a*) che il moto sia rigorosamente piano (a due dimensioni) e che le traiettorie dei filetti fluidi siano archi di cerchio concentrici e normali alla sezione di soglia;

*b*) che il peso specifico $\gamma$ ed il coefficiente $c$ siano costanti per tutti i punti contenuti nel piano della sezione di soglia.

La (9) lega fra loro i dislivelli piezometrici relativi a due punti qualunque della sezione ed i raggi di curvatura delle traiettorie dei filetti fluidi passanti rispettivamente per detti punti (1).

L'Ing. Marchetti dimostra in modo esauriente come la relazione (9) e quindi le ipotesi poste a base degli sviluppi di calcolo, siano nel sifone 2° *I* modello grande praticamente soddisfatte con grande approssimazione (2) per valori delle portate scaricate superiori a circa 25 l/sec (corrispondenti a circa 6,5 mc/sec nel sifone in opera) e come, sopra a detto valore della portata, il coefficiente $c$ risulti, per confronto con i rilievi sperimentali, sensibilmente costante anche al variare della portata scaricata. Dalla relazione soprascritta, supposto sempre il moto rigorosamente piano ed il coefficiente $c$ costante per ogni valore della portata e per qualunque punto della sezione, risulta evidente che la portata generica $Q$ sarà definita dalla relazione

$$Q = c\,S\sqrt{2g(\Delta - h_n)}\;\frac{R_n^{c^2}}{R_e - R_i}\int_{R_i}^{R_e}\frac{dR}{R^{c^2}} \tag{10}$$

o ancora, avendo posto

$$K_n = c\,\frac{R_n^{c^2}}{R_e - R_i}\int_{R_i}^{R_e}\frac{dR}{R^{c^2}} \tag{11}$$

dalla equivalente relazione

$$Q = K_n\,S\sqrt{2g(\Delta - h_n)} \tag{12}$$

In dette equazioni i valori $R_n$, $K_n$ ed $\Delta - h_n$ sono riferiti ad un punto qualunque della sezione e praticamente ad una presa di pressione aperta sul contorno della sezione stessa, mentre i raggi di curvatura $R_e$ ed $R_i$ sono rispettivamente quelli della superficie di copertura (3) e della soglia.

Nel modello 2° *I* grande la relazione (12) risulta soddisfatta, rispetto alle prese di pressione 3 e 4 (v. fig. 25) aperte nel punto di mezzo dei lati verticali della sezione di soglia, con il valore

(1) Devo alla cortesia dell'Ing. Marchetti tutti i dati relativi alle esperienze sui modelli.

(2) Ricorderemo come per *dislivello piezometrico* s'intenda la differenza algebrica dei valori del rigurgito $\Delta$ e della lettura piezometrica $h$ riferiti al piano orizzontale passante per la soglia del sifone, assunti positivi verso l'alto.

È evidente che dette per un punto qualunque della sezione:

$p$ la pressione assoluta,
$p_a$ la pressione atmosferica,
$\zeta$ la quota geometrica riferita ad un piano orizzontale passante per il baricentro della sezione di sbocco (positiva verso l'alto),
$H$ il salto del sifone,
$\gamma$ il peso specifico del fluido (supposto costante lungo la traiettoria di un filetto fluido generico),

il dislivello piezometrico risulterà espresso dalla relazione

$$\Delta - h = \Delta - \frac{p - p_a}{\gamma} - \zeta + H$$

(1) Qualora il moto non si considerasse *piano* detta relazione sarebbe naturalmente verificata solo per due punti qualunque presi lungo una retta verticale contenuta nel piano della sezione che si considera.

(2) Lo scostamento relativo maggiore si ha per le prese di pressione aperte sulla superficie di copertura (N° 10-11-12).

(3) $R_e - R_i = a$ (altezza della sezione).

medio $K_{8-4} = 0{,}95$, che per la relazione (11), tenuto conto dei rispettivi raggi di curvatura, porta ad un valore $c = 0{,}883$.

La verifica di dette relazioni è stata estesa, nel caso del sifone in opera, a tutto l'intervallo delle portate sperimentate, tracciando anzitutto i diagrammi delle velocità torricelliane relative alle prese di pressione 1-8-9 (supposto sempre il moto piano) e ricavando per planimetrazione i valori delle portate teoriche.

Nella tabella V, colonna (2), sono riportati i valori di dette portate, mentre nella colonna (2)/(1) risultano i valori dei coefficienti $c$ ottenuti dal rapporto fra i valori delle portate sperimentali (venturimetro) e di quelli delle teoriche.

TABELLA V.

| Portata acqua $Q$ | | | Rapporto | | Portata miscela $Q_x$ | | Rapporto |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| misurata al venturimetro mc/sec | ricavata dai diagrammi di velocità mc/sec | ricavata dalla velocità al piez. 1 mc/sec | $c$ | $K_1$ | misurata al Pitot mc/sec | ricavata dalla velocità al piez. 1 mc/sec | $K_{1x}$ |
| (1) | (2) | (3) | (2)/(1) | (3)/(1) | (4) | (5) | (5)/(4) |
| 9.50 | 10.65 | 10.65 | 0.892 | 0.892 | 9.50 | 10.65 | 0.892 |
| 9.00 | 10.35 | 10.29 | 0.870 | 0.875 | 9.00 | 10.29 | 0.875 |
| 8.50 | 9.80 | 9.85 | 0.867 | 0.863 | 9.50 | 9.86 | 0.863 |
| 8.00 | 9.37 | 9.34 | 0.855 | 0.857 | 8.05 | 9.36 | 0.860 |
| 7.50 | 8.38 | 8.70 | 0.895 | 0.862 | 7.55 | 8.72 | 0.866 |
| 7.00 | 7.87 | 8.07 | 0.889 | 0.867 | 7.10 | 8.16 | 0.870 |
| 6.50 | 7.55 | 7.50 | 0.861 | 0.867 | 6.65 | 7.63 | 0.872 |
| 6.00 | 6.80 | 6.95 | 0.897 | 0.863 | 6.30 | 7.16 | 0.880 |
| 5.50 | 6.27 | 6.38 | 0.877 | 0.862 | 6.00 | 6.77 | 0.886 |
| 5.00 | 5.68 | 5.90 | 0.880 | 0.847 | 5.90 | 6.57 | 0.898 |
| 4.50 | 5.15 | 5.34 | 0.874 | 0.843 | 5.90 | 6.43 | 0.919 |
| 4.00 | 4.68 | 4.80 | 0.883 | 0.833 | 5.90 | 6.33 | 0.932 |
| 3.50 | 3.98 | 4.24 | 0.879 | 0.825 | 5.85 | 6.18 | 0.947 |
| 3.00 | 3.06 | 3.63 | (0.980) | 0.826 | 5.80 | 6.09 | 0.952 |
| 2.50 | 2.40 | 2.93 | (1.042) | 0.854 | 5.80 | 5.99 | 0.968 |
| Rapporti medi .. | | | 0.87 | 0.86 | | | 0.90 |

Il valore medio di detto rapporto, esclusi i valori relativi alle portate di 2,5 e 3 mc/sec, risulta di 0,87 in perfetto accordo con quello ottenuto per il modello 2° *I* grande nell'analogo confronto.

Nella fig. 22 sono riportati alcuni di detti diagrammi di velocità ed è segnata con un cerchietto la posizione corrispondente all'ordinata media.

Nella tabella V colonna (3)/(1), sono inoltre riportati i valori del termine $K_1$ relativo alla presa di pressione 1; e nella colonna (5)/(4), l'analogo termine $K_{1x}$ ricavato dai rilievi di pressione alla presa 1, nella ipotesi che il peso specifico del fluido avesse, in corrispondenza di detta presa, il valore medio $\gamma_x$ determinato nelle esperienze con il Pitot.

Nella fig. 23 sono stati tracciati i diagrammi dei dislivelli piezometrici $\Delta - h$ relativi alle prese di pressione 8 e 9 in funzione di quelli relativi alla presa 1, assunti come ascisse. La relazione (9) risulta verificata, nel caso in esame, con buona approssimazione per la presa 9 (soglia), mentre per la presa 8 (copertura) detta relazione dovrebbe essere corretta di un termine $\delta$ praticamente costante (1). Nella stessa figura sono tracciati gli analoghi diagrammi supposto $c = 0{,}87$ (linee sottili) mentre nello specchietto è riportato il confronto numerico fra i valori sperimentali e quelli calcolati in base alla detta ipotesi.

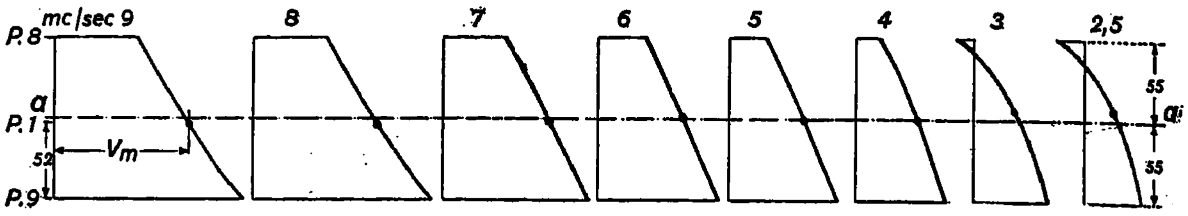


Fig. 22. - Diagrammi delle velocità nella sezione di soglia, lungo una verticale.

Nella fig. 24 sono riportati i diagrammi delle velocità torricelliane $\sqrt{2g\,(\Delta - h)}$ in funzione delle portate assunte come ascisse. La relazione (12), risulta anche qui naturalmente verificata per le prese di pressione 1 e 9, mentre per la presa 8 sarebbe necessario introdurre in detta relazione un termine correttivo $Q_0$. Anche in questa figura sono stati tracciati i diagrammi relativi a $c = 0{,}87$ (linee sottili), calcolando con la relazione (11) i rispettivi termini $K_n$. Nello specchietto è fatto un confronto numerico fra i valori sperimentali e quelli calcolati con detto coefficiente. Oltre che per la presa 1, la quale risulta di cm 3 più bassa del punto di mezzo dei lati verticali, è stato calcolato anche il termine $K_0$ relativo ad una presa aperta a metà altezza della canna, mentre dai diagrammi di velocità è stato ricavato graficamente il valore medio sperimentale.

Dall'esame dei dati soprariportati possiamo dedurre che il valore del coefficiente $c$ più rispondente ai rilievi sperimentali sarà compreso fra 0,86 e 0,88, mentre il termine $K_0$ potremo assumerlo pari a 0,90. Questo valore, come abbiamo già detto, è risultato dalle esperienze di laboratorio 0,95. Lo scostamento fra i due valori è in accordo con la relazione (11) qualora si tenga naturalmente conto dei differenti raggi di curvatura nel modello e nel sifone in opera.

Nella fig. 25 è stato fatto un confronto fra le linee piezometriche relative alle prese di pressione 1-8-9 del sifone in opera e le corrispondenti del modello grande (come risulta dagli schemi relativi alle prese di pressione riportati in figura).

L'accordo fra i rilievi relativi alla superficie di soglia e fra quelli a metà altezza della canna, risulta molto buono. Il con-

(1) Converrà osservare come le ipotesi poste a base della relazione (9) cadano in difetto qualora non sia verificata la concentricità della traiettoria dei filetti fluidi e principalmente se il peso specifico $\gamma$ non è costante almeno lungo i punti di una verticale.

Ora, mentre la ipotesi che la curvatura sia variabile da punto a punto di una verticale manterrebbe inalterata la legge espressa dalla relazione (9) pur variando i valori che la soddisfano, l'ipotesi che il peso specifico $\gamma$ non sia costante lungo detta verticale (e con valori diversi al variare della portata) porta a modificare sostanzialmente detta legge.

Partendo infatti dalla equazione di Eulero soprascritta e supposto il peso specifico funzione del raggio di curvatura $R$ e della portata scaricata, si giungerebbe facilmente alla relazione

$$\Delta - \frac{p - p_a}{\gamma} - (R - R_9) = \left(\Delta - \frac{p_n - p_a}{\gamma_n} - (R_n - R_9)\right) \frac{\gamma_n}{\gamma} \left(\frac{R_n}{R}\right)^{2c^2} -$$
$$- \frac{1}{R^{2c^2}\gamma} \int_{R_0}^{R_8} \frac{\delta\gamma}{\delta R} (\Delta - R + R_9)\, R^{2c^2}\, dR$$

oppure, riferendosi ai dislivelli piezometrici relativi ad un peso specifico $\gamma_a$ (conforme ai diagrammi tracciati nelle figure del testo) alla relazione

$$\Delta - h = (\Delta - h_n) \left(\frac{R_n}{R}\right)^{2c^2} + \Delta \left[1 - \left(\frac{R_n}{R}\right)^{2c^2}\right] -$$
$$- (R - R_9) + (R_n - R_9) \left(\frac{R_n}{R}\right)^{2c^2} +$$
$$+ \frac{1}{R^{2c^2}} \int_{R_n}^{R} \left(1 - \frac{2c^2}{R} (\Delta - R + R_9)\right) R^{2c^2} \frac{\gamma}{\gamma_a}\, dR.$$

La discussione relativa a questa equazione è immediata. Per dati valori dei raggi di curvatura e nella ipotesi che

$$\gamma < \gamma_a$$

il termine additivo, rispetto alla relazione (9) risulta $\lesseqgtr 0$ a seconda che $R \gtreqless R_n$, ciò che potrebbe dare una plausibile interpretazione dei rilievi sperimentali relativi alla presa di pressione 8.

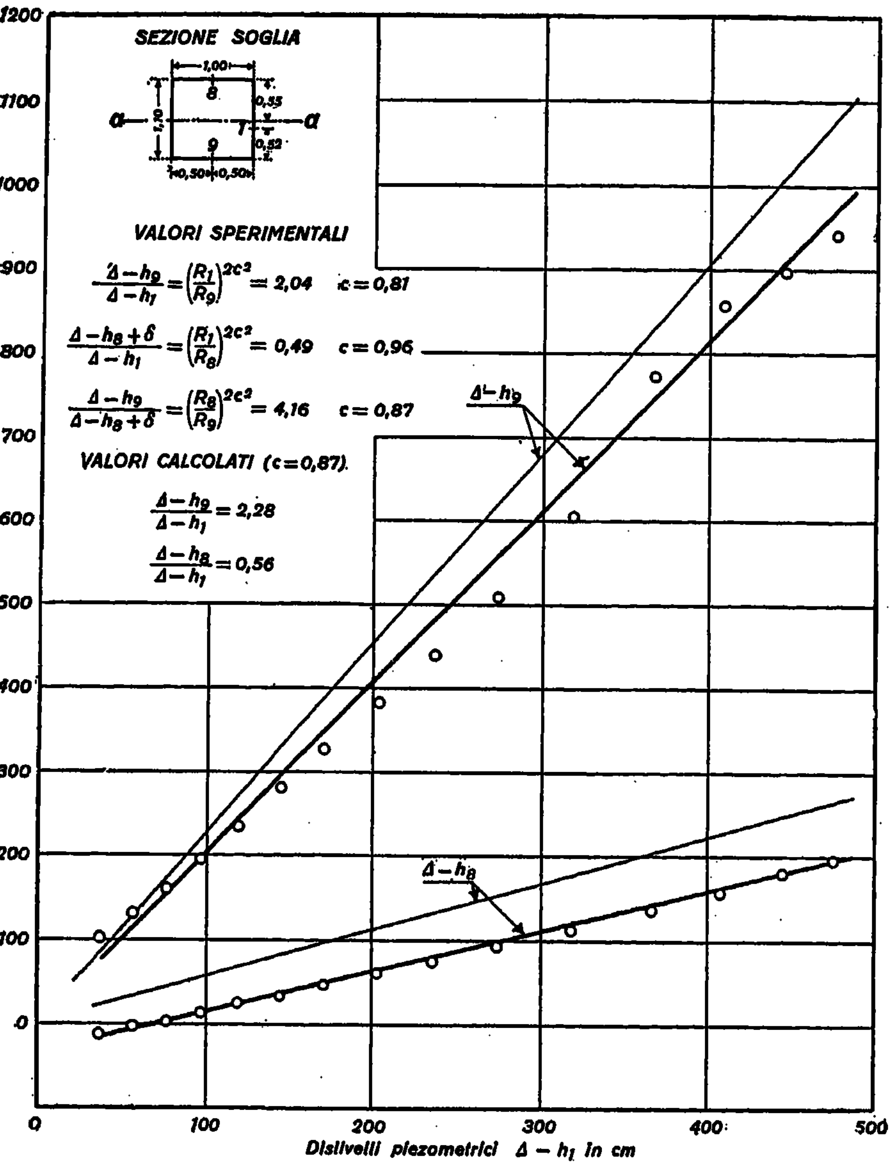



Fig. 23. Diagrammi dei dislivelli piezometrici Δ-*h* relativi alla sezione di soglia, in funzione di quelli relativi alla presa di pressione 1.

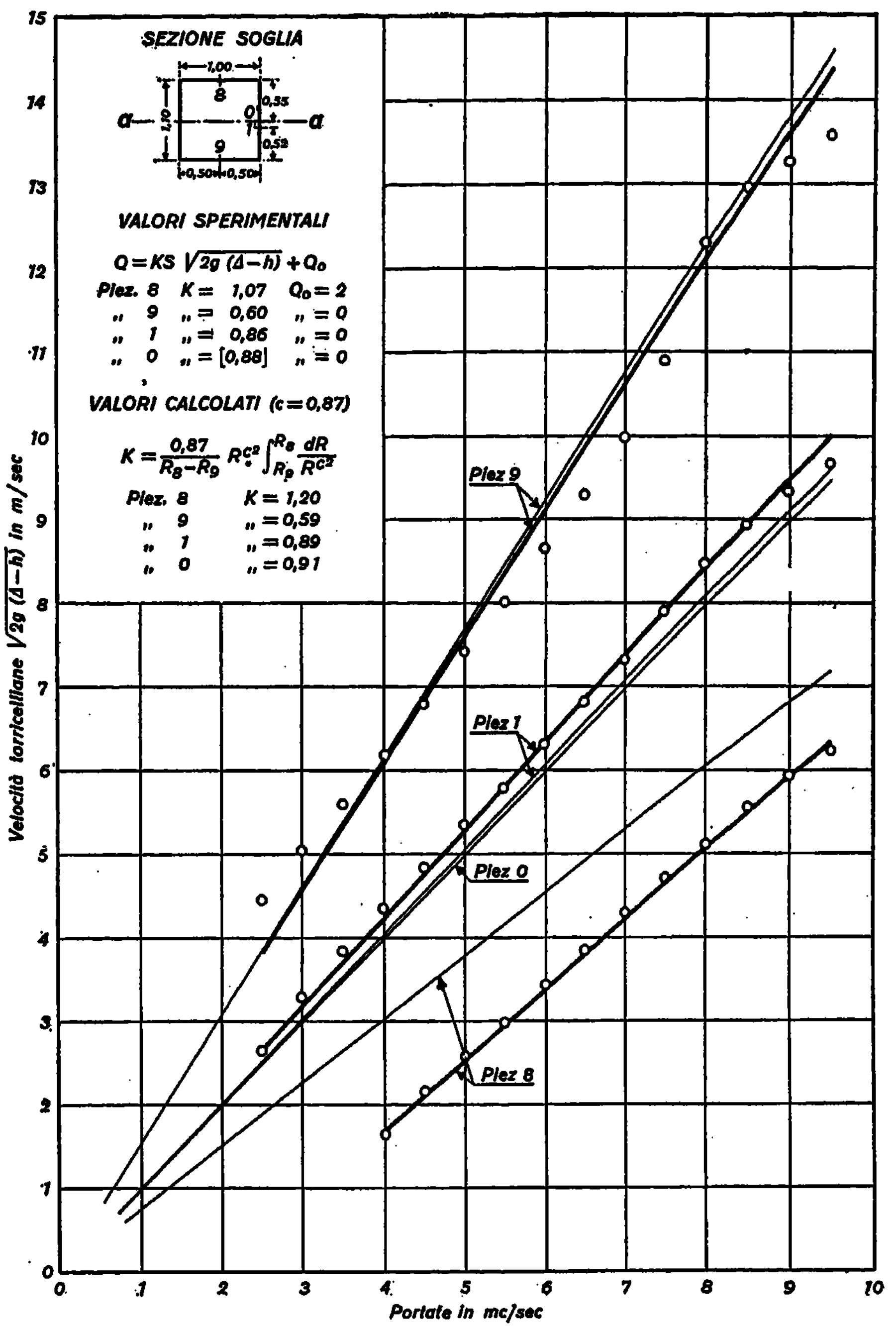



Fig. 24. - Diagrammi delle velocità torricelliane relative alla sezione di soglia in funzione delle portate.

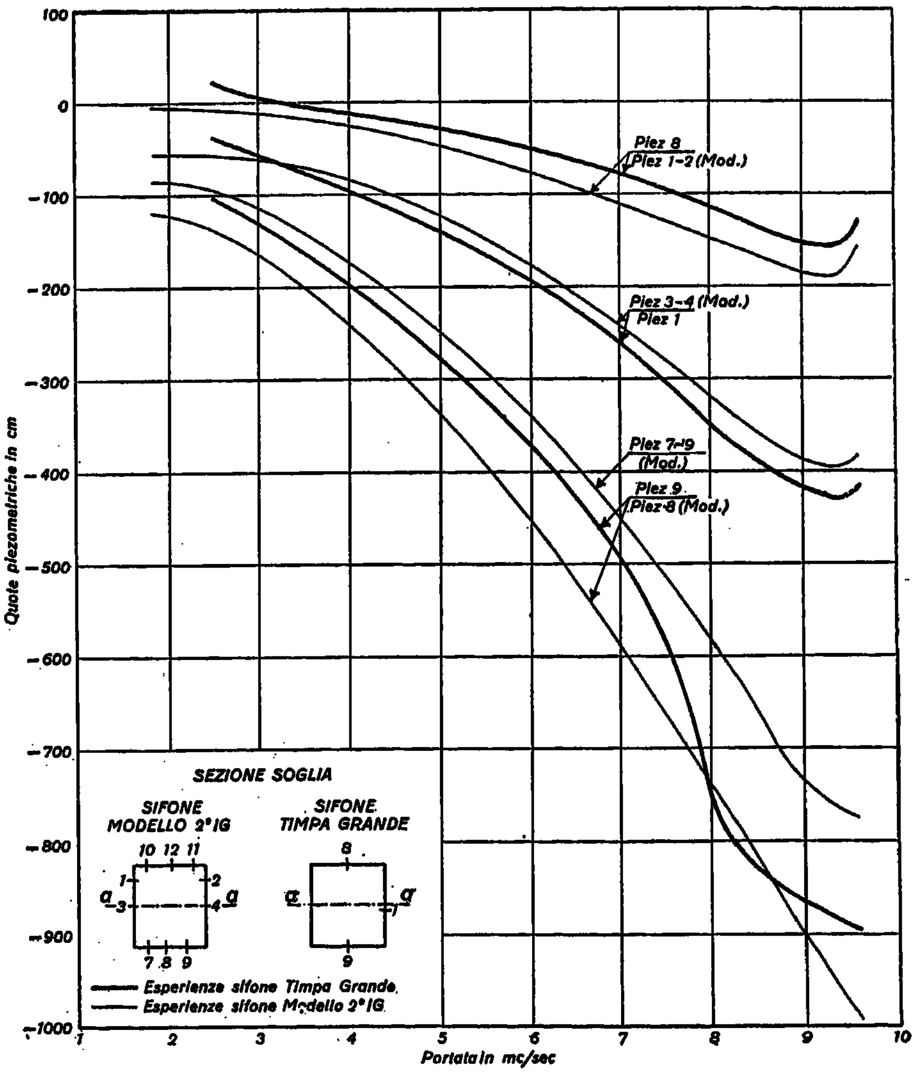



Fig. 25. - Confronto fra i rilievi piezometrici sul sifone di Timpa Grande con quelli dedotti dalle esperienze sul modello 2° *I* grande relativi alla sezione di soglia.

fronto rispetto alle prese aperte sulla superficie di copertura presenterebbe invece uno scostamento molto sensibile, per valori di portata inferiori a circa 32,5 l/sec (8,4 mc/sec nel sifone in opera, se il riferimento fosse fatto rispetto alle prese strettamente corrispondenti del modello (1)). In figura sono stati invece riportati i rilievi alle prese 1-2 del modello che presentano per le portate superiori ai 32,5 l/sec valori sensibilmente concordanti con quelli delle prese aperte sulla superficie di copertura (2).

I confronti sopra riportati dimostrano che, anche in questa analisi di dettaglio, l'accordo con le esperienze sui modelli si può ritenere pienamente confermato.

## VI. – Interpretazione delle esperienze.

Le esperienze precedentemente descritte offrono un quadro sufficientemente completo dei diversi regimi di efflusso in un sifone autolivellatore (3) del tipo considerato.

Dall'esame dei valori sperimentali e dal confronto con le esperienze di laboratorio il progettista potrà ricavare elementi sicuri di calcolo.

Sarà però interessante stabilire un confronto fra le deduzioni che si possono ricavare dal normale calcolo idraulico ed i risultati ottenuti nelle diverse esperienze.

(1) È da notare come per il modello 2° *I* grande, le depressioni alle prese 10-11-12 presentino, per le portate più basse, valori molto elevati e si scostino, nel loro andamento, in modo molto sensibile anche rispetto alle prese di pressione più prossime (1-2).

(2) La trasformazione delle linee piezometriche relative alle esperienze sul modello è stata fatta in base alla relazione (10) che, tenuto conto dei valori del coefficiente *c* nei due casi, presenta come è naturale un carattere puramente geometrico.

(3) Sarà bene osservare come a differenza di altri organi autolivellatori che assicurano un livello fisso a meno di lievi oscillazioni dipendenti dalla inerzia dei sistemi meccanici che li realizzano, nel caso di un sifone, la funzione autolivellatrice si limita ad assicurare, entro un determinato intervallo di portata, escursioni di livello ben definite con una corrispondenza sensibilmente univoca fra le une e le altre.

Detta analisi ci condurrà ad una attendibile interpretazione dei dati raccolti e metterà in luce, con buona approssimazione pratica, l'influenza che i singoli elementi geometrici della canna hanno sui diversi regimi di efflusso. L'indagine si baserà sul teorema di Bernoulli per correnti reali, che verificheremo, nella ipotesi che la canna sia completamente piena lungo tutto il percorso del sifone, supponendo di sostituire alla effettiva distribuzione delle velocità nelle singole sezioni il suo valore medio.

Naturalmente, nel confrontare i valori delle pressioni che soddisferanno alle equazioni relative a detta ipotesi, con i rilievi sperimentali, sarà da tener presente sia la distribuzione *radiale* delle pressioni, per effetto della forza centrifuga nei tratti in curva e nelle zone rettilinee che ne risentono l'influenza (1) sia, per una stessa sezione, la non uniforme distribuzione *trasversale* delle pressioni dovute al fatto che il moto non è in generale piano (2).

Ammetteremo inoltre che ogni variazione nella quota piezometrica $\zeta + \frac{p - p_a}{\gamma_a}$ relativa ad una sezione generica, dovuta sia alle resistenze continue per attrito che alle perdite per contrazione di vena provocate dai *gomiti* e dalle *variazioni di area*, si possano ritenere proporzionali, attraverso un coefficiente $\lambda$, alla altezza cinetica $\frac{V_S^2}{2g}$ (3) corrispondente alla velocità media nella sezione di sbocco. Supporremo ancora che la pressione $p_S$, relativa alla sezione di sbocco si possa ritenere in prima approssimazione costante ed uguale alla pressione atmosferica (4) e che il peso specifico medio $\gamma$ sia pure costante per tutte le sezioni lungo la canna del sifone ed uguale a quello $\gamma_a$ per l'acqua.

In dette ipotesi e per una sezione generica, dovrà allora essere soddisfatta, rispetto alla sezione di sbocco, la relazione:

$$\frac{p - p_a}{\gamma_a} = -\zeta + \frac{Q^2}{2\,g\,S^2_0}\,\lambda^s_\zeta. \tag{13}$$

Ove con $\lambda^s_\zeta$ abbiamo indicato la somma dei coefficienti $\lambda$ di proporzionalità fra le variazioni della quota piezometrica generica e l'altezza cinetica relativa alla sezione di sbocco.

Rispetto alla sezione iniziale (alimentazione) e supposta trascurabile la velocità di arrivo, potremo analogamente scrivere la relazione

$$\frac{p - p_a}{\gamma_a} = -\zeta + \Delta + H - \frac{Q^2}{2\,g\,S^2_0}\,\lambda^\zeta_i \tag{14}$$

Ammessa la canna completamente piena, queste due equazioni dovranno sussistere contemporaneamente per una stessa sezione. Dovrà di conseguenza risultare verificata la relazione

$$H + \Delta = \frac{Q^2}{2\,g\,S^2_0}\,\lambda^s_i \;(1). \tag{15}$$

Come conseguenza delle equazioni soprascritte ricaveremo che, variando la portata dal valore $Q_1$ a quello $Q_2$, la differenza fra le rispettive altezze piezometriche nella sezione generica, ivi compresi i rigurgiti, risulterà determinata dalle relazioni:

$$\frac{p_1}{\gamma_a} - \frac{p_2}{\gamma_a} = \frac{\lambda^s_\zeta}{2\,g\,S^2_0}\,(Q_1^2 - Q_2^2) \tag{16}$$

$$\frac{p_1}{\gamma_a} - \frac{p_2}{\gamma_a} = \Delta_1 - \Delta_2 - \frac{\lambda^\zeta_i}{2\,g\,S^2_0}\,(Q_1^2 - Q_2^2) \tag{17}$$

$$\Delta_1 - \Delta_2 = \frac{\lambda^s_i}{2\,g\,S^2_0}\,(Q_1^2 - Q_2^2) \tag{18}$$

Le equazioni (17) e (18) mostrano, come è noto, che se i diagrammi delle pressioni relative ad una qualunque sezione e quelli dei rigurgiti, vengono tracciati in funzione dei quadrati delle portate, essi dovranno risultare, nel campo di validità delle ipotesi ammesse e fino a tanto che si suppongano i coefficienti $\lambda$ costanti, delle linee rette; fatto questo che permette di esaminare più facilmente i rilievi sperimentali. Nella fig. 26 sono riportati i valori delle letture piezometriche lungo la canna del sifone, tracciati a tale scopo in funzione dei quadrati delle portate, assunte come ascisse. Detta figura riporta i valori dei rilievi fatti sul modello 2° *I* grande delle esperienze di Pisa anzichè quelli sul sifone in opera in quanto, come abbiamo già rilevato, in questo secondo caso l'intervallo delle portate sperimentali risulta molto meno esteso e contenuto praticamente nei limiti di autolivellazione.

Dall'esame di detta figura risulta in modo molto evidente come la legge espressa dalla relazione (16) sia verificata con notevole approssimazione per tutte le prese di pressione, a partire da una portata compresa fra quella critica e quella che corrisponde *al punto di minimo* delle diverse linee piezometriche.

Per valori di portata inferiori a quello che corrisponde a detto minimo, risulterà invece verificata la legge espressa dalla relazione (17), per le prese di pressione più alta, qualora si osservi che il termine $\Delta_1 - \Delta_2$ è molto piccolo e praticamente trascurabile.

Rileviamo ancora come le rette definite dai rilievi sperimentali a destra del punto di minimo piezometrico, incontrino l'ordinata di portata nulla, e sensibilmente per tutte le prese di pressione, in un punto molto prossimo alla quota del baricentro dell'area di sbocco (2) ciò che giustifica l'ipotesi che la pressione media $p_S$ nella sezione di sbocco si possa ritenere uguale a quella atmosferica.

Le rette di compenso dei rilievi sperimentali permettono inoltre di determinare con grande esattezza i valori dei coefficienti

Vediamo ora, usando dei normali coefficienti di calcolo idraulico, entro quali limiti di approssimazione si possano prevedere i valori di detti coefficienti.

Fra i fattori che determinano l'andamento piezometrico saranno da considerare: le perdite continue per *attrito*, le perdite dovute alle contrazioni di vena provocate dai *gomiti* e alle *variazioni* di area. Avremo ancora le perdite all'*imbocco* ed eventualmente quelle allo *sbocco*.

Nel caso in esame, mentre le perdite allo *sbocco* sono da ritenersi *nulle* (3) quelle all'*imbocco* saranno relativamente piccole. Come è noto la determinazione di esse forma un tema sperimentale tanto interessante quanto ancora poco sviluppato, nè si presenta agevole un'attendibile analisi teorica.

---

(1) G. Büchi: « Funzionamento e costruzione in serie delle turbine idrauliche a reazione ». *Elettrotecnica*, 5 giugno 1927.

(2) I relativi termini correttivi saranno solo in parte valutabili a priori. Una indagine più dettagliata la potremo trovare nei numerosi esperimenti che vengono fatti sui tubi di aspirazione delle turbine idrauliche (v. ad es. *Escher-Wyss Mitteilungen*, maggio-giugno 1931). Vedremo però come, nei limiti di approssimazione della nostra indagine gli scarti fra i valori calcolati e quelli rilevati alle prese aperte lungo l'asse del sifone, siano trascurabili anche senza un più dettagliato esame.

(3) Come è noto, nella equazione del Bernoulli applicata alle correnti reali, il termine $\frac{V^2}{2g}$ relativo ad una sezione generica è affetto da un coefficiente $\alpha$, rapporto fra la potenza cinetica della corrente reale e quella della corrente fittizia con velocità uniforme in tutti i punti della sezione e con un valore pari a quello della rispettiva velocità media. Ora, mentre dai rilievi sperimentali detto coefficiente $\alpha$ risulterà compreso nei coefficienti $\lambda$, nel calcolo invece supporremo detto coefficiente $\alpha$ sempre uguale ad 1.

(4) Questa ipotesi si potrebbe ritenere verificata nel solo caso che tutte le traiettorie dei filetti fluidi relativi alla sezione di sbocco avessero curvatura nulla.

---

(1) Naturalmente, rispetto al coefficiente di efflusso $\mu$, avremo che

$$\lambda^s_i = \frac{1}{\mu^2}$$

(2) Lo scarto relativamente maggiore si ha per le prese di pressione più basse (5-6).

(3) Comparirebbero delle perdite allo sbocco qualora ad esempio il sifone fosse rigurgitato.

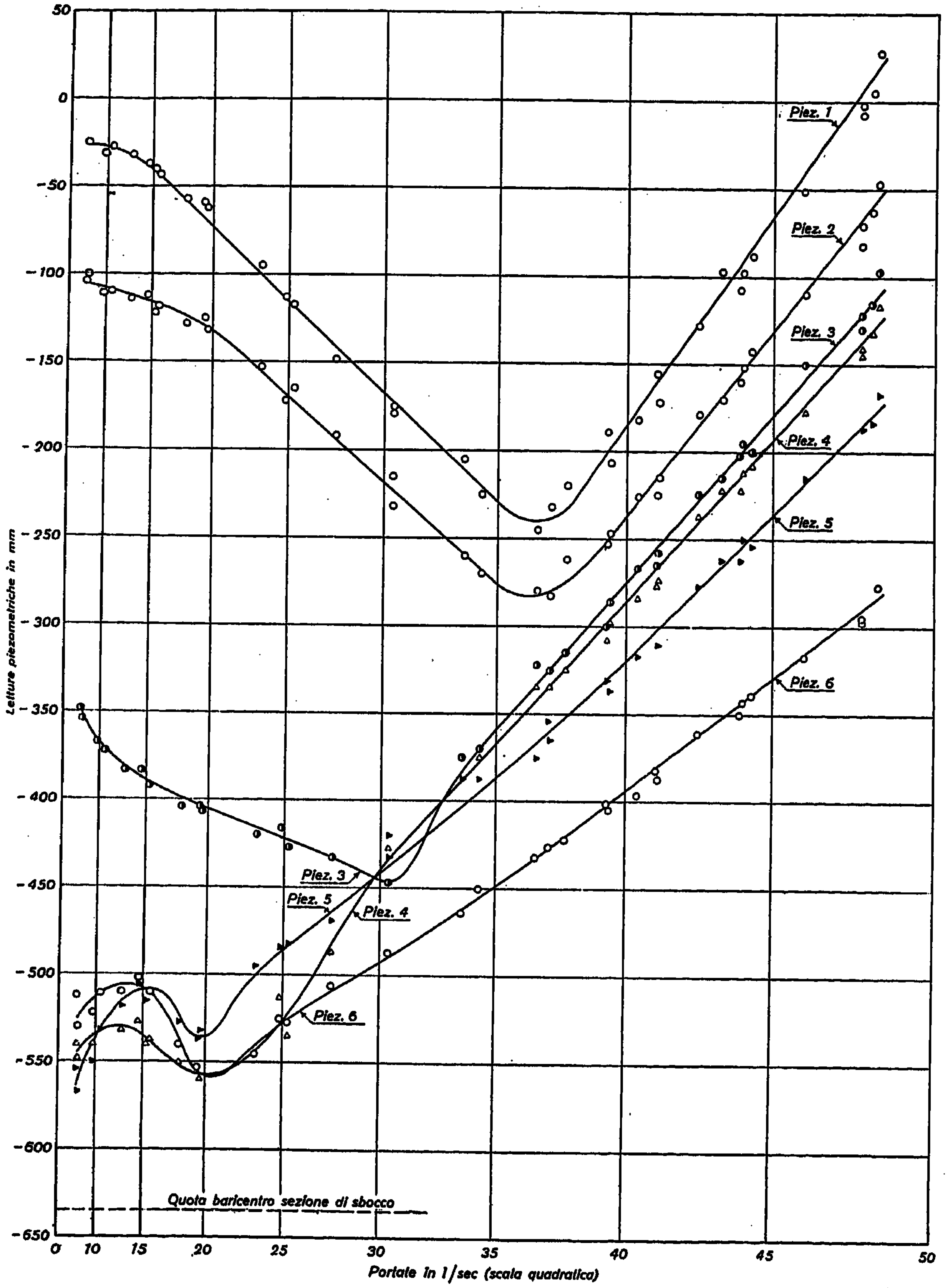



Fig. 26. - Diagrammi delle letture piezometriche relative alle esperienze sul modello 2°*I* grande, tracciati in funzione dei quadrati delle portate scaricate.

Nella ricerca dei coefficienti λ ci limiteremo perciò al tratto compreso fra la sezione di soglia e quella di sbocco, assumendo sempre $\alpha = 1$.

Per quanto riguarda le *perdite continue per attrito* applicheremo nel calcolo relativo, la formola del Kutter. Avremo così per il corrispondente coefficiente λ l'espressione:

$$\frac{s}{\chi^2 \mathcal{R}}\, 2g \left(\frac{S_0}{S}\right)^2$$

avendo indicato con

$S$ l'area della sezione normale della canna,
$S_0$ l'area della sezione di sbocco,
$\mathcal{R}$ il raggio medio,
$s$ lo sviluppo dell'asse della canna nel tratto considerato

e avendo posto come di consueto

$$\chi = \frac{100}{1 + \frac{m}{\sqrt{\mathcal{R}}}}$$

Converrà notare che da una verifica, fatta prima delle esperienze, lo stato di conservazione dell'intonaco risultò ottimo, ciò che indurrebbe ad assumere a priori per *m* un valore compreso fra 0,15 e 0,20.

Per la determinazione delle perdite dovute ai *gomiti* potremo attenerci, dopo le notevoli esperienze sull'impianto di Mègebat (1) alla formola del Rankine e quindi assumeremo per il relativo coefficiente λ (2) l'espressione:

$$\frac{s}{4r}\left[0{,}124 + 0{,}274\left(\frac{a}{r}\right)^{3.5}\right]\left(\frac{S_0}{S}\right)^2$$

(1) GODARD, CAMICHEL, LECLERC DU SABLON, ESCANDE: « Recherches sur la similitude ». *Génie Civile* 11-25 aprile 1931. In queste esperienze è stato più propriamente verificata la formula del Rankine relativa ai gomiti ad angolo brusco.

(2) EYDOUX: « Hydraulique générale et appliquée.

TABELLA VI.

| Caratteristiche geometriche | | | | | | | Coefficienti $\lambda\zeta_s$ riferiti all'area di sbocco | | | | Piezometro N.° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratto | | | Sviluppo m | Altezza m | Larghezza m | Raggio m | Gomiti | Attrito | Variazioni di area | Totale | |
| I | *a* - Piez. 6 | curva | 2.64 | 1.04 | 1.00 | 5.25 | 0.014 | 0.035 | 0.206 | 0.255 | 6 |
| II | Piez. 6-*b* | curva | 1.59 | 1.10 | 1.00 | 6.10 | 0.006 | 0.018 | — | 0.279 | |
| III | *b-c* | rettilineo | 2.20 | 1.10 | 1.00 | — | — | 0.025 | — | 0.304 | 5 |
| IV | *c* - Piez. 5 | curva | 0.34 | 1.10 | 1.00 | 1.70 | 0.007 | 0.004 | — | 0.315 | |
| | Piez. 5-*d* | curva | 2.36 | 1.10 | 1.00 | 1.70 | 0.051 | 0.027 | — | 0.393 | |
| V | *d* - Piez. 4 | rettilineo | 1.22 | 1.10 | 1.00 | — | — | 0.014 | — | 0.407 | 4 |
| | Piez. 4 - Piez. 3 | rettilineo | 2.23 | 1.10 | 1.00 | — | — | 0.026 | — | 0.433 | 3 |
| | Piez. 3 - *e* | rettilineo | 1.07 | 1.10 | 1.00 | — | — | 0.012 | — | 0.455 | |
| VI | *e-f* | curva | 0.83 | 1.10 | 1.00 | 1.52 | 0.023 | 0.010 | — | 0.478 | 2 |
| VII | *f* - Piez. 2 | rettilineo | 1.04 | 1.10 | 1.00 | — | — | 0.012 | — | 0.490 | |
| | Piez. 2-*g* | rettilineo | 0.45 | 1.10 | 1.00 | — | — | 0.005 | — | 0.495 | |
| VIII | *g* - Piez. 1 | curva | 1.03 | 1.10 | 1.00 | 1.27 | 0.046 | 0.012 | — | 0.553 | 1 |
| | | TOTALI ........ | | | | | 0.147 | 0.200 | 0.206 | 0.553 | |

avendo indicato con

$s$ lo sviluppo dell'asse medio,

$r$ il raggio di curvatura media,

$a$ l'altezza della canna (nel senso radiale).

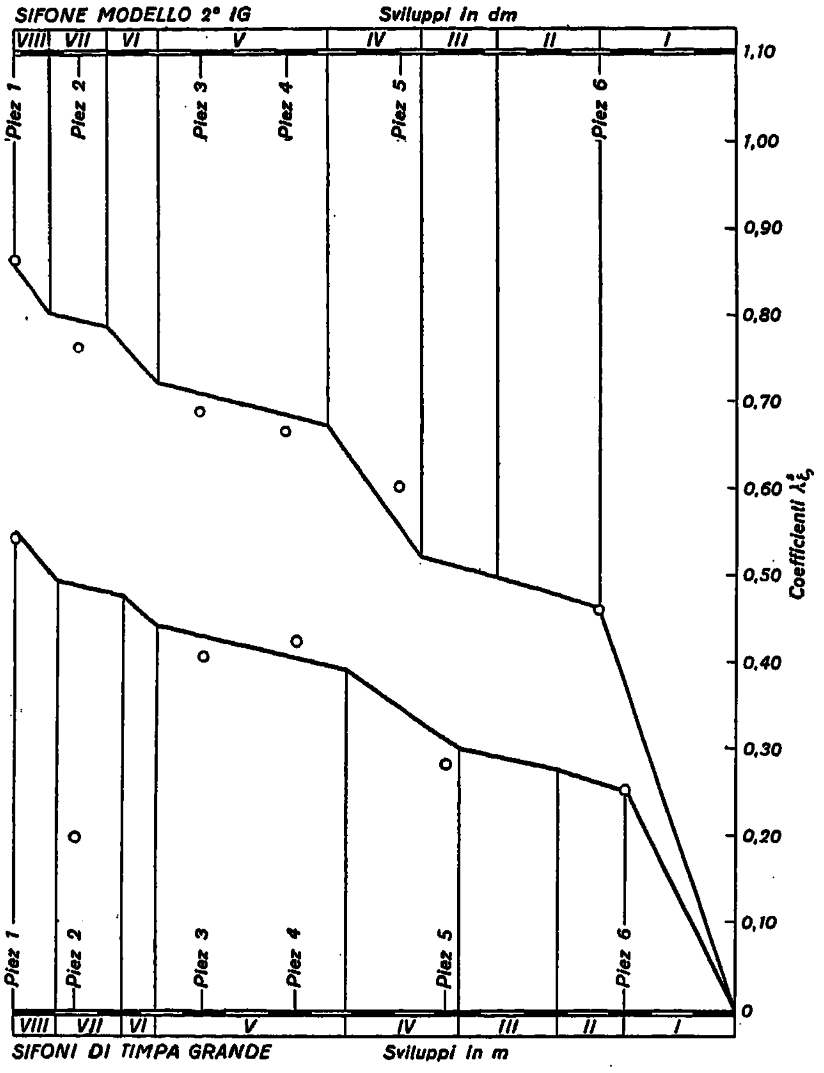



Fig. 27. - Diagrammi dei coefficienti $\lambda^s_\zeta$. Confronto fra i valori calcolati e i rilievi sperimentali per il sifone di Timpa Grande e per il modello 2° *I* grande.

Le variazioni di altezza piezometrica per *variazione di area* le riterremo, in prima approssimazione, pari alla differenza fra le rispettive altezze cinetiche medie, sicchè avremo per il coefficiente $\lambda$ ad esse relativo l'espressione:

$$1 - \left(\frac{S_0}{S}\right)^2$$

Nella fig. 27 (diagramma inferiore) sono riportati i valori $\lambda^s_\zeta$ medi, relativi alle diverse prese di pressione, dedotti dai rilievi sperimentali per valori di portate prossime a quella critica, riferiti agli sviluppi dell'asse medio, misurati a partire dalla sezione di sbocco. In detta figura è tracciato anche il diagramma medio di detti coefficienti, calcolati in base alle formole surriportate e avendo assunto $m = 0{,}20$.

I valori numerici di calcolo sono raccolti nella tabella VI dove sono pure elencati gli elementi geometrici relativi alle diverse formole e i riferimenti alle singole prese di pressione.

Questo diagramma conferma con buona approssimazione le ipotesi poste a base del calcolo e fa vedere come, con i coefficienti di un normale calcolo idraulico, i valori che si sarebbero potuti stabilire a priori, si scostino relativamente poco da quelli effettivamente rilevati. Fa eccezione il solo piezometro 2 per il quale deve però osservarsi che la relativa presa di pressione presenta il massimo spostamento rispetto all'asse della canna (cm 14).

Analogo confronto è stato fatto per il modello 2° *I* grande. Nella fig. 27 (diagramma superiore) sono stati riportati i valori dei coefficienti sperimentali e il relativo diagramma medio che, con $m = 0{,}15$, corrisponde bene ai rilievi sperimentali (1); nella tabella VII sono raccolti i valori calcolati ed altri dati come per la tabella VI.

Questi diagrammi presentano un notevole interesse. Anzitutto sembrano confermare, nei limiti di approssimazione pratica, la possibilità di tracciare a priori le linee piezometriche medie per valori di portata in generale superiori a quella critica e tenendo conto delle diverse caratteristiche geometriche della canna. Inoltre mostrano come andamenti piezometrici, apparentemente assai dissimili, siano da considerarsi *equivalenti* nel confronto fra modelli in scala diversa e con differenti caratteristiche geometriche; tenendo conto infatti, nei diversi casi, delle effettive dimensioni della canna e di plausibili ipotesi sui valori del coefficiente $m$, le stesse espressioni di calcolo portano ad interpretare con buona approssimazione i rispettivi rilievi sperimentali.

La divergenza dei diagrammi risulterebbe naturalmente molto ridotta qualora i modelli fossero perfettamente simili e dipenderebbe in tale caso, a parità del coefficiente $m$, dal diverso valore che assume il termine $\chi$ di fronte ai rapporti di similitudine geometrica fra i due modelli.

L'equivalenza dei due diagrammi conferma anche in questo campo l'accordo fra i rilievi di laboratorio e quelli sul sifone in

(1) Il minor coefficiente relativo alle perdite continue, per attrito risulta plausibile se si tiene conto della minor scabrezza relativa alle pareti metalliche del modello.

TABELLA VII.

| Caratteristiche geometriche | | | | | | | Coefficienti $\lambda^\zeta_s$ riferiti all'area di sbocco | | | | Piezometro N.° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tratto | | | Sviluppo dm | Altezza dm | Larghezza dm | Raggio dm | Gomiti | Attrito | Variazioni di area | Totale | |
| I | *a* - Piez. 6 | curva | 3.29 | 1.21 | 1.179 | 4.92 | 0.013 | 0.058 | 0.392 | 0.463 | 6 |
| II | Piez. 6-*b* | curva | 2.41 | 1.36 | 1.179 | 5.82 | 0.008 | 0.031 | — | 0.502 | |
| III | *b-c* | rettilineo | 1.75 | 1.36 | 1.179 | — | — | 0.023 | — | 0.525 | 5 |
| IV | *c* - Piez. 5 | curva | 0.54 | 1.36 | 1.179 | 1.31 | 0.028 | 0.007 | — | 0.560 | |
| | Piez. 5-*d* | curva | 1.77 | 1.36 | 1.179 | 1.31 | 0.091 | 0.023 | — | 0.674 | |
| V | *d* - Piez. 4 | rettilineo | 1.00 | 1.36 | 1.179 | — | — | 0.013 | — | 0.687 | 4 |
| | Piez. 4 - Piez. 3 | rettilineo | 2.01 | 1.36 | 1.179 | — | — | 0.026 | — | 0.713 | 3 |
| | Piez. 3-*e* | rettilineo | 1.00 | 1.36 | 1.179 | — | — | 0.013 | — | 0.726 | |
| VI | *e-f* | curva | 1.27 | 1.36 | 1.179 | 1.45 | 0.046 | 0.016 | — | 0.788 | 2 |
| VII | *f* - Piez. 2 | rettilineo | 0.64 | 1.36 | 1.179 | — | — | 0.008 | — | 0.796 | |
| | Piez. 2-*g* | rettilineo | 0.68 | 1.36 | 1.179 | — | — | 0.008 | — | 0.804 | |
| VIII | *g* - Piez. 1 | curva | 0.84 | 1.36 | 1.179 | 1.31 | 0.044 | 0.011 | — | 0.859 | 1 |
| TOTALI | | | | | | | 0.230 | 0.237 | 0.392 | 0.859 | |

opera, accordo che naturalmente si manterrà per tutto l'intervallo di valori in cui risultano rispettivamente verificate le relazioni (13) o (14).

Nella fig. 28 sono tracciati, avendo assunto sempre come ascisse i valori dei quadrati delle portate, i diagrammi del rigurgito $\Delta$, delle altezze piezometriche $\frac{p - p_a}{\gamma_a}$ alla presa 1 e quello risultante per i dislivelli piezometrici relativi a detta presa del sifone in opera.

Dal diagramma del rigurgito si rileva che nei limiti di autolivellazione il relativo coefficiente sia molto piccolo e coincida con il valore comunemente ammesso per le perdite di carico fra l'imbocco di una tubazione e la sezione contratta (1).

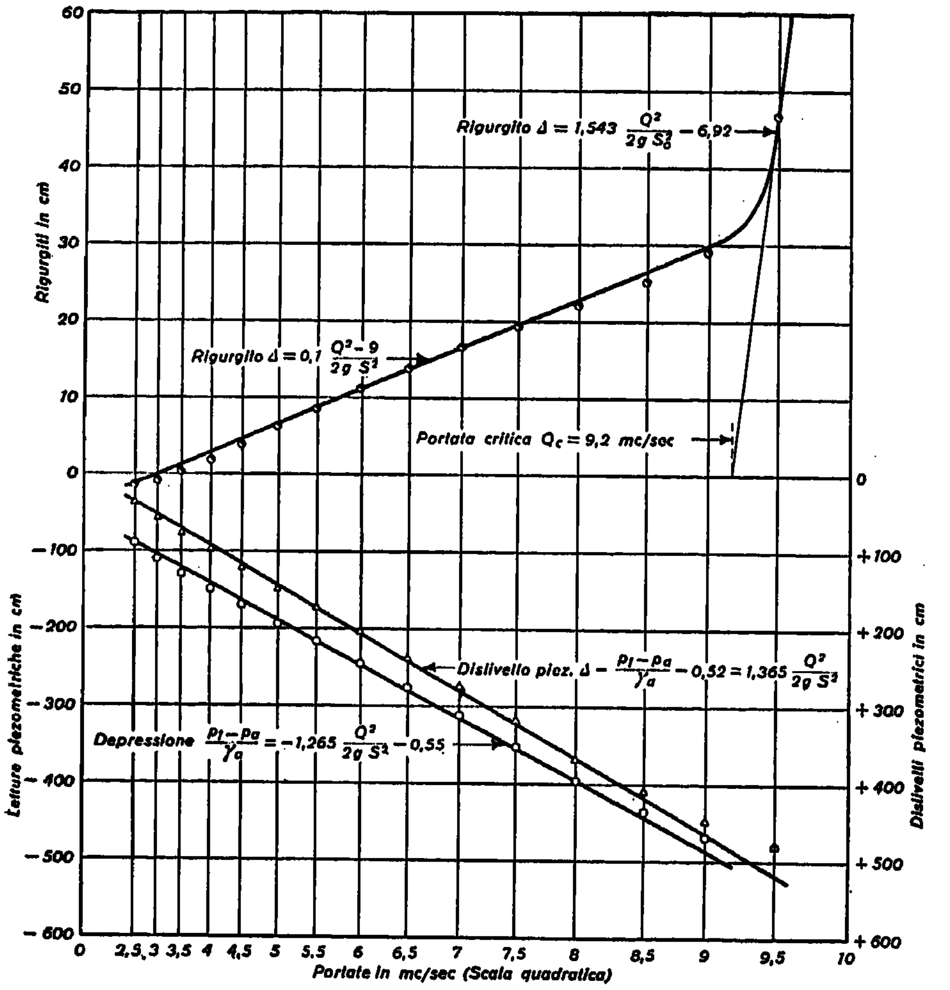



Fig. 28. - Rilievi sperimentali caratteristici per la presa di pressione 1.

A destra della portata critica esso aumenta invece gradatamente fino ad un valore pari alla somma delle perdite di carico lungo tutto il percorso del sifone aumentate del coefficiente relativo all'altezza cinetica della sezione di sbocco (2).

Prescindendo dal grado di coincidenza dei valori numerici, questa constatazione porterebbe a ritenere che a sinistra del punto critico il rigurgito risenta solo di parte delle perdite relative ad un primo tratto della canna, mentre a destra di detto valore varierebbe in relazione a tutte le perdite dovute al completo percorso del sifone, aumentate naturalmente del coefficiente relativo all'altezza cinetica della sezione di sbocco.

## VII. – Influenza dell'ingresso d'aria sui regimi di efflusso.

La trattazione fin qui svolta ammette l'ipotesi che la canna sia completamente piena lungo tutto il percorso del sifone e che il fluido che la riempie abbia un peso specifico costante nelle diverse sezioni e per qualunque portata.

Abbiamo visto come le relative equazioni interpretino bene i rilievi sperimentali per portate abbastanza alte, mentre cadono in difetto per le portate più basse. Continuano a sussistere entro certi intervalli le relazioni (13) e (14) relative alla ipotesi di canna piena, ma non più *contemporaneamente* per la stessa sezione.

Il fatto che le equazioni stabilite in base al teorema di Bernoulli non possano, nelle ipotesi precedentemente ammesse, interpretare i regimi di efflusso per portate inferiori a quella critica, trova del resto una logica spiegazione nel non aver considerato l'aspirazione d'aria che si verifica nel sifone e la conseguente formazione di una miscela d'aria e acqua a peso specifico variabile in relazione alla portata d'acqua scaricata.

Rileviamo infatti che, teoricamente, con la disposizione costruttiva del sifone (1) (soglia e unghia a pari quota), la condizione di funzionamento, senza entrata d'aria, è che sia il rigurgito

$$(19) \qquad \Delta \geqq 0$$

Ora, dalle equazioni (13) o (14) e dalla (15) si ricava che, nelle ipotesi precedentemente ammesse, dovrà risultare verificata, per una sezione generica, la relazione

$$(20) \qquad \frac{p - p_a}{\gamma_a} = -\zeta + (H + \Delta)\frac{\lambda_\zeta^s}{\lambda_i^s}.$$

Questa equazione, tenuto conto della condizione (19), definisce per ogni sezione un *valore minimo* della pressione media assoluta (2) che si avrà contemporaneamente in tutte le sezioni quando, ammessa la sensibile costanza nei valori dei coefficienti $\lambda$, il rigurgito $\Delta$ raggiunge teoricamente un valore zero, ciò che si avrebbe con una portata

$$Q = S_0 \sqrt{\frac{2gH}{\lambda_i^s}}$$

che, come sappiamo, è per definizione la portata critica.

Una diminuzione, anche lieve, nella portata di afflusso rispetto a detto valore, provocherebbe un ingresso d'aria non più ostacolato dal carico d'acqua sull'unghia del sifone, e ne determinerebbe il disadescamento. In tale caso, che si potrebbe praticamente verificare se le perdite di carico e il rapporto di strozzamento fossero molto forti, i limiti di autolivellazione teoricamente coinciderebbero e il sifone non presenterebbe più i regimi caratteristici della sua funzione autolivellatrice.

Sperimentalmente però si constata che, anche con rigurgiti abbastanza elevati, il sifone aspira una certa quantità d'aria e determina, per la presenza dell'aria, una serie di regimi stabili con rapporti, come abbiamo visto nelle esperienze con il Pitot, molto diversi fra la quantità dell'acqua e quella dell'aria aspirata.

In queste condizioni l'analisi relativa ai diversi regimi di efflusso dovrebbe tener conto di un fluido formato da una miscela di aria e acqua con peso specifico variabile da punto a punto lungo la canna del sifone e nei diversi punti di una qualunque sezione. Ma, se la relativa trattazione non presenta nessuna particolare difficoltà di calcolo, essa dovrebbe necessariamente basarsi su delle ipotesi circa la distribuzione del peso specifico nei diversi punti del sifone, che non avrebbero, nel caso in esame, il sussidio di un conveniente rilievo sperimentale.

(1) Prof. Giulio De Marchi: « Idraulica ». Ed. Hoepli, pag. 210.

(2) Nel sifone modello 2° *I* grande l'espressione del rigurgito nei limiti di autolivellazione, in dm, risulta

$$\Delta = 0{,}109\,\frac{Q^2}{2\,g\,S^2} + 0{,}06$$

(1) Per altre disposizioni con l'unghia più bassa o più alta della soglia, indicando con $H$ ed $H_0$ le quote geometriche della soglia e dell'unghia riferite ad un piano orizzontale qualunque e con $\Delta$ il valore del rigurgito, detta condizione si scriverebbe:

$$H + \Delta \geqq H_0$$

(2) Naturalmente detto valore minimo non potrà mai essere tale da determinare in un qualunque punto della sezione, tenuto conto in generale della non uniforme distribuzione delle pressioni, un valore per la pressione assoluta, minore di $\tau$, ove $\tau$ indica la tensione di vapore esistente nel punto che si considera.

In linea puramente schematica sarà però logico pensare che l'aria aspirata avrà la tendenza a portarsi in ogni sezione verso la parte più alta della canna, mentre, di conseguenza, il peso specifico della miscela andrà aumentando verso la parte inferiore della sezione. Si determineranno così, attraverso alla non omogena distribuzione del peso specifico della miscela, caratteri di movimento analoghi a quelli di un particolare *moto a canaletta* (1) che sempre più si accentueranno con il diminuire del peso specifico della miscela aspirata. Sarà nello stesso tempo plausibile ritenere che una analoga distribuzione del peso specifico della miscela si determini anche lungo tutto il percorso del sifone. Tenderà di conseguenza a formarsi, nel tratto più indicato della canna, una zona di lunghezza variabile nella quale una lama d'acqua aderente al fondo della canna lambirà con un distacco sempre più definito, una lama d'aria, in parte pure in movimento e che riempirà il resto della canna. L'acqua assumerà un moto teoricamente accelerato, finchè, urtando contro la massa sottostante che riempie il tratto di canna più prossimo allo sbocco, trasmetterà, a questa, parte della sua maggiore forza viva e, rimescolandosi energicamente, formerà verso lo sbocco, una miscela praticamente omogenea. Per la presenza della lama d'aria superiore, il grado di depressione si trasmetterà pressochè inalterato lungo tutta la zona del moto a canaletta.

All'aumentare della portata il tratto inferiore del sifone nel quale la canna risulta completamente piena di miscela, aumenterà di lunghezza in relazione all'andamento dei coefficienti $\lambda^s_\zeta$ in questa zona, e al fenomeno d'urto sopra accennato, fino a raggiungere la sezione di soglia per il valore critico della portata.

Questa interpretazione di carattere schematico e che già risultava dalle esperienze di laboratorio, trova, nei rilievi sperimentali, una piena conferma.

Risulta infatti confermata, come abbiamo visto, la applicabilità delle equazioni (13) e (14) rispettivamente ad un primo tratto della canna e ad uno di lunghezza variabile a partire dallo sbocco; risulta pure plausibile la tendenza della piezometrica a disporsi, per le portate più basse, parallelamente all'asse della canna, come abbiamo già rilevato, e risulterà inoltre interpretato in modo soddisfacente l'andamento dei punti di minimo piezometrico nelle diverse sezioni.

Il cambiamento di pendenza nel diagramma dei rigurgiti diviene infine una conseguenza del completo forzamento della canna.

Per quanto riguarda l'andamento dei punti di minimo piezometrico potremo considerare, in linea approssimata e in base alle precedenti ipotesi sulla esistenza di un moto a canaletta, che la canna risulti completamente piena a partire dalla sezione d'imbocco fino a quella verticale di soglia e che essa risulti pure contemporaneamente piena, a partire dallo sbocco, fino ad una sezione di quota $\zeta$. In tali ipotesi e supponendo che il grado di depressione medio nella sezione di soglia si trasmetta inalterato lungo tutto il tratto del moto a canaletta, ricaveremo dalle equazioni (13) e (14), applicate rispettivamente alle sezioni precedentemente considerate:

$$Q = S_0 \sqrt{\frac{2g\,(H + \Delta - \zeta_1 + \zeta)}{\lambda_i^{\zeta_1} + \lambda^s_\zeta}} \tag{21}$$

(1) È noto come il formarsi di un *moto a canaletta* sia legato alla condizione $p < \tau$ ove $\tau$ rappresenta la tensione di vapore del fluido. Detta condizione, tenuto conto della distribuzione delle pressioni dovute alla forza centrifuga, risulterebbe verificata quando

$$(H + \Delta)\left[\frac{\lambda^s_\zeta}{\lambda^s_i} - 1\right]\left(\frac{R_0 + \frac{a}{2}}{R_0}\right)^{2c^2} + \Delta + \frac{p_a}{\gamma_a} < \tau\,\gamma_a$$

ove i simboli, riferiti alla sezione di soglia, hanno un significato già noto.

Questa relazione lega fra loro i valori della portata $Q$ con la quota geometrica $\zeta$ della sezione più prossima allo sbocco in cui ha termine, rispettivamente per le diverse portate, il moto

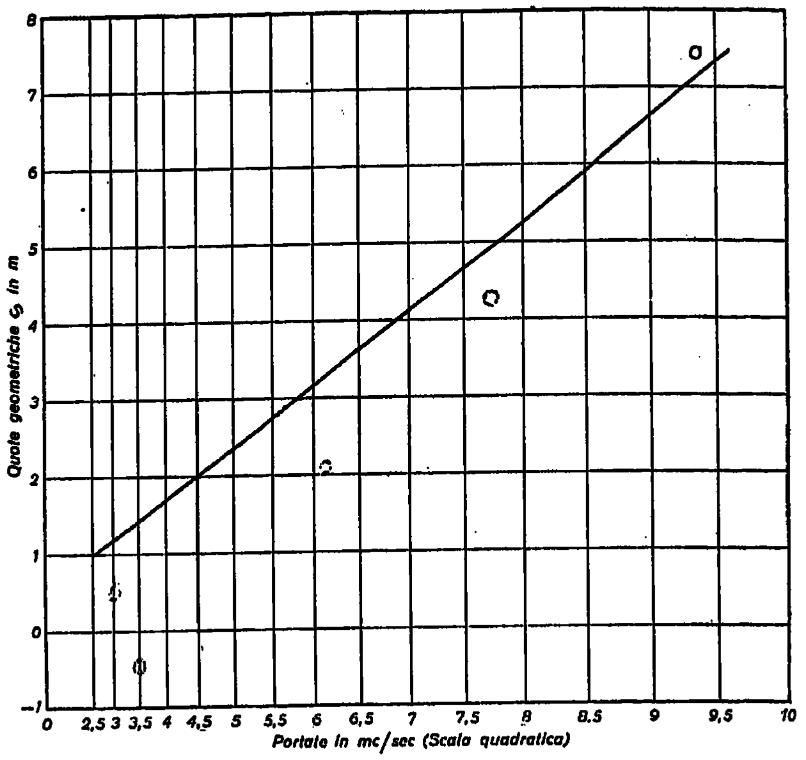



Fig. 29. - Valori delle portate in corrispondenza ai punti di minimo delle linee piezometriche nelle diverse sezioni. Confronto con i valori calcolati in base ad ipotesi semplificative.

a canaletta. Tenendo presenti i valori precedentemente ricavati per i coefficienti $\lambda^s_\zeta$ e per quello $\lambda_i^{\zeta_1}$ (figg. 27 e 28) potremo calcolare, per le successive quote $\zeta$, i valori della portata $Q$ che

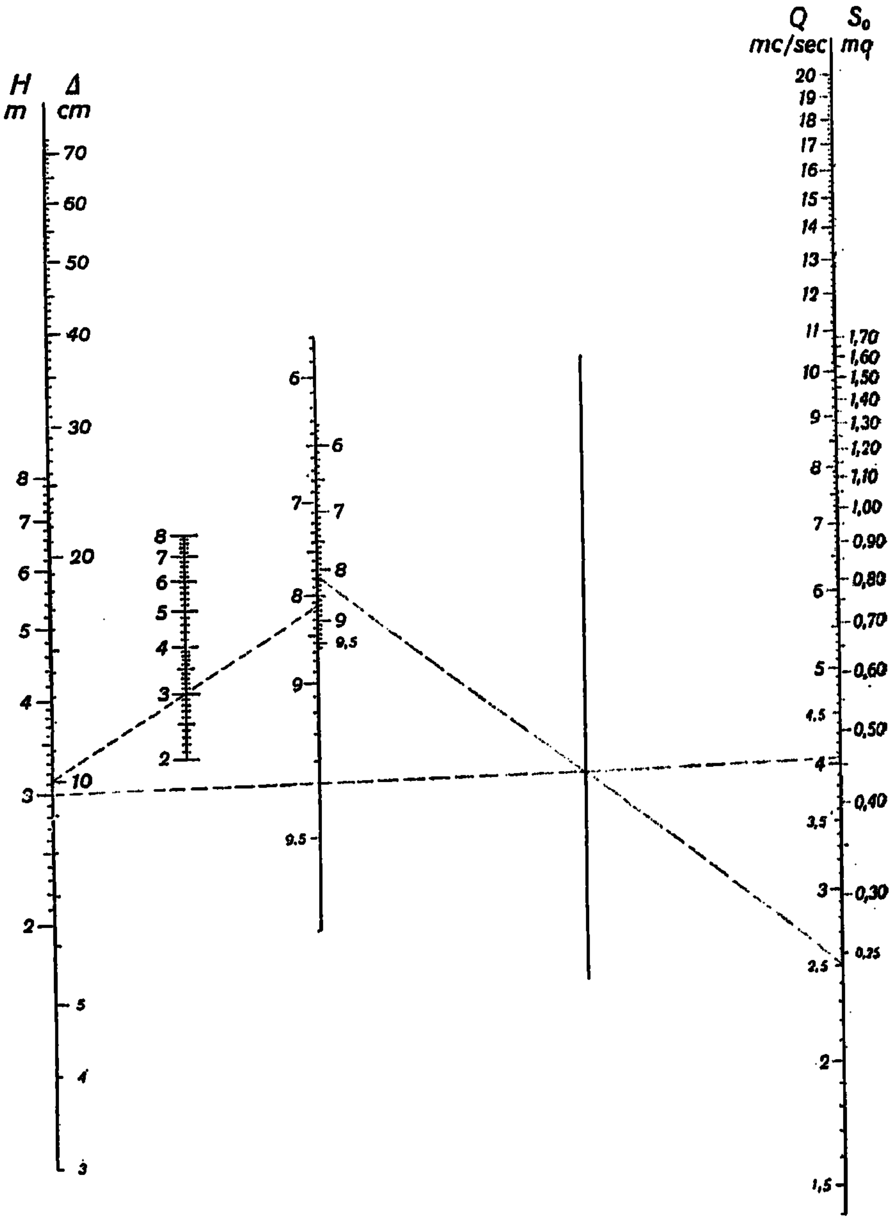



Fig. 30. - Nomogramma per il calcolo di un sifone autolivellatore tipo 2° I De Marchi.

corrisponderà al punto di minimo piezometrico relativo alla sezione di quota $\zeta$ (1).

Nella fig. 29 è riportato il confronto fra i valori così calcolati e quelli sperimentali. È naturale che, con le ipotesi semplificative soprammesse, avendo supposto costante il grado di depressione lungo tutto il tratto del moto a canaletta e avendo trascurato il fenomeno d'urto sopra accennato, manchi un accordo *quantitativo* fra i valori calcolati e quelli sperimentali. Risulta però in modo evidente la interpretazione *qualitativa* dei rilievi sperimentali.

Da quanto esposto si vede l'influenza determinante che i valori dei coefficienti $\lambda_\zeta^s$, per quanto riguarda principalmente il rapporto di strozzamento, hanno sulla funzione autolivellatrice del sifone e sui limiti di detta autolivellazione.

## VIII. – Conclusioni.

Le esperienze descritte costituiscono, per la prima volta, una indagine praticamente completa sui diversi regimi di efflusso di un sifone autolivellatore, attraverso la diretta esperienza sull'opera costruita.

(1) Dalla relazione (21) ricaveremo naturalmente che il coefficiente di efflusso $\mu$, ricordando che $Q = \mu \sqrt{2g(H+\Delta)}$ sarà dato da

$$\mu = \sqrt{\frac{1 - \dfrac{\zeta_1 - \zeta}{H+\Delta}}{\lambda_i^{\zeta_1} + \lambda_\zeta^s}}$$

da cui risulta che, al variare del termine $\zeta_1 - \zeta$, tratto della canna ove esiste il moto a canaletta, il valore di $\mu$ passerà da 0 per $\zeta_1 - \zeta = H + \Delta$ (canna completamente vuota), al valore $\frac{1}{\sqrt{\lambda_i^s}}$ per $\zeta_1 - \zeta = 0$ (canna completamente forzata).

L'accordo fra i rilievi sul modello e quelli sul sifone in opera risulta pienamente soddisfacente e tale da confermare, anche in questo campo, l'alto valore dell'indagine di laboratorio nella scelta più razionale di un manufatto idraulico.

Le diverse caratteristiche dei regimi di efflusso si prestano ad una plausibile intrepretazione teorica e anche l'accordo fra le deduzioni di un normale calcolo idraulico e i rilievi sperimentali risulta, nei limiti pratici e per il tipo di sifone considerato, molto buono.

Ulteriori prove potranno, per differenti disposizioni costruttive, modificare o correggere i nostri risultati. Abbiamo creduto però fin d'ora utile, per semplificare i calcoli relativi ai rapporti di simiglianza, di tracciare, nella fig. 30, un nomogramma atto a dare nei limiti delle nostre esperienze, la possibilità di una rapida scelta delle caratteristiche di progetto di un sifone autolivellatore.

Le diverse scale del nomogramma sono calcolate in base alle leggi di simiglianza idrodinamica meno la quarta e quinta, a scale affacciate, che riproducono il legame sperimentale fra rigurgiti e portate, dedotto dal diagramma della fig. 13. Queste due scale potranno essere completate o corrette con i risultati di nuove esperienze, principalmente nel caso che le caratteristiche geometriche della sagoma si scostino sensibilmente da quelle del sifone di Timpa Grande.

Al Chiarissimo Prof. Giulio De Marchi e all'Ing. Mario Marchetti che mi diedero l'aiuto del loro consiglio e della loro esperienza, esprimo i miei più vivi ringraziamenti.

Ing. Carlo Drioli.

*Napoli, 2 giugno* 1932-X.

APPENDICE

# Determinazione delle dimensioni dei galleggianti e descrizioni dei tubi piezometrici

Riteniamo interessante dare alcuni cenni sul calcolo dei dispositivi usati per le esperienze e particolarmente sulla costituzione dei tubi manometrici e sul dimensionamento dei galleggianti.

Consideriamo genericamente (fig. 31) due vasi comunicanti, il primo di diametro $d$, il secondo di diametro $D$. Detti vasi

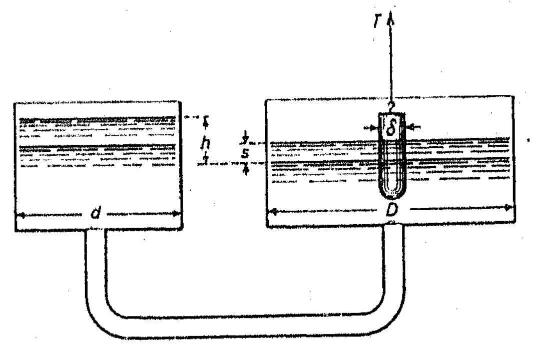



Fig. 31. - Schema di un dispositivo manometrico.

siano riempiti fino ad un certo livello iniziale, con un liquido di peso specifico $\gamma_m$. Nel secondo vaso si trovi immerso un galleggiante di diametro $\delta$ in equilibrio di galleggiamento sotto una tensione $T$.

Supponiamo che il liquido si sposti nei due vasi con una velocità abbastanza piccola, abbassandosi nel secondo vaso della quantità $s$. Supponiamo ancora che il galleggiante, obbligato a trasmettere il suo movimento ad un apparecchio registratore, incontri nel suo moto una resistenza iniziale massima $F$.

Definiriremo come *sensibilità statica propria del galleggiante* l'inverso di quello spostamento minimo $s$ del liquido, occorrente perchè il galleggiante inizi il suo moto, vincendo la resistenza $F$.

Definiremo altresì come *sensibilità statica del sistema galleggiante-vasi comunicanti* l'inverso del dislivello $h$ fra i peli liquidi nei due vasi, corrispondente all'abbassamento $s$.

Riferiamo l'altezza $h$ di liquido al peso specifico $\gamma_a$ dell'acqua, chiamandola $S$. Avremo allora, per la condizione di continuità

$$(D^2 - \delta^2)\, s = d^2 (h - s) = d^2 \left(S \frac{\gamma_a}{\gamma_m} - s\right), \tag{22}$$

che

$$s = \frac{S \dfrac{\gamma_a}{\gamma_m}}{\left(\dfrac{D}{d}\right)^2 \left[1 - \left(\dfrac{\delta}{D}\right)^2\right] + 1}. \tag{23}$$

Affinchè il moto possa iniziarsi dovremo avere

$$F = \frac{\pi}{4}\, \delta^2 s \gamma_m \tag{24}$$

che unita alla (23) dà:

$$\delta^2 = \frac{4F}{\pi \gamma_a S} \left[\left(\frac{D}{d}\right)^2 \left(1 - \frac{\delta^2}{D^2}\right) + 1\right]. \tag{25}$$

Questa relazione permette di determinare il diametro $\delta$ di un galleggiante che in un sistema, definito dai rapporti

$\frac{D}{d}$ e $\frac{\delta}{D}$, vinca una resistenza iniziale $F$ con una sensibilità, rispetto al sistema, $\frac{1}{S}$, permettendo cioè la indicazione di un dislivello tra i peli liquidi nei due vasi comunicanti pari ad una colonna d'acqua $S$. Avremo inoltre che, indicando con $H$ la massima escursione da misurare, espressa in colonna d'acqua, il volume liquido necessario dovrà essere almeno

$$V = \frac{\pi}{4} \frac{\gamma_a}{\gamma_m} H \frac{D^2}{1 + \left(\frac{D}{d}\right)^2}. \tag{26}$$

Le relazioni (25) e (26) legano fra loro le caratteristiche del sistema manometrico e permettono di determinarle in modo da ottenere una sensibilità $\frac{1}{S}$ con un volume di liquido V abbastanza piccolo.

Osserviamo infatti che, per rendere massima la sensibilità $\frac{1}{S}$ converrebbe, a parità di $\delta$, fare $\frac{\delta}{D}$ quanto più prossimo a 1 e $\frac{D}{d}$ quanto più piccolo possibile. Però dalla relazione (26) vediamo come in tale caso, vada anche sensibilmente aumentando il volume V. Ora il rapporto $\frac{\delta}{D}$ è sempre $< 1$ ed ha un limite superiore imposto dai fenomeni di capillarità, che danno luogo a perturbazioni, sia provocando l'eccentricità del galleggiante, e quindi un sensibile attrito contro le pareti, sia per la possibilità che l'altezza del menisco vari durante le esperienze. Nel caso che il liquido impiegato sia mercurio, ponendo:

$$\delta + 2\Delta = D$$

potremo assumere $\Delta = 5$ mm, nel qual caso la legge di Jurin (1)

$$h\Delta = -7$$

determina per l'altezza media $h$ di cui si abbassa il menisco in una intercapedine $\Delta$, il valore 1,4 mm circa.

Converrà ad ogni modo munire il galleggiante in testa ed alla base di piccole alette di guida con lo scopo di rendere minima la superficie di contatto con le pareti e quindi l'attrito.

Rimane invece completamente libera la scelta del rapporto $\frac{D}{d}$ che rappresenterebbe il vantaggio di poter provocare una riduzione di ampiezza delle oscillazioni da misurare. Ciò comporterebbe però la necessità della esatta misura di detto rapporto, mentre è molto più pratico ricavare i due vasi da uno stesso tubo trafilato e ricorrere per la riduzione del movimento ai comuni riduttori meccanici.

Con tale disposizione, se nella (25) si pone:

$$1 - \left(\frac{\delta}{D}\right)^2 = 1 - \left(\frac{\delta}{\delta + 2\Delta}\right)^2 = \beta$$

risulta

$$\delta^2 = \frac{4F}{\pi \gamma_a S}(1 + \beta) \tag{27}$$

mentre dalla (26) si deduce

$$V = \frac{\pi}{4} \frac{\gamma_a}{\gamma_m} H (\delta + 2\Delta)^2 \tag{28}$$

e quindi

$$\frac{V}{H} = \frac{\pi}{4} \frac{\gamma_a}{\gamma_m} \left[ \sqrt{\frac{4F}{\pi \gamma_a S}(1 + \beta)} + 2\Delta \right]^2 \tag{29}$$

Questa ultima relazione permette di determinare il minimo volume per metro di escursione da misurare, con le condizioni di sensibilità $\frac{1}{S}$ e di sforzo iniziale massimo $F$ prefissato.

Occorre ancora tener presente che il galleggiante deve trasmettere il suo movimento sotto una certa tensione $T$ sufficiente a vincere la rigidità delle funicelle di trasmissione. Questa necessità, che determina il peso minimo del galleggiante, può portare a condizioni di instabilità nel galleggiante stesso rispetto alla posizione verticale. Sarà quindi necessario scegliere il rapporto fra il diametro e la lunghezza del galleggiante in modo che la condizione di verticalità risulti sempre soddisfatta.

La trattazione generale svolta è suscettibile di una notevole semplificazione se il liquido contenuto nei tubi è acqua. In tal caso, infatti, il volume di liquido necessario non ha alcuna importanza e i galleggianti, potendo essere di diametro abbastanza grande, corrisponderanno agevolmente alle condizioni di tensione e di verticalità.

Quello che importa è di valutare con buona approssimazione il valore dello sforzo $F$ e della tensione $T$. A tale scopo venne effettuato, presso le Officine di Stra del R. Magistrato alle Acque, una precisa determinazione dello sforzo $F$ che con un rapporto di riduzione 1 : 1 e con un galleggiante da 75 mm risultò, per un registratore di serie nuovo tipo R 225, di 13 grammi (pari a circa mm 3 di acqua) mentre la tensione $T$ venne assunta, a seconda dei due tipi di funicella usata (diametro di mm 0,25 o di mm 1,26) rispettivamente di 125 grammi e 250 grammi.

Durante il montaggio queste tensioni furono variate caso per caso con opportuna taratura dei contrappesi, in modo da ottenere, con i diversi rapporti di riduzione adottati, la massima sensibilità del galleggiante. Per i tubi manometrici ad acqua si usarono galleggianti da 75 mm costruiti dalle Officine di Stra per misure sulle acque freatiche; per i tubi a mercurio furono invece costruiti appositi galleggianti con diametro di mm 15 e di mm 20, proporzionati rispettivamente ad una $s = 6{,}24 \div 3{,}51$ millimetri di mercurio e rispettivamente ad una $S = 139 \div 77$ millimetri d'acqua.

I diametri dei tubi manometrici vennero di conseguenza assunti di mm 100 per il tipo ad acqua e di mm 25 e 32 per quelli a mercurio.

La sensibilità sperimentale è risultata in pieno accordo con quella calcolata.

La possibilità di rapide variazioni nel livello piezometrico consigliò di verificare anche la sensibilità dinamica del sistema. Ora, mentre il calcolo, necessariamente schematico, portava a valori non lontani da quelli della sensibilità statica, al lato pratico l'effetto dinamico risultò nullo per il tipo a mercurio e trascurabile per quello ad acqua.

Come abbiamo in precedenza osservato, le naturali pulsazioni del sifone portavano a continue oscillazioni nel livello piezometrico attorno ad un valore medio della pressione da misurare. Poteva quindi sorgere il dubbio che queste pulsazioni, sovrapponendosi a quelle proprie del sistema dei vasi comunicanti dessero luogo a perturbazioni nocive. Per eliminare questa causa di errore si impiegò per il collegamento fra i due vasi un tubo di diametro molto minore, provvisto di una strozzatura regolabile che permise, con pochi tentativi, di ottenere una resistenza sufficiente ad impedire il formarsi di oscillazioni proprie.

Infine il diametro dei tubetti di collegamento fra le prese di pressione e i tubi manometrici venne proporzionato in modo da trasmettere una data variazione di pressione nell'interno del sifone in un tempo sufficientemente piccolo (30"). Tenuto conto delle diverse lunghezze dei tubetti si adottò un diametro di mm 10 per i collegamenti soggetti a pressione (acqua) e di mm 5 per i collegamenti soggetti a depressione (aria).

c. d.

(1) PROF. GIULIO DE MARCHI: « Idraulica ». Pag. 11.

ING. ANGELO TESTA
DELL'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE

# Sul problema tecnico-economico delle utilizzazioni idroelettriche in Italia (1)

1. – PREMESSE.

Lo studio di un piano di utilizzazione idroelettrica, relativo ad un bacino idrografico anche di limitata estensione, è notoriamente tanto vasto e complesso ed implica la risoluzione di problemi tecnici ed economici così numerosi e diversi da caso a caso (e i casi che le situazioni pratiche comportano sono di per sè innumerevoli), che non occorrono certamente molte parole per dimostrare come la presente relazione non possa nè intenda avere, neppure lontanamente, la pretesa di trattare compiutamente la questione in oggetto.

Lo scopo che mi propongo nell'affrontare l'ardito e seducente tema è questo: illustrare e giustificare, per quanto possibile elementarmente, i criteri informativi di grande massima che, allo stato attuale della tecnica e in condizioni economiche normali, dovrebbero generalmente presiedere allo studio e alla scelta dei piani di utilizzazione idraulica a scopo industriale; ed accennare ai principali fattori che possono maggiormente influire sullo sviluppo e sugli orientamenti futuri dell'utilizzazione delle nostre risorse idriche.

È quasi superfluo aggiungere che, per la sua stessa natura, la presente nota è principalmente destinata a quei tecnici, non specializzati nelle costruzioni idroelettriche, che pure hanno qualche interesse a conoscere nelle loro linee fondamentali i problemi che a tali costruzioni si connettono.

2. – IL CONSUMO E LE DISPONIBILITÀ.

Le principali condizioni che debbono essere poste a base dello studio e dello sviluppo delle utilizzazioni idroelettriche scaturiscono in primo luogo dall'esame comparativo del consumo di energia, quale risulta dai bisogni del paese, e delle disponibilità idriche sulle quali questo può contare; consumo e disponibilità debbono essere considerati, naturalmente, nei riguardi sia della loro entità, che delle rispettive variazioni nel tempo e nello spazio.

La produzione complessiva di energia elettrica in Italia (= consumo effettivo + perdite di trasformazione e di trasporto) è aumentata, dal 1925 al 1931, da 7500 a 11 000 milioni circa di kWh annui, con incrementi particolarmente elevati tra il 1925 e il 1928. Nell'ultimo triennio la produzione complessiva annuale è rimasta pressochè invariata a causa della crisi economica i cui effetti sono a tutti ben noti. Poichè, tuttavia, è legittimo pensare ad un ritorno più o meno prossimo alle condizioni normali di attività industriale e commerciale, è evidente che, col naturale sviluppo dei bisogni civili e industriali del paese, la richiesta di energia dovrà inevitabilmente riprendere la sua ascesa, sia pure con ritmo meno accelerato di quello verificatosi negli anni anzidetti.

Di fronte agli 11 miliardi di kWh attualmente consumati in Italia, stanno da 20 a 30 miliardi circa di kWh ancora industrialmente ritraibili dai nostri bacini idrografici.

Tale riserva di energia idroelettrica, tradotta in tonnellate di carbone (in ragione di 0,7 kg per kWh) corrisponde a poco più del quantitativo di combustibile attualmente consumato in Italia (1).

Se si riflette inoltre che le disponibilità idriche italiane, riferite alla popolazione, occupano, nel quadro delle analoghe disponibilità dei principali paesi europei, il 14° o il 15° posto circa, appare evidente come la nostra dotazione naturale di energia sia da ritenersi tutt'altro che notevole, sia in valore assoluto (rispetto al possibile fabbisogno futuro del paese) che in valore relativo (rispetto alle disponibilità di altri paesi dotati anche di grandi riserve naturali di combustibili). Ne consegue che, nell'interesse attuale e futuro della Nazione, è anzitutto doveroso *tendere* allo sfruttamento *completo e razionale* delle nostre risorse idriche *industrialmente utilizzabili*, onde poter mettere a disposizione dei consumatori la maggior quantità possibile di energia al minor costo possibile.

Occorre però avvertire sin d'ora che questa condizione di minimo costo è praticamente subordinata a quella del migliore adattamento possibile delle disponibilità ai consumi.

È notorio che la *potenza* (o carico) richiesta dai consumatori varia, in ogni zona di distribuzione, con una certa periodicità,

(1) Relazione presentata al VI Congresso Nazionale delle Acque, indetto dalla Associazione Idrotecnica Italiana, dal 29 al 31 maggio 1932 anno X, in Cremona.

(1) Questa circostanza sta a dimostrare in certo modo che la quantità di energia idroelettrica ancora disponibile non può ritenersi affatto notevole in valore assoluto. Il fatto però che essa equivalga, come ordine di grandezza, alla quantità di carbone oggi consumata in Italia, non autorizza a credere che l'energia idroelettrica producibile possa consentire di eliminare, in futuro, le attuali importazioni di combustibile. Infatti — come risulta dalle statistiche citate dal Prof. Mortara nelle sue « Prospettive economiche » del 1932 — il nostro consumo medio annuo di carbone fossile (ragguagliato al litantrace) sarebbe così ripartito fra i diversi usi: da 3,2 a 3,4 milioni di tonn per la trazione a vapore; circa 2 milioni di tonn per la produzione del gas e del coke; da 2 a 2,5 milioni di tonn per le industrie metallurgiche; circa 1,5 milioni di tonn per le industrie del materiale per i lavori edilizi e stradali; da 3 a 3,5 milioni di tonn per industrie trasformatrici diverse; il resto ($1 \div 1,2$ milioni di tonn) per rifornimento di piroscafi in servizio di cabotaggio, per usi domestici e per centrali termiche.

Ora è evidente che, all'infuori della trazione, quasi nessuno degli altri usi sopra specificati comporta la sostituzione dell'energia idroelettrica al carbone. Una sensibile diminuzione nel consumo di carbone destinato a tali usi non potrebbe derivare che da una limitazione della produzione delle rispettive industrie; il che sarebbe da considerarsi piuttosto come un sintomo di regresso, anzichè di progresso economico.

senza presentare tuttavia cicli identici fra loro in periodi successivi.

Tale variazione periodica comprende tre cicli fondamentali: uno giornaliero, uno settimanale ed uno annuale.

Il ciclo di variazione giornaliero e quello annuale sono i più importanti agli effetti dei problemi in oggetto; essi presentano andamenti sensibilmente diversi da regione a regione, in rap-

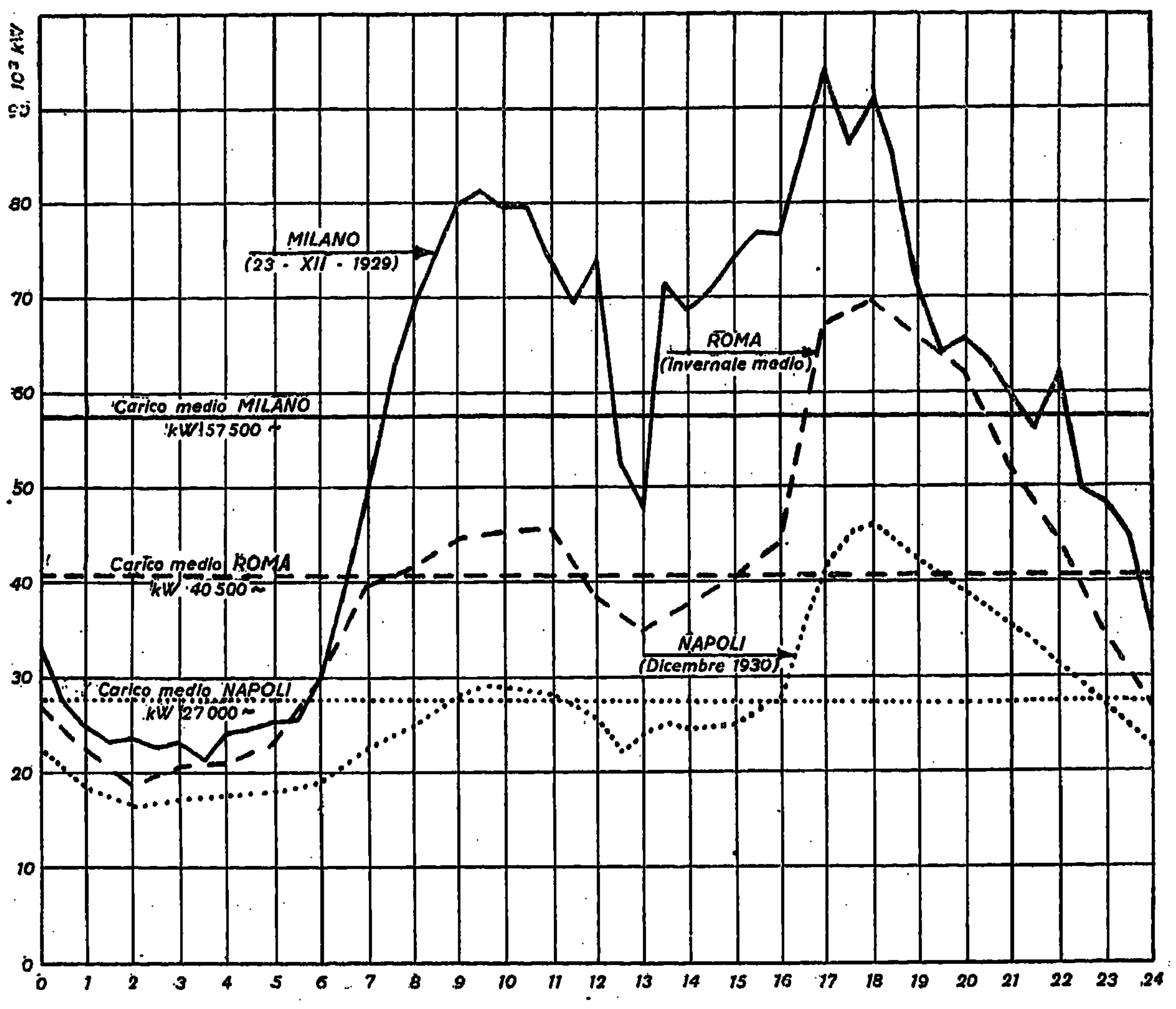



Fig. 1.

porto alle diverse applicazioni ivi predominanti e alla latitudine (che ha sensibile influenza sull'orario di illuminazione e quindi sulla cosidetta « punta luce » la quale, sovrapponendosi spesso al carico richiesto dalle applicazioni industriali, determina una delle accidentalità più marcate del diagramma giornaliero di carico). Il ciclo settimanale presenta una depressione caratteristica in corrispondenza dei giorni festivi e del sabato, nei quali la maggior parte delle attività restano interrotte.

Nella fig. 1 sono riportati tre diagrammi giornalieri di carico relativi alle città di Milano, Roma e Napoli.

Come si vede, l'erogazione delle potenze più elevate ha luogo nelle ore diurne e serali, mentre, durante la notte e nelle ore meridiane, la potenza richiesta diminuisce sensibilmente.

La potenza massima, poi, viene utilizzata in generale per brevissimo tempo.

Pur sorvolando sull'analisi particolareggiata dei fattori che concorrono a determinare la forma di un diagramma di carico giornaliero, si può notare che, in rapporto alle normali necessità di lavoro e alle consuetudini di vita civile della clientela, la maggior parte dell'energia viene impiegata nelle ore lavorative diurne e in quelle mattutine e serali. È ovvio quindi che, appunto a cagione di questa diversità di richiesta, si debba attribuire ai servizi diurni un *valore più elevato* che a quelli notturni. D'altra parte, però, le variazioni diurne della richiesta comportano, per l'industria elettrica, impegni e difficoltà tanto più gravi quanto più marcate sono le differenze fra le potenze massima e minima richieste e quella media.

Infatti, le centrali e gli impianti di distribuzione debbono essere commisurati, nelle varie loro parti, in modo tale da poter far fronte alla potenza massima che può essere richiesta dalla clientela in un istante qualsiasi; e siccome l'onere complessivo a carico della produzione di un impianto è tanto più grave, a parità di energia erogata, quanto minore è l'utilizzazione della sua potenza massima, risulta evidente come, coll'accentuarsi delle predette variazioni, debba aumentare il *costo* dell'energia erogata.

I rapporti fra le potenze medie e quelle massime dei diagrammi riportati sono rispettivamente: 0,608 per Milano, 0,584 per Roma e 0,587 per Napoli.

Ciò significa anche che le potenze massime erogate nelle predette città, coi diagrammi considerati, hanno rispettivamente una durata fittizia di utilizzazione di 14,5, 14 e 14,1 ore su 24.

Si può ritenere che, in Italia, il rapporto fra carico medio e carico massimo giornaliero presenti un valore medio di 0,58 nei mesi invernali e di 0,67 in quelli estivi (1).

Le variazioni giornaliere della potenza richiesta possono essere attenuate in diversi modi, i principali dei quali sono i seguenti:

1) Allacciamento di vaste zone comprendenti servizi diversi e opportunamente sfasati nel tempo. Questo provvedimento è stato già da tempo adottato in Italia, dall'industria elettrica nazionale, con una larghezza di vedute e di mezzi che non trova quasi riscontro negli altri paesi civili del mondo.

2) Vincoli speciali di fornitura, come limitazioni d'orario, limitazioni di potenza erogabile ecc. Tale sistema, che porta sempre a particolari costrizioni per la clientela, viene da noi generalmente limitato alle forniture di energia per uso elettrochimico, o per servizi di limitato valore.

In alcuni paesi, come la Svizzera, ove prevale la produzione con impianti idroelettrici ad acqua fluente senza capacità di invaso, sono stati escogitati e favoriti altri sistemi che da noi non hanno ancora trovato larga applicazione, sia perchè i bacini italiani sinora sfruttati hanno sempre consentito di far fronte alle variazioni diurne dei carichi con mezzi non eccessivamente costosi, sia per il fatto che tali sistemi tenderebbero a impegnare quantitativi più o meno grandi di energia per servizi di secondaria importanza e quindi di limitato valore per la stessa clientela.

Ho accennato anche al ciclo di variazione annuale del consumo. Come risulta dalla fig. 2, tale variazione, per le diverse parti d'Italia, non è così accentuata da preoccupare per l'entità delle sue escursioni estreme; essa da luogo invece a difficoltà e ad oneri non indifferenti, per la nostra industria idroelettrica, in quanto, come si vedrà tosto, ha un andamento affatto indipendente e spesso contrastante con quello delle *disponibilità* idriche.

***

I regimi idrologici dei nostri corsi d'acqua sono, come è ben noto, estremamente variabili da regione a regione, da bacino a bacino e, per uno stesso bacino fluviale, dalle zone più elevate a quelle inferiori. Inoltre sono pure variabili, da un anno all'altro, l'entità e la distribuzione delle portate in una stessa sezione di un dato corso d'acqua.

Data la specifica competenza nel campo idrologico dei tecnici

(1) ING. O. GHETTI: *Rapporto presentato al III Congresso di Bruxelles dell'U.N.I.P.E.D.E.* Settembre 1930.

cui la presente relazione è destinata, è certamente superfluo indugiarsi sulla descrizione dei principali tipi di regimi che si incontrano passando successivamente dai bacini alpini a quelli

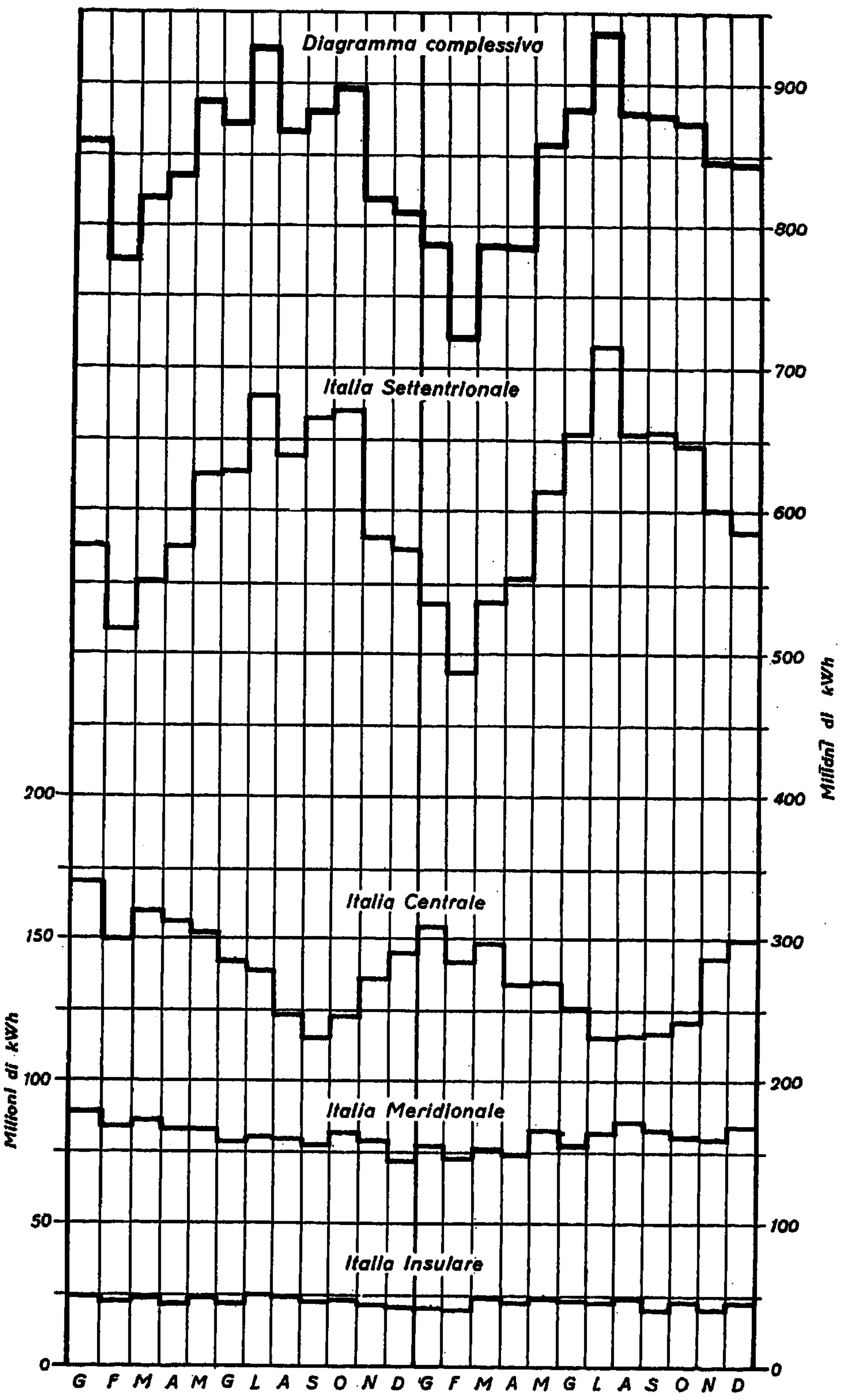



Fig. 2. - Andamento della produzione di energia negli anni 1930 e 1931.

appenninici settentrionali, centrali e meridionali, e infine ai bacini insulari. Mi sembra invece opportuno riassumere nei punti seguenti e commentare, sia pure brevemente, quelle circostanze che hanno un'influenza preponderante sull'impostazione e sulla risoluzione del problema dell'adattamento delle disponibilità ai diagrammi di consumo (annuali, settimanali e giornalieri).

1) Il diagramma annuale delle portate di un corso d'acqua naturale presenta oscillazioni spesso notevoli, di ordine ben maggiore di quelle che si possono riscontrare in un diagramma (annuale) di consumo.

Significativi a questo riguardo, sono i valori riportati nel prospetto I° i quali sono stati desunti dalle statistiche del Servizio Idrografico.

Le escursioni meno accentuate si riscontrano nei corsi d'acqua dell'Appennino centrale con bacini prevalentemente permeabili, ma anche in questi l'ampiezza dell'oscillazione annua è ancora sensibile.

La conseguenza di tale circostanza nei riguardi delle utilizzazioni idroelettriche è ovvia: in certi periodi dell'anno si avrà deficenza e in altri esuberanza d'acqua, rispetto al fabbisogno; quindi, per rendere industrialmente utilizzabili le risorse idriche di un bacino, occorrerà anzitutto provvedere alla compensazione stagionale delle portate (o delle potenze) disponibili, coi mezzi e con gli accorgimenti più economici che la natura e la tecnica consentono di adottare nei diversi casi. Tali provvedimenti consistono principalmente nella creazione di serbatoi stagionali e nella costruzione di grandi centrali termiche di integrazione.

2) I regimi idrologici di bacini diversi presentano talvolta andamenti tali da far pensare ad una possibile compensazione reciproca (*nel tempo*), mediante il collegamento elettrico dei rispettivi impianti di utilizzazione.

Tipici a questo riguardo sono i regimi dei corsi d'acqua alpini nei confronti di quelli dell'Appennino settentrionale. Mentre, infatti, i primi sono caratterizzati da morbide estive e da magre invernali, i secondi presentano magre estive e morbide autunno-invernali.

Però questo sfasamento, tanto lusinghiero in apparenza, è praticamente inefficace agli effetti dell'accennata compensazione, sia per la notevole sproporzione quantitativa che esiste fra le risorse alpine e quelle appenniniche, sia per la grande instabilità delle morbide autunno-invernali dei corsi d'acqua appenninici, rispetto alla permanenza semi assoluta (nella successione naturale dei tempi) delle magre invernali alpine.

Per convincersi di ciò basta considerare:

*a*) (1) che la quantità di energia *teoricamente* disponibile nei bacini dell'Appennino settentrionale (versanti nord e sud) sta a quella dei bacini alpini nel rapporto di 1 : 4,5, mentre le corrispondenti quantità di energia ritraibile, *indipendentemente dalle condizioni di tornaconto economico*, stanno fra loro nel rapporto di 1 : 8,5;

*b*) che, nei corsi d'acqua appenninici, le morbide autunno-invernali possono presentare, da un anno all'altro, sfasamenti anche di uno o più mesi e talvolta mancare, o per effetto di prolungata siccità, o per l'anticipo delle precipitazioni solide.

(1) INGG. MARINONI e TESTA: *Sulla probabile quantità di energia idroelettrica ritraibile dai bacini italiani.* Relazione presentata al II Congresso della UNFIEL, 1930.

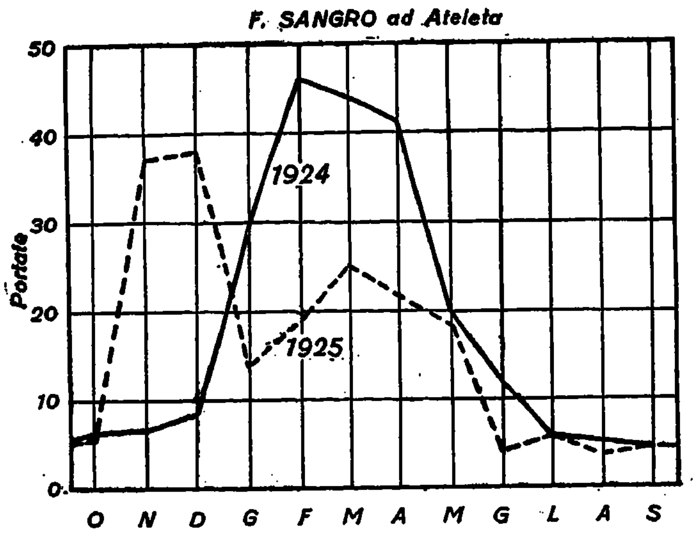
PROSPETTO I.

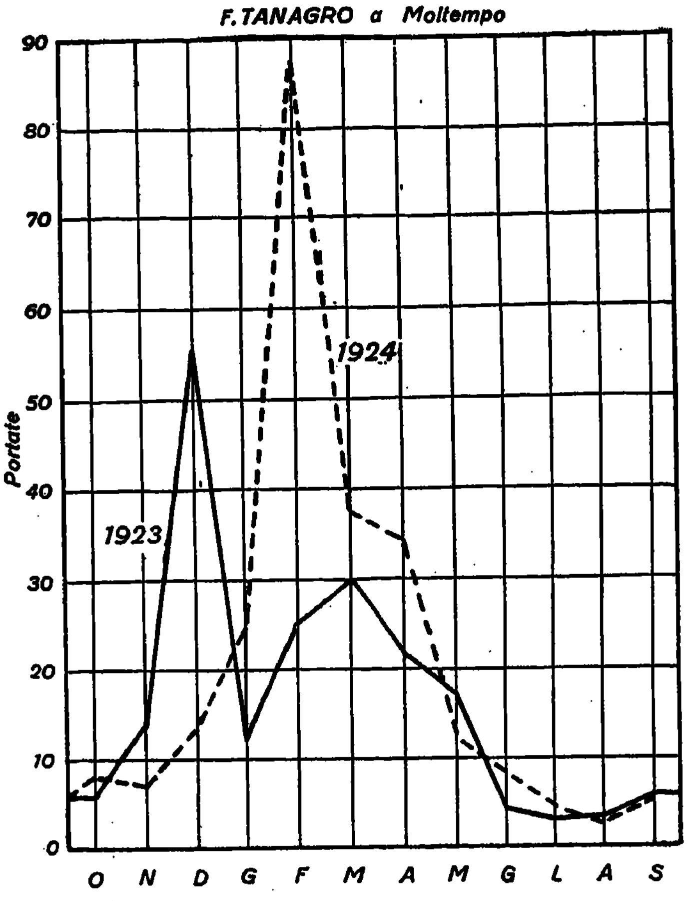
| CORSO D'ACQUA (e sezione) | Anno considerato | PORTATA in l/sec × kmq | | | | | RAPPORTI | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | media (I) | minima (II) | max. (III) | della durata di giorni 180 (IV) | della durata di giorni 90 (V) | I/II | I/III | III/II | IV/I | V/I |
| Adige *a Trento* | 1925 | 20,8 | 6,8 | 60,7 | 15,7 | 27,8 | 3,06 | 0,343 | 8,95 | 0,755 | 1,34 |
| Brenta *a Sarson* | 1925 | 39,8 | 13,3 | 164,4 | 30,4 | 46,9 | 2,99 | 0,242 | 12,35 | 0,765 | 1,18 |
| Mera *a Vicosoprano* | 1930 | 50,3 | 5,64 | 266,0 | 18,4 | — | 8,93 | 0,189 | 47,2 | 0,365 | — |
| Ticino *a Bellinzona* | 1926 | 58,2 | 13,1 | 493,0 | 28,0 | — | 4,45 | 0,118 | 37,6 | 0,482 | — |
| Reno *a Cosalecchio* | 1926 | 33,4 | 1,5 | 416,0 | 14,1 | 33,8 | 22,3 | 0,08 | 278,0 | 0,422 | 1,01 |
| Aniene *a Lunghezza* | 1927 | 25,4 | 13,9 | 154,8 | 21,6 | 27,8 | 1,83 | 0,164 | 11,1 | 0,85 | 1,095 |
| Tevere *a Passo S. Francesco* | 1927 | 12,7 | 5,3 | 63,1 | 9,0 | 14,8 | 2,395 | 0,201 | 11,9 | 0,71 | 1,165 |
| Tanagro *a Polla* | 1928 | 13,2 | 1,52 | 215,0 | 7,3 | 13,4 | 8,7 | 0,061 | 142,0 | 0,553 | 1,01 |
| Rifornitore Tirso | 1924 | 11,05 | 0,02 | 311,24 | — | — | 55,4 | 0,035 | — | — | — |

In ogni caso, anche nei bacini appenninici più elevati esiste sempre una magra invernale, più o meno pronunciata, che coincide in parte con quella alpina.

In definitiva, dunque, non è il caso di parlare di una vera *compensazione nel tempo* fra impianti alpini ed appenninici; ma bensì di integrazione delle deficenze appenniniche mediante le disponibilità alpine. E a tale integrazione mira appunto, principalmente, il collegamento degli impianti alpini con quelli appenninici.

3) Da un anno all'altro i deflussi di un corso d'acqua in una data sezione possono subire variazioni notevoli, sia per riguardo alla *intensità* che per riguardo alla *distribuzione* nel tempo. A questo proposito sono significativi i diagrammi della fig. 3, relativi ad alcuni



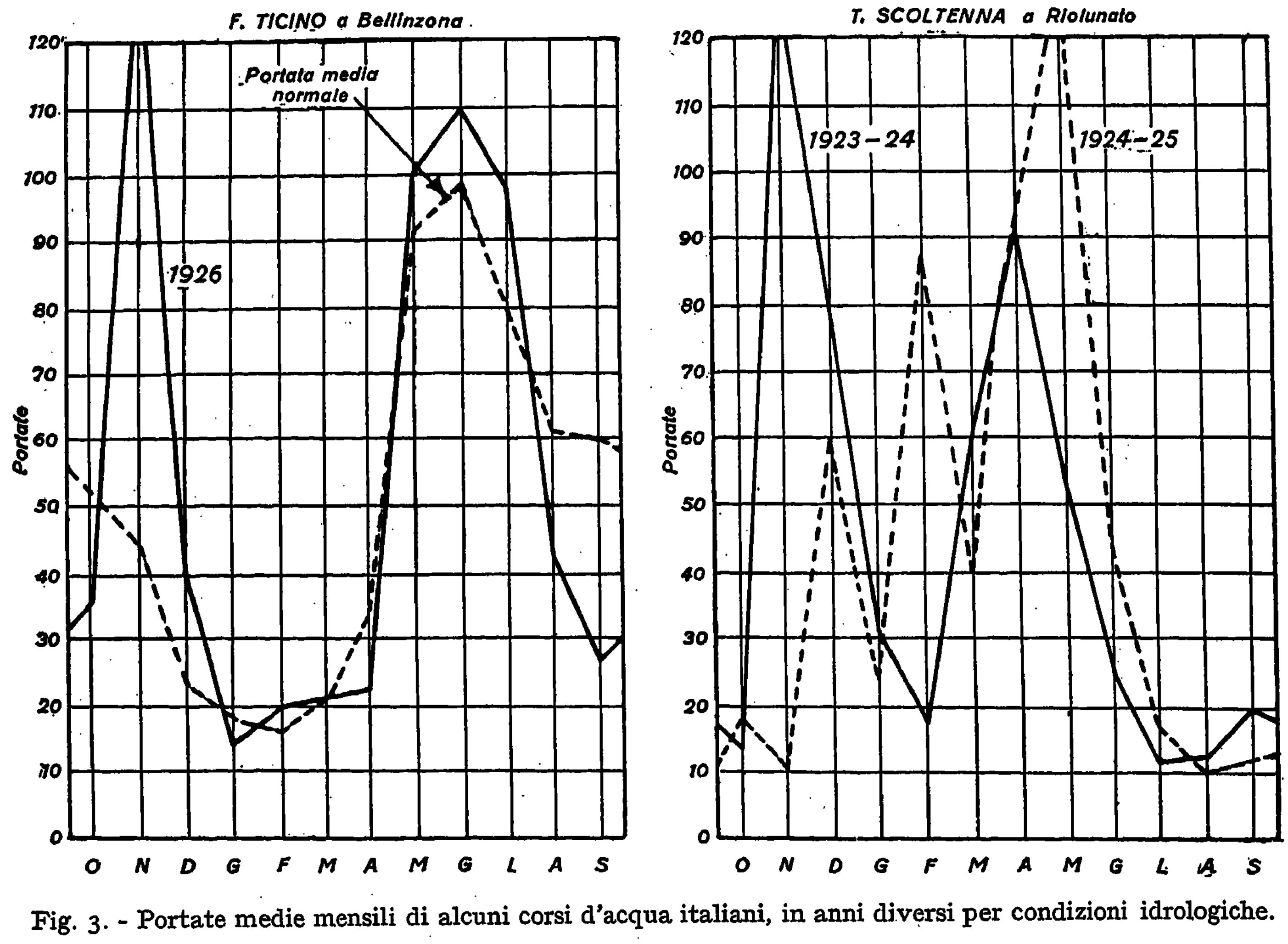




Fig. 3. - Portate medie mensili di alcuni corsi d'acqua italiani, in anni diversi per condizioni idrologiche.

corsi d'acqua alpini ed appenninici, che non sono nemmeno fra i più « variabili ».

Questa circostanza, che ha avuto ad esempio una manifestazione suggestiva nella memorabile siccità degli anni 1920 e 1921, è fra le più sfavorevoli alla utilizzazione delle risorse idrauliche. Essa aggrava infatti sensibilmente le condizioni di integrazione dianzi accennate, costringendo a costruire grandi centrali termiche che possano far fronte, non solo alle normali deficenze stagionali delle disponibilità idriche, ma anche a quelle annuali, o poliennali, derivanti da siccità o da anormale distribuzione dei deflussi (nel tempo) (1).

4) Le portate derivabili con un impianto nei diversi giorni dell'anno, pur potendo variare come si è detto da un giorno all'altro, ben difficilmente subiscono sensibili variazioni lungo il corso di uno stesso giorno (se si fa astrazione, beninteso, dal caso di piccoli bacini colpiti da temporali o nubifragi improvvisi). Le potenze richieste, invece, subiscono giornalmente delle oscillazioni relativamente ampie. Per questo fatto, è necessario disporre di serbatoi atti a concentrare l'erogazione delle portate (e quindi delle potenze) disponibili in modo da poter fronteggiare ogni giorno le variazioni del carico, con sufficiente larghezza.

Osservazioni analoghe valgono anche per le variazioni settimanali del consumo.

***

Risulta dalle considerazioni sin qui svolte che, per utilizzare in modo *completo* e *razionale* le risorse idriche di un bacino idrografico, non basta costruire una serie di impianti capaci di utilizzare, sotto un certo numero di salti opportunamente scelti, la maggior parte dei deflussi disponibili; ma è anche necessario dotare gli impianti stessi di capacità più o meno grandi di invaso atte a compensare, con le acque di morbida, le deficenze dei periodi di magra e a conferire al loro complesso quell'*elasticità* di funzionamento che permetta di rendere industrialmente utilizzabile (ossia collocabile) l'energia ritraibile. Nella maggior parte dei casi non basta neppure — o non conviene — sfruttare a tale scopo tutte le risorse naturali del bacino considerato, ed occorre allora collegare gli impianti idroelettrici progettati ad una rete nella quale sia inserita almeno una centrale termica capace di sopperire le loro deficenze.

Il problema delle utilizzazioni idroelettriche, così impostato, viene ad avere per dati: le condizioni topografiche, idrologiche e geomorfologiche del bacino considerato e i diagrammi approssimativi della richiesta o del servizio cui gli impianti previsti debbono presumibilmente far fronte; le incognite sono invece: l'energia producibile e le potenze sotto cui l'energia stessa è erogabile nel tempo. Il costo dell'energia, dipendendo dalle dimensioni delle varie parti degli impianti previsti, diventa fun-

(1) Cfr. pag. 521.

zione delle predette potenze. Per questa ragione, individuati due o più piani di utilizzazione, si può procedere alla loro scelta considerando come variabili indipendenti le quantità di energia producibili con i singoli impianti previsti e come variabili dipendenti le rispettive potenze massime (e quindi i costi di produzione).

facilmente tutte quelle singolarità morfologiche, geognostiche e idrografiche del bacino in esame che stabiliscono, in certo modo, dei punti fissi per il progetto, in quanto permettono di individuare le posizioni più adatte per la creazione di eventuali serbatoi, per l'impostazione di importanti opere di presa, per la captazione di sorgenti, per la posa delle condotte forzate, per

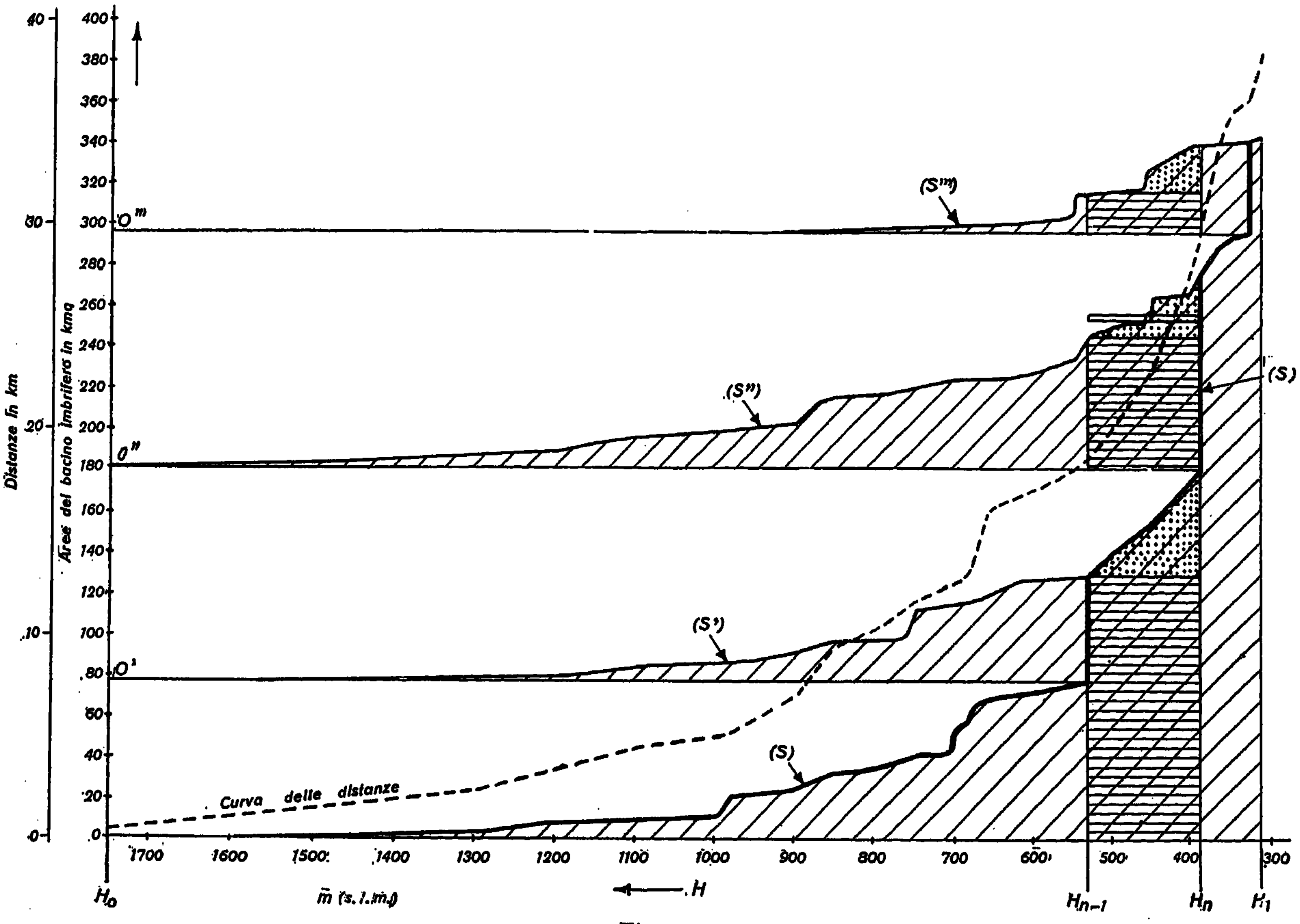



Fig 4.

La soluzione più favorevole, in linea di massima, sarà quella che concilierà meglio il *basso costo complessivo dell'energia producibile con la massima elasticità di erogazione* (o, in altre parole, adattabilità della produzione al consumo). S'intende che, in tal modo, la condizione del minimo costo dell'energia non potrà essere *assoluta* ma soltanto *relativa*.

Sarebbe tuttavia erroneo pensare che, a favore dell'accennata *elasticità di erogazione*, il costo dell'energia idroelettrica possa essere comunque elevato, poichè non bisogna dimenticare che gli impianti idroelettrici hanno ormai dei temibili concorrenti nelle turbine a vapore (per la produzione centralizzata) e nei motori Diesel (per la produzione frazionata).

***

Definito il problema nelle sue linee fondamentali, accennerò ai principali criteri tecnico-economici che permettono al progettista di trovarne, di volta in volta, le soluzioni più soddisfacenti.

3. – L'UTILIZZAZIONE RAZIONALE DEI BACINI IDROGRAFICI. – *Sull'impostazione di un piano di utilizzazione e sulla scelta dei salti utilizzabili.*

Lo studio di un piano di utilizzazione idroelettrica deve essere impostato anzitutto sull'esame dei caratteri geo-morfologici e idrografici generali dell'intero bacino interessato, dovendosi appunto procedere in base a tale esame alla scelta dei salti utilizzabili. Mediante accurati rilievi diretti si possono individuare il collocamento delle centrali ecc. come pure consentono di escludere a priori la possibilità o la convenienza di costruire opere di presa, di derivazione o di accumulazione in determinate zone, o troppo povere di acque o interessate da frane semoventi o da terreni troppo permeabili, ecc.

Già in questo primo esame è evidentemente implicito un grossolano criterio di tornaconto economico; ma esso è troppo soggettivo perchè possa ritenersi sufficiente per un giudizio, anche di massima, in merito alla più conveniente impostazione di un piano di utilizzazione.

Ciò spiega come, sin dal primo delinearsi del problema dell'utilizzazione integrale dei bacini idrografici, progettisti e tecnici eminenti, come il compianto Prof. Ganassini e il Prof. Giandotti, abbiano pensato di facilitare l'impostazione razionale dei progetti in questione, sintetizzando in speciali rappresentazioni grafiche i principali elementi idro-morfologici di un bacino idrografico.

Le più importanti di queste rappresentazioni ausiliarie sono, notoriamente, la *curva idrodinamica* (1) (del Prof. Ganassini e le *curve potenziali* (1) del Prof. Giandotti.

---

(1) Il valore idrodinamico (in m.km²), di un dato bacino, è rappresentato dall'integrale definito:

$$W = \int_{H_0}^{H_1} S \cdot d\,H \qquad \text{ove:}$$

$H_0$ e $H_1$ (in m s.l.d.m.) sono rispettivamente le quote della vetta più alta, da cui ha origine il bacino considerato, e della foce del corrispondente corso d'acqua; $S$ (in km²) rappresenta l'area del bacino sotteso dalla sezione di quota generica $H$ (sull'alveo).

Nella fig. 4 è riportata, come esempio, la curva idrodinamica di un bacino dell'Appennino settentrionale, insieme con quelle dei suoi principali bacini confluenti e con la curva delle distanze, la quale indica gli sviluppi del corso principale in funzione delle quote d'alveo.

Le due condizioni fondamentali, in certo senso antitetiche, che determinano la convenienza di un piano di utilizzazione, per riguardo alla suddivisione dei salti, si possono così riassumere:

*a*) La frazione utilizzata del valore idrodinamico del bacino deve essere la massima possibile.

*b*) L'energia disponibile deve essere utilizzata col minor numero possibile di centrali (in quanto, col diminuire del numero di queste e quindi col crescere delle rispettive potenze, diminuiscono generalmente il costo unitario della potenza ritraibile e le spese di esercizio e di manutenzione).

Agli effetti della condizione *a*) appare anzitutto evidente, dall'esame della curva idrodinamica di un bacino, come non convenga sottendere, con una derivazione, un tratto del corso d'acqua principale nel quale cada la confluenza di un bacino secondario di notevole importanza. I punti di confluenza si possono quindi considerare, in linea di massima, come dei nodi di separazione fra i principali tronchi utilizzabili con derivazioni distinte.

Dallo stesso esame si rileva pure l'opportunità di captare anche i contributi degli affluenti minori, sia facendoli convergere alla confluenza, sia allacciandoli lungo il percorso della derivazione principale, allo scopo di ridurre al minimo possibile lo scarto fra il valore idroninamico complessivamente utilizzato e quello disponibile.

Per ciò che concerne particolarmente la condizione *b*), le curve idrodinamiche mostrano, subordinatamente a quanto si è detto sopra, che la massima convenienza a ridurre il numero dei salti utilizzabili, prolungando i canali di derivazione ed aumentando le potenze delle singole centrali, sussiste per le parti più elevate del bacino, caratterizzate da aree limitate e da notevoli dislivelli; ma che tale convenienza diminuisce rapidamente col diminuire delle quote dell'alveo e quindi con l'aumentare via via più rapido del valore idrodinamico disponibile.

Infatti, nelle zone più basse di un bacino, aumentare il salto utile di una derivazione significa accrescere in modo notevole, sia la lunghezza del canale derivatore che lo scarto fra il valore idrodinamico utilizzabile e quello disponibile. Ciò equivale ad aumentare, da un lato, il costo dell'impianto in misura spesso non proporzionale all'energia producibile e, dall'altro, gli sperperi. Una volta individuati i tronchi del corso d'acqua che possono essere sottesi da derivazioni distinte, la curva idrodinamica, unitamente alle curve potenziali (di cui alla nota precedente), consente anche di stabilire facilmente, per ogni divisata sezione di presa (o di restituzione), la corrispondente sezione di restituzione (o rispettivamente di presa) che consente la migliore utilizzazione del valore idrodinamico disponibile nel tronco considerato.

È evidente come particolari condizioni o circostanze locali (quali ad esempio conche glaciali o lacuali utilizzabili come serbatoi, sorgenti, frane, terreni fessurati o permeabili ecc.) possano talvolta giustificare o imporre deviazioni più o meno pronunciate da tali regole.

Nel caso specifico di bacini prevalentemente permeabili, le curve idrodinamiche, così come sono state definite, non hanno alcun valore pratico. Ad esse però si possono sostituire altre curve analoghe aventi ancora per ascisse le quote d'alveo del corso d'acqua e per ordinate i deflussi normali disponibili alle diverse quote. Le considerazioni che si possono svolgere su tali curve coincidono praticamente con le precedenti.

A proposito ancora dell'accennata concentrazione dei salti nelle parti più elevate dei bacini (impermeabili), conviene ricordare un sistema di captazione già proposto in qualche progetto allo scopo di migliorare l'utilizzazione dei contributi di un vasto bacino montano sotteso da un'unica derivazione: *il canale di gronda*.

Questo sistema sembra sopratutto conveniente nel caso di vasti bacini di raccolta facilmente accessibili, costituiti da buoni terreni rocciosi e ricchi di precipitazioni. Ha però lo svantaggio di richiedere canali di sviluppo notevole, talvolta facilmente ostruibili o franabili e per i quali necessita in ogni caso una accurata e dispendiosa manutenzione. Esso è poi assolutamente sconsigliabile nel caso di piccoli bacini con scarse o troppo saltuarie precipitazioni e interessati da terreni poco consistenti, o franosi, o ricoperti da boschi cedui, le cui foglie, in autunno, possono ostruire facilmente il canale.

---

La rappresentazione grafica della funzione $S = f(H)$ dicesi curva *idrodinamica* del bacino (v. fig. 4). Essa ha per ascisse le quote comprese fra $H_0$ e $H_1$, in ordine decrescente dall'origine degli assi, e come ordinate i valori successivi di $S$ (km²) corrispondenti alle diverse quote. I rami di curva $S'$, $S''$ ecc., riferiti alle orizzontali $O'$, $O''$ ecc. corrispondono alle curve idrodinamiche degli affluenti del corso principale.

Il valore idrodinamico dell'intero bacino è dato, nella dovuta scala, dalla somma delle aree a tratteggio obliquo della fig. 4. Quello di una derivazione generica compresa fra le quote $H_{n-1}$ e $H_n$ utilizzante anche i contributi di eventuali affluenti, è dato invece dalla somma delle aree a tratteggio orizzontale. La somma delle aree punteggiate rappresenta infine quella parte del valore idrodinamico disponibile nel tratto interessato dalla prevista derivazione, che non può essere con questa utilizzata.

Ritenendo, come è generalmente lecito per i bacini impermeabili, il deflusso annuo utilizzabile proporzionale all'area del bacino sotteso da una derivazione, ed osservando che il salto disponibile è dello stesso ordine di grandezza del dislivello $H_{n-1} - H_n$, risulta che il valore idrodinamico di una derivazione rappresenta, a meno di un coefficiente di proporzionalità, l'energia annua teorica ritraibile dall'impianto. Da ciò consegue un chiaro e facile criterio per l'impostazione e l'esame critico di uno o più progetti relativi ad un dato bacino, in quanto, tenute in debito conto tutte le eccezioni o le riserve imposte da particolari condizioni topografiche, geognostiche e idrologiche del bacino in esame, a parità di ogni altra condizione, una utilizzazione sarà tanto più razionale e completa quanto minore sarà la parte che resta inutilizzata del valore idrodinamico disponibile.

Le curve idrodinamiche si costruiscono facilmente con l'aiuto delle carte 1:25 000, 1:50 000 ed anche 1:100 000 dell'Istituto geografico militare.

Una curva idrodinamica può vantaggiosamente completarsi con l'aggiunta della curva $L = \varphi(H)$ degli sviluppi del corso d'acqua principale in funzione delle quote d'alveo.

Un ulteriore completamento delle rappresentazioni idrodinamiche relative ad un dato bacino si può conseguire con il tracciamento delle curve potenziali, relative ai diversi settori del bacino che possono essere sottesi da derivazioni singole.

Tali curve permettono di risolvere i seguenti quesiti:

1) Data l'ubicazione di una centrale (o di una presa) quale è la posizione della corrispondente presa d'acqua (o rispettivamente della centrale) che consente il massimo della energia producibile con la derivazione prevista?

2) Data l'ubicazione di una centrale e l'energia che si vuole da essa ricavare, quali sono i punti di presa atti a fornire l'energia stessa?

A tale scopo, fissato il tratto della curva idrodinamica che si riferisce al settore in oggetto e prendendo come origine degli assi il punto di ascissa $H_1$ corrispondente alla sezione prevista per la restituzione o per la presa delle acque, basta costruire la curva $P = S.h$ avente per ascisse le quote $H$ (a partire dalla $H_1$ verso sinistra o verso destra a seconda che è data la sezione di restituzione o quella di presa) e per ordinate i prodotti $S.h = S\,(\pm H \mp H_1)$ in cui i valori corrispondenti di $S$ ed $H$ sono fra loro legati dalla curva idrodinamica $S = f(H)$. Il valore di una ordinata generica (di ascissa $H_n$) della curva $P$ così tracciata è proporzionale alla quantità di energia ritraibile da una derivazione avente la restituzione (o la presa) alla quota $H_1$ e la presa (o rispettivamente la restituzione) alla quota $H_n$.

In base alla considerazione dei massimi (assoluti o relativi) delle curve $P$, come pure dei punti di uguale ordinata, è possibile in ogni caso risolvere con estrema facilità i quesiti sopraaccennati.

Naturalmente, ai risultati ottenibili in questo modo non si può dare in pratica un peso eccessivo in quanto, mentre essi servono ottimamente ad orientare il progettista nello studio di un piano di utilizzazione, non possono sempre dare soluzioni compatibili con le reali condizioni geomorfologiche ed idrologiche delle sezioni considerate.

*Sulla scelta delle portate derivabili.*

Dopo aver individuate le singole derivazioni che consentono, presumibilmente, lo sfruttamento più razionale delle risorse naturali idriche e morfologiche di un bacino, occorre in primo luogo stabilire i diagrammi delle portate disponibili (1) ad ogni divisata sezione di presa, facendo riferimento a periodi di almeno quattro o cinque, ma preferibilmente di 10 a 30 anni. La successiva scelta delle portate derivabili resta facilitata dall'uso delle cosidette curve *caratteristiche di utilizzazione*, desumibili dai diagrammi delle portate, mediante integrazione dei medesimi rispetto alle ordinate (2).

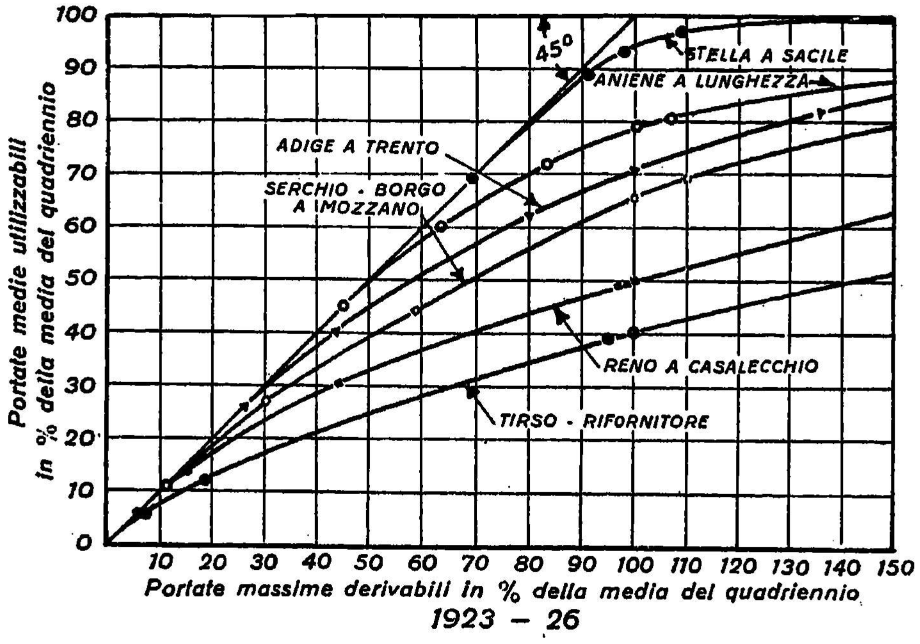



Fig. 5.

Ma per stabilire la portata massima derivabile (1) più conveniente, per una data derivazione, occorre seguire dei criteri più o meno complessi che variano, generalmente, da caso a caso.

In linea teorica sorgerebbe spontanea l'idea di scegliere ogni volta, come portata massima derivabile, quella che rende minimo il costo di produzione dell'energia. Si deve però notare anzitutto, a questo proposito, che tale minimo, il quale dipende dalla forma della curva caratteristica e di quella che dà, sia pure con larga approssimazione, il costo dell'impianto in funzione della portata derivabile, non esiste sempre, specialmente

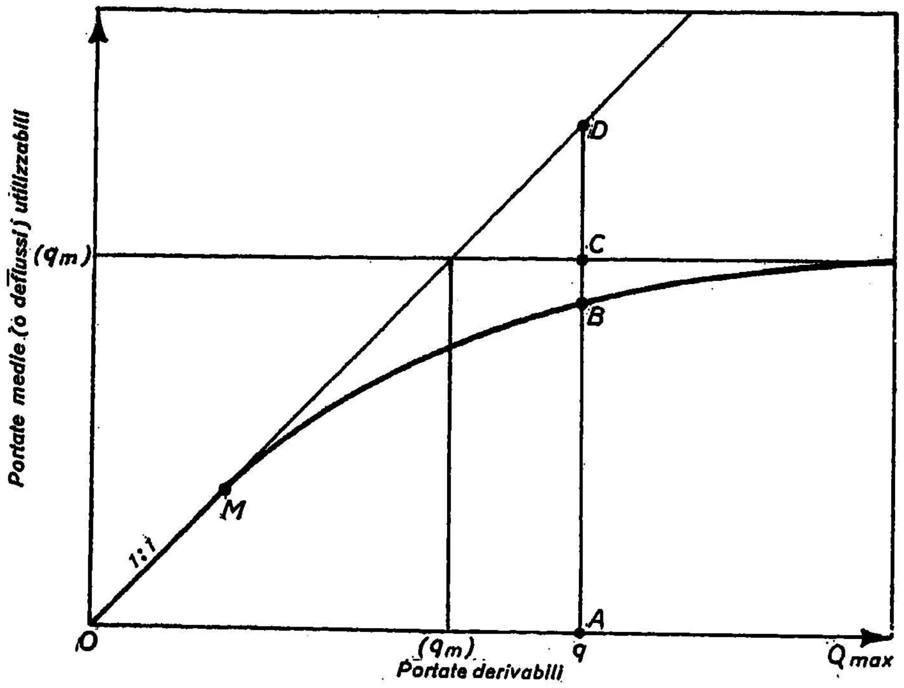



Fig. 5 *bis*.

se si considerano campi molto estesi di variabilità per la portata derivabile. D'altronde, anche quando il minimo anzi detto esista, può darsi che la portata derivabile corrispondente consenta una utilizzazione così limitata dei deflussi disponibili, da dover essere scartata ai fini della più completa utilizzazione delle risorse stesse.

Il criterio accennato può invece tornare opportuno nel caso di impianti isolati, adibiti a particolari usi industriali per i quali interessi sopratutto avere una produzione di energia per quanto possibile uniforme e al minimo costo possibile. In questi casi, infatti, si può già limitare a priori il campo di variabilità della portata derivabile in modo che la ricerca del minimo costo risulti notevolmente semplificata e possa portare a risultati concreti ed attendibili. Ma nel caso più generale, di impianti allacciati a reti di connessione molto estese e comprendenti impianti di integrazione (termici o idraulici), la valutazione in oggetto deve essere fatta in base ad una condizione di massimo *tornaconto industriale* che non sempre, anzi raramente, coincide con quella semplice del minimo costo assoluto di produzione. A tale scopo occorre sopratutto tenere ben presenti i seguenti elementi fondamentali: caratteristiche generali dell'impianto; natura e regime del corso d'acqua; mezzi e possibilità di integrazione stagionale; condizioni contingenti e prevedibili del mercato dell'energia.

Per quanto concerne le caratteristiche degli impianti conviene

Nella fig. 5 sono riportate le curve caratteristiche (naturali) relative ad alcuni bacini tipici di diverse regioni, aventi per ascisse le portate (medie giornaliere) disponibili alle sezioni considerate e per ordinate le portate medie (o i deflussi) utilizzabili con derivazioni commisurate alle diverse portate anzidette.

Per facilitare i confronti, le portate, sia disponibili (o derivabili) che utilizzabili, sono state espresse in % delle medie disponibili nei periodi considerati.

Tenendo presente che, agli effetti delle utilizzazioni idroelettriche, una situazione idrologica è tanto più favorevole quanto più la corrispondente curva caratteristica si accosta alla retta a 45° uscente dall'origine degli assi, è facile rilevare, dalla fig. 5, come le situazioni considerate vadano gradatamente peggiorando, nel senso ora precisato, dai bacini prevalentemente permeabili (caratterizzati da fenomeni sorgentizi, come quello dello Stella) ai bacini dell'Appennino settentrionale e delle isole.

Le curve caratteristiche in oggetto permettono di individuare tutti i possibili modi nei quali può essere attuata la utilizzazione (senza grandi serbatoi e indipendentemente da eventuali concentrazioni diurne di erogazione) di determinate situazioni idrologiche, variando le dimensioni e la capacità delle opere di derivazione.

(1) Nello stabilire le portate disponibili alle singole sezioni di presa si deve tener conto anche delle eventuali ripercussioni di serbatoi stagionali esistenti a monte delle sezioni stesse. Perciò, nel caso che siano previsti serbatoi di grande capacità si dovrà dare la precedenza allo studio idrografico dei medesimi in rapporto alla funzione specifica che viene loro assegnata.

(2) Intercettando una curva caratteristica generica (fig. 5 *bis*) con una verticale $A\ B\ C\ D$, di ascissa $q$, il segmento $A\ B$ corrisponde al deflusso utilizzabile (o alla portata media utilizzabile) con un impianto senza serbatoio commisurato alla portata $q$; il segmento $B\ C$ corrisponde alla parte del deflusso disponibile che resterebbe inutilizzata senza serbatoi; il segmento $B\ D$ al volume totale d'acqua (da non confondersi con la capacità di serbatoio) che occorrerebbe per rendere continua la portata $q$ durante l'intero periodo considerato, e il segmento $C\ D$ al volume d'acqua che dovrebbe essere attinto ad un bacino diverso da quello in esame per poter mantenere costante la portata $q$ durante lo stesso periodo.

(1) La portata *massima derivabile* con un impianto è la portata giornaliera che può essere derivata dal corso d'acqua che alimenta la derivazione, indipendentemente da qualsiasi regolazione diurna. Essa coincide con quella massima effettivamente utilizzabile in centrale (ossia smaltibile dai motori primi idraulici) solo nel caso di un impianto che debba coprire un diagramma di carico uniforme. Nel caso più generale, invece, di impianti con regolazione diurna, la portata *massima derivabile* corrisponde alla *media giornaliera* più elevata delle portate erogabili in centrale nei periodi in cui essa è disponibile alla presa, e si mantiene sempre minore di quella massima erogabile in centrale negli stessi periodi.

Della determinazione delle portate massime erogabili in centrale tratterò più avanti.

anzitutto distinguere quelli ad acqua fluente (senza capacità diurne di invaso) con piccolo salto, da quelli a medio e ad alto salto con capacità diurne. Per i primi impianti non conviene generalmente derivare portate superiori a quelle della durata di 240 a 300 giorni su 365; gli altri, invece, possono commisurarsi a portate della durata (non continua) di 200 a 150 giorni, in modo da poter utilizzare, in media, dal 40 all'80 % circa del deflusso disponibile, nei bacini alpini e dell'Appennino centrale e dal 20 al 50 % circa dello stesso deflusso, negli altri bacini meno favorevoli degli Appennini e delle isole.

A parità di tutte le altre condizioni, la portata derivabile può essere tanto più elevata (e quindi di minor durata) quanto maggiori sono le capacità di invaso diurne realizzabili, quanto più regolare è il regime del corso d'acqua e quanto meno variabile è da anno ad anno la distribuzione delle portate disponibili.

Nel caso specifico di bacini permeabili, caratterizzati da notevoli fenomeni sorgentizi, la portata derivabile con impianti muniti di serbatoi diurni può anche uguagliarsi a quella della durata di 120 a 90 giorni su 365.

Nel caso invece dei bacini appenninici impermeabili e di quelli insulari conviene in generale non oltrepassare la portata della durata di 180 giorni, a causa, sia dell'estremo frazionamento delle durate parziali delle portate più elevate, sia della grande variabilità da anno ad anno della distribuzione delle portate stesse.

Sono poi da scartarsi, salvo casi specifici, quelle derivazioni senza serbatoi stagionali che non consentono di utilizzare, con portate della durata di 180 giorni, almeno il 10÷20% dei deflussi disponibili.

La possibilità di integrare l'energia discontinua ritraibile da un impianto senza serbatoio stagionale, mediante altra energia termica o idraulica (di serbatoi) producibile a buon mercato e disponibile in quantità sufficiente, può rendere talvolta conveniente la scelta di una portata derivabile elevata anche là dove altre circostanze tenderebbero a limitarne il valore. Per questa ragione, la diminuzione del costo dell'energia termica prodotta con le grandi centrali moderne, può considerarsi, almeno sino ad un certo punto, favorevole alla più completa utilizzazione delle nostre risorse idriche.

Non bisogna dimenticare, però, che l'energia idrica discontinua avrà sempre un valore industriale assai minore di quella termica di integrazione, poichè, come si è già accennato, le disponibilità idriche possono presentare,da un anno all'altro, variazioni quantitative e qualitative spesso sfavorevoli, e tanto più sensibili quanto maggiori sono le portate derivate. Perciò il costo dell'energia idrica discontinua (comprese le spese di trasporto ai principali centri di distribuzione) dovrà sempre mantenersi inferiore a quello dell'energia termica di integrazione. D'altra parte, affinchè le centrali termiche (di integrazione) possano essere convenientemente utilizzate, è necessario che il carico ad esse affidato non sia molto variabile. Queste circostanze, col diminuire del costo dell'energia termica, tendono evidentemente a neutralizzare i benefici dianzi accennati a proposito della migliore utilizzazione dei deflussi disponibili poichè, oltre ad imporre un limite per il costo dell'energia idrica, costringono ad addossare agli impianti idraulici gli oneri delle regolazioni diurne, i quali aumentano coll'aumentare della portata derivabile.

Dall'attenta considerazione delle circostanze e degli elementi sopra accennati, si deduce ancora che la convenienza di aumentare la portata derivabile di una derivazione senza serbatoi, in rapporto alla disponibilità di energia di integrazione a basso costo, resta praticamente limitata a quelle situazioni che sono caratterizzate da una distribuzione annuale delle portate poco variabile da un anno all'altro, (come avviene ad esempio nel caso dei corsi d'acqua alpini o degli Appennini centrali con bacini prevalentemente permeabili).

Volendo dunque fare qualche previsione in merito all'influenza che potrà esercitare, in un futuro prossimo, l'eventuale ulteriore diminuzione del costo dell'energia termica (prodotta col vapore) sull'utilizzazione delle nostre risorse idrauliche (non regolate) credo si possa obiettivamente affermare che, col diminuire del predetto costo, resterà favorita l'utilizzazione integrale delle risorse più convenienti (sia in rapporto ai caratteri idrologici, che per riguardo alle caratteristiche costruttive degli impianti), capaci di fornire il kWh idrico ad un prezzo inferiore a quello del kWh termico; mentre resteranno maggiormente ostacolate le utilizzazioni meno convenienti.

Comunque, per le singole derivazioni senza serbatoi stagionali, ben difficilmente si potranno superare, con le portate massime derivabili, i limiti superiori testè citati. Tutt'al più, le derivazioni che si trovano nelle migliori condizioni idrologiche potranno venire preferibilmente commisurate alle portate della durata di 150÷120 giorni anzichè a quelle di 180÷150 giorni, come si è generalmente fatto negli ultimi anni.

Per quanto concerne l'influenza delle condizioni contingenti o prevedibili del mercato dell'energia, ben poco si può dire in linea generale.

Tutt'al più si può osservare, ovviamente, che una tendenza alla diminuzione dei prezzi dell'energia, come pure la contrazione o lo sviluppo di determinate specie di consumi, o l'attitudine di determinate zone ad assorbire energia prevalentemente estiva od invernale ecc. possono influire, non sempre favorevolmente e in modi diversi e determinabili solo caso per caso, sui criteri di scelta dianzi accennati e sullo sviluppo dell'utilizzazione delle nostre risorse idriche.

***

Quanto si è detto sinora a proposito delle portate derivabili vale in massima parte per le derivazioni senza serbatoi o provviste di piccole capacità di invaso per la regolazione diurna o settimanale delle portate erogabili.

Quando un impianto è sussidiato, invece, da un serbatoio di grande capacità occorre tener conto che le portate derivabili possono riuscire assai diverse da quelle che arrivano al serbatoio e che sarebbero naturalmente disponibili nel corso d'acqua se il serbatoio non esistesse, poichè le erogazioni dipendono anche dal gioco degli invasi e degli svasi, al quale viene sottoposto il serbatoio stesso. Ora, per una data capacità di ritenuta, è sempre possibile determinare il diagramma delle portate da essa erogabili (con regime continuo nelle 24 ore di ciascun giorno) (1) quando sia assegnata la funzione specifica del serbatoio.

Stabilite quindi, in via di massima, la capacità del serbatoio previsto e la sua funzione, è sempre possibile sostituire al diagramma naturale delle portate disponibili una nuova successione di portate (medie giornaliere) alla quale corrisponderà una nuova curva caratteristica (vedi fig. 6), con andamento tanto più favorevole quanto maggiore è la capacità di invaso disponibile.

Su tale curva caratteristica si possono svolgere considerazioni analoghe a quelle prima accennate, per le curve caratteristiche naturali, allorchè il serbatoio sia adibito alla regolazione annuale o poliennale (totale o parziale) delle portate disponibili.

In tal caso la portata massima derivabile sarà tanto più prossima alla media annua naturalmente disponibile, quanto maggiore sarà la capacità di invaso; ma potrà anche superare detto valore medio.

Se invece il serbatoio deve erogare solo nei periodi di magra le acque immagazzinate durante le morbide (erogazione stagionale), oppure se è destinato a *regolare* un bacino più esteso di quello dominato dallo sbarramento, allora le opere di deriva-

(1) Le concentrazioni diurne di erogazione verranno successivamente determinate in base al diagramma di carico diurno cui l'impianto con serbatoio è chiamato a sopperire. Di questa determinazione mi occuperò più avanti.

zione dovranno consentire (indipendentemente dalle eventuali regolazioni diurne) l'erogazione della portata massima che permette di utilizzare nei periodi prefissati l'intero deflusso medio annuo disponibile. Per la determinazione di questa por-

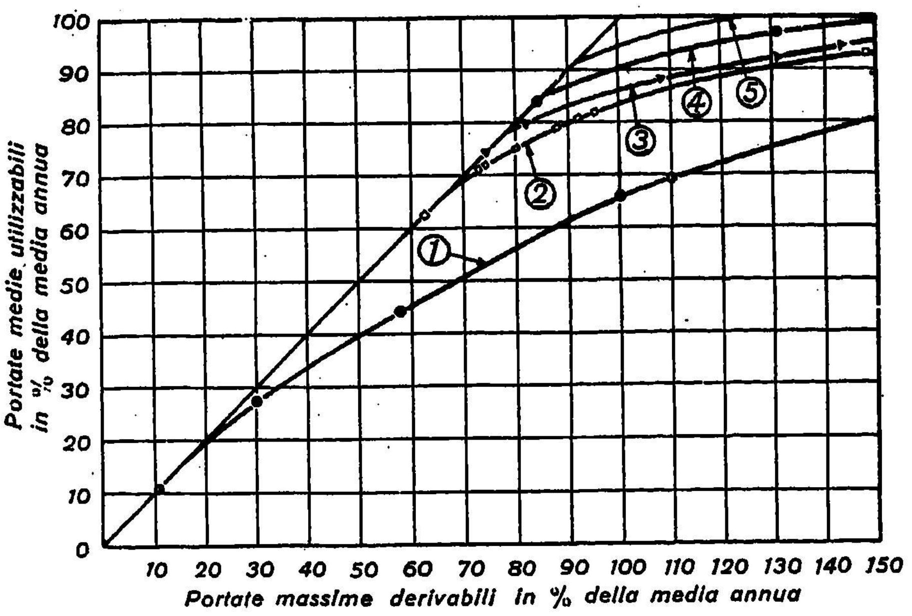



Fig. 6.

(1) Curva caratteristica nel caso di derivazione senza serbatoio
(2) C. C. con serbatoio di $200 \times 10^8$ m³/km²
(3) » » » » » $300 \times 10^8$ »
(4) » » » » » $500 \times 10^8$ »
(5) » » » » » $700 \times 10^8$ »

tata non è però necessario fare riferimento alle curve caratteristiche, essendo essa direttamente desumibile dal diagramma di erogazione stabilito in base alle condizioni di funzionamento prescelte pel serbatoio.

Per quanto concerne particolarmente la scelta e lo studio idrografico dei serbatoi valgono le considerazioni seguenti.

*Sulla scelta e sulla convenienza economica dei serbatoi.*

Scopo precipuo di un grande serbatoio adibito ad uso industriale è generalmente quello di integrare le deficenze idrologiche mensili, stagionali ed annuali del proprio bacino contribuente, o di un più vasto bacino imbrifero dominante uno o più derivazioni, in modo da rendere per quanto possibile uniforme, nel periodo considerato, la produzione di energia degli impianti interessati.

In via accessoria poi, un grande serbatoio può anche essere chiamato a fronteggiare, negli stessi periodi di integrazione, in misura più o meno larga, le variazioni diurne del carico di una o due centrali immediatamente sottostanti.

In pratica, il problema dei serbatoi viene impostato nel modo seguente. Individuate, in una data valle, le località che meglio si prestano alla creazione di importanti opere di invaso, scelti in linea di massima i tipi di dighe da adottare per i singoli sbarramenti e determinate, in funzione delle possibili altezze di ritenuta, le capacità di invaso realizzabili, le aree occupate dagli invasi stessi e i volumi (e quindi i costi) delle opere di sbarramento corrispondenti, si tratta di scegliere l'altezza di ritenuta più conveniente per ogni serbatoio, in rapporto alle condizioni idrologiche della rispettiva sezione di sbarramento, alla funzione specifica più appropriata pel serbatoio stesso, al costo delle opere di sbarramento e quindi, subordinatamente, dell'energia di integrazione ritraibile dai diversi impianti che possono utilizzare direttamente, o attraverso piccoli serbatoi di compensazione, le portate erogate dal serbatoio previsto.

In molti casi le condizioni morfologiche e geognostiche della stretta di sbarramento e del bacino di invaso, poste in relazione al costo di costruzione del serbatoio, sono di per sè sufficienti a stabilire dei limiti piuttosto ristretti per l'altezza di ritenuta (e quindi per la capacità) più conveniente. La condizione del migliore rendimento idraulico del serbatoio interviene allora solo in linea subordinata a quella del massimo tornaconto economico. Altre volte, invece, i limiti estremi di pura convenienza economica sono piuttosto estesi e allora la condizione prettamente economica resta subordinata a quella del migliore rendimento idraulico del serbatoio, in rapporto alla funzione specifica di questo (1).

(1) Nei vari casi accennati, lo studio idrografico di un grande serbatoio richiede la risoluzione di problemi specifici diversi, a seconda che si presupponga nota o incognita la capacità di invaso ed a seconda della funzione principale attribuita al serbatoio stesso. Tali problemi si possono ridurre tuttavia ad alcuni schemi semplici, facilmente risolvibili con l'ausilio dei ben noti *diagrammi dei deflussi* (o curve integrali delle portate) relativi alle sezioni di sbarramento considerate. Nella fig. 6 *bis* è riportato uno di questi diagrammi, i quali si desumono da quelli delle portate, mediante integrazione dei medesimi rispetto al tempo.

L'ordinata $MN$ di un punto generico $M$ rappresenta il volume liquido defluito attraverso la sezione considerata nell'intervallo di tempo $t$; la tangente trigonometrica dell'angolo $MON$ indica la portata media disponibile nello stesso intervallo e la tangente in $N$ alla curva, la portata istantanea in $t$.

La diagonale $OO_1$ rappresenta analogamente la portata media nel periodo $T$, cui corrisponde il deflusso $TO_1$.

Le valutazioni più frequenti nello studio idrografico dei serbatoi sono le seguenti:

1° *Capacità occorrente per la regolazione totale delle portate di un dato bacino, in un intervallo di tempo* T (*generalmente* 1 *o* 2 *anni consecutivi*).

È data, nella scala del disegno, dal segmento $PQ$ della fig. 6 *bis*, differenza fra le ordinate dei punti di contatto delle due tangenti più esterne alla curva dei deflussi, parallele alla linea di chiusura $OO_1$.

La capacità occorrente per la *regolazione annuale o biennale* è diversa da anno ad anno (o biennio). Conviene pertanto riferirsi al diagramma dei deflussi medii relativi ad una lunga serie di anni e verificare poi le portate continue effettivamente erogabili nei singoli anni (o bienni) con la capacità trovata.

2° *Erogazioni possibili da un serbatoio di data capacità in un intervallo* T (*generalmente di più anni consecutivi*).

Se il segmento $OO'$ (fig. 6 *bis*) rappresenta la capacità disponibile, si tracci la parallela $O'O_1'$ alla curva dei deflussi $OO_1$. Ogni spezzata $RSQVZ$ (a lati ascendenti od orizzontali) inscritta nella striscia $OO_1O_1'O'$ e tale che sia $OR = O_1Z$, rappresenta la linea integrale di un possibile diagramma di erogazione dal serbatoio, nell'intervallo $T$.

Fra tutti i possibili regimi di erogazione si presenta spesso come più conveniente quello definito dalla spezzata mistilinea di minor lunghezza, corrispondente alla posizione assunta da un filo flessibile teso fra $O$ ed $O_1$ con la condizione di non uscire mai dalla striscia $OO_1O_1'O'$.

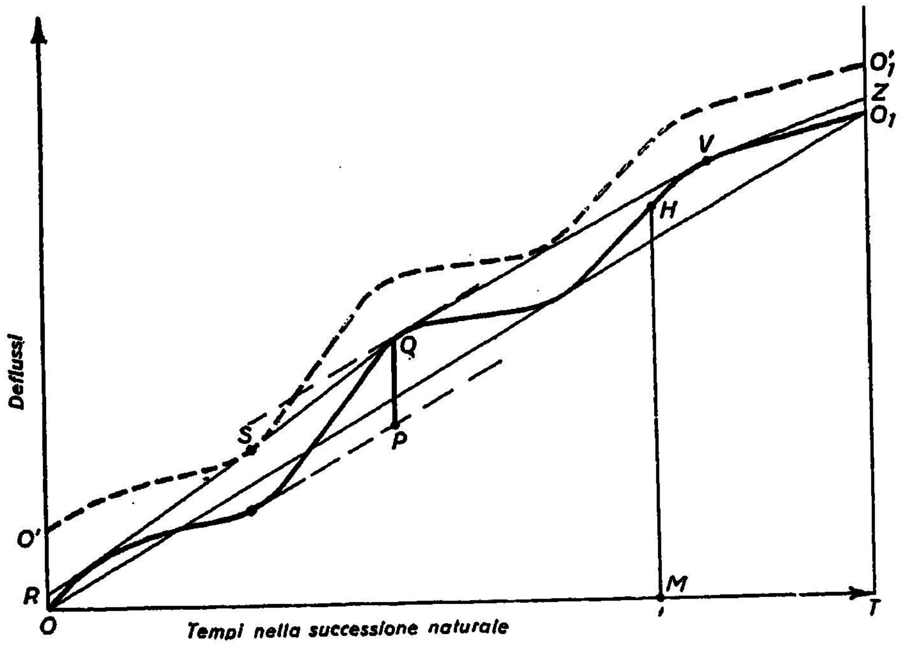



Fig. 6 *bis*.

3° *Capacità occorrente per realizzare in un dato intervallo* T (*generalmente di uno o più anni*) *un prefissato diagramma di erogazione*.

Si riporta sul diagramma dei deflussi la linea integrale del prescelto diagramma di erogazione in modo che i suoi lati siano superiori o tangenti alla curva $OO_1$ e la sua linea di chiusa sia parallela alla diagonale $OO_1$; la capacità voluta è rappresentata dal segmento verticale corrispondente alla max distanza fra la detta linea integrale e la curva dei deflussi. È condizione necessaria che la differenza fra le ordinate estreme della linea integrale di erogazione sia $= TO_1$.

In ogni caso però, il costo complessivo dell'energia di *integrazione* ricavabile da uno o più serbatoi stagionali non dovrà superare, in generale, quello dell'eventuale energia termica disponibile (o procurabile) sul mercato cui è destinata l'energia idroelettrica delle utilizzazioni in oggetto.

Possono fare naturalmente eccezione a questa norma quei serbatoi riconosciuti utili, non solo agli effetti della produzione di energia, ma anche e sopratutto, per riguardo alle irrigazioni, alla regolazione dei deflussi di piena e ad altri scopi di pubblica utilità. S'intende, però, che in questi casi è necessario impostare il piano economico di un serbatoio su basi completamente diverse, in quanto le spese ad esso inerenti dovranno essere ripartite equamente fra i diversi servizi che il serbatoio stesso può rendere.

Si può dare altresì il caso di serbatoi che, pur essendo riconosciuti utili ai fini della razionale e più completa utilizzazione di un dato bacino idrografico, implichino spese sproporzionate al loro rendimento industriale effettivo; allora, evidentemente, è necessario il concorso dello Stato.

***

La questione tanto discussa della convenienza dei grandi serbatoi merita forse di essere ulteriormente chiarita alla luce della esperienza fatta nell'ultimo ventennio e dell'attuale situazione dell'industria idroelettrica nazionale.

La creazione di serbatoi di ritenuta a scopo esclusivamente industriale ebbe inizio, da noi, nei primi anni del secolo attuale, per opera sopratutto di alcuni arditi pionieri dell'industria idroelettrica.

Sino al 1920 non si trattò tuttavia che di opere modeste, di capacità generalmente inferiore ai 2 milioni di m³ di invaso ad eccezione di due soli casi (Brasimone e Letino) in cui la capacità superava i 5 milioni di m³.

Naturalmente, in questo primo periodo furono costruiti quei serbatoi che, per le condizioni topografiche e geognostiche, potevano ritenersi più convenienti: infatti l'attenzione dei progettisti fu anzitutto rivolta a quelle conche di origine glaciale e a quelle strette rocciose che, oltre ad offrire la possibilità di discreti invasi con piccole altezze di ritenuta, davano il più sicuro affidamento per una buona impostazione delle opere di sbarramento. Numerosi specialmente furono i piccoli laghi alpini di origine glaciale sistemati a serbatoi mediante sopraelevazione del loro livello normale, con modeste ed economiche opere di ritenuta in muratura di pietrame, in terra o in pietrame a secco.

In seguito alle strettezze idrologiche dovute alla eccezionale siccità del 1921-22, il problema delle riserve d'acqua assunse una importanza affatto particolare e lo sviluppo dei serbatoi ebbe un nuovo incremento rapidamente crescente (tanto che tra il 1921 e il 1927 furono creati serbatoi per una capacità complessiva di oltre 1 miliardo di m³, contro i 45 milioni circa dei serbatoi costruiti tra il 1910 e il 1920. Questo notevole sviluppo, che va messo in stretta relazione con quello delle utilizzazioni idroelettriche in genere, fu specialmente favorito dalle condizioni economiche generali del paese nel periodo post-bellico e dal conseguente rapido incremento del consumo di energia, nonchè dalla esistenza di un numero ancora relativamente elevato di laghi glaciali e di bacini in condizioni ancora favorevoli per la creazione di grandi serbatoi.

Anche nel periodo 1921-1927 prevalse l'utilizzazione dei laghi e delle conche di origine glaciale sulla creazione di serbatoi artificiali veri e propri, ma non mancarono esempi notevoli anche di tali opere.

Per quanto favorevoli fossero le condizioni topografiche e geognostiche delle conche interessate dai maggiori serbatoi artificiali creati nel periodo in esame, le difficoltà incontrate per la costruzione delle nuove opere di ritenuta furono di gran lunga superiori a quelle sperimentate nel periodo precedente e andarono man mano crescendo, in progresso di tempo, sopratutto per le seguenti cause:

1) Frequente presenza di profondi letti minori, di diaclasi, di strati rocciosi alterati, di rivestimenti terrosi con spessori maggiori dei previsti e di lenti eterogenee nelle rocce della stretta di sbarramento.

Tali inconvenienti ebbero per conseguenza, in molti casi un sensibile aumento del costo consuntivo delle opere di sbarramento, rispetto al preventivo.

2) Condizioni sfavorevoli per l'organizzazione dei cantieri ad alte quote; maggiori percorsi di trasporto, periodi brevi di lavoro, ecc.

3) Scarsità dei materiali da costruzione disponibili in posto e necessità di costosissime installazioni di cantiere per provvedere alla preparazione dei materiali aggregati dei calcestruzzi, ecc. ecc.

Malgrado tutte queste difficoltà, la costruzione dei serbatoi continuò a riscuotere il massimo favore da parte dei tecnici

---

4° *Capacità ed erogazione più conveniente di un serbatoio che regola una sola parte del bacino sotteso da una derivazione.*

Si traccia (fig. 6 *ter*) il diagramma delle portate naturali ($q_1$) della parte di bacino non regolata e si costruisce la curva caratteristica $O\ Z$

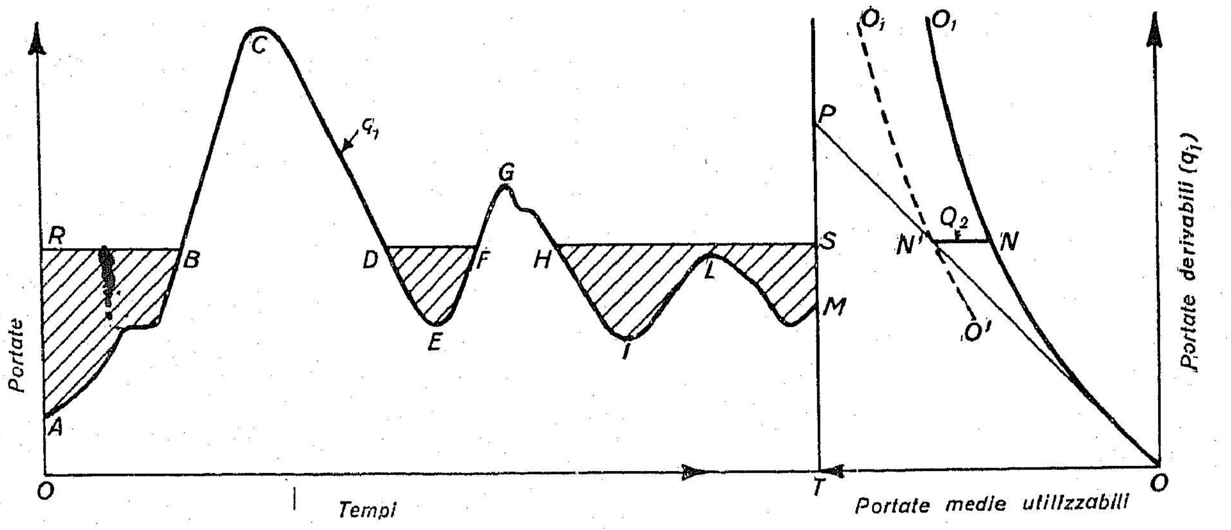



Fig. 6 *ter*.

ad essa relativa. Indi si calcola la portata media $Q_2$ della parte di bacino dominata dal serbatoio e si traccia una parallela $O'\ O_1'$ alla caratteristica $OO_1$ alla distanza (orizzontale) $N\ N'$ corrispondente, nella scala del disegno, a $Q_2$. L'ordinata del punto di intersezione della $O'\ O_1'$ con la bisettrice $O\ P$ dà l'altezza della linea di compensazione $R\ S$ del diagramma $A\ B\ C\ D\ E\ M$.

Il nuovo diagramma $R\ B\ C\ D\ F\ G\ H\ S$ fornisce le portate complessive « *regolate* » disponibili alla presa, le quali soddisfano alla condizione di presentare il minimo scarto quadratico medio dalla loro media ritmetica, compatibilmente con le condizioni previste.

Il diagramma delle portate erogabili dal serbatoio corrisponde alla parte tratteggiata della figura. La capacità di invaso si determina quindi come nel caso 3°, previa integrazione di questo diagramma.

5° *Capacità di erogazione più conveniente per un serbatoio che regola due o più derivazioni successive.*

Salvo casi specifici, in via di prima approssimazione si possono ritenere costanti i salti (utili) delle successive derivazioni. Allora il problema si riconduce al caso precedente sostituendo alle portate disponibili i loro prodotti per le somme dei salti sotto cui vengono rispettivamente utilizzate, raggruppando poi in un unico diagramma le successioni dei prodotti relativi ai bacini non regolati e determinando la linea di compensazione di tale diagramma in base al prodotto $Q_2\ \Sigma\ H$ ove $Q_2$ è la portata media del bacino regolato e $\Sigma\ H$ è la somma dei salti sotto cui tale portata può essere sfruttata.

Nel caso di numerose derivazioni con caratteristiche diverse, tale metodo può fornire solo qualche criterio di massima per il loro sfruttamento, ma per giungere a risultati più esatti occorre approfondire lo studio del sistema di derivazioni previsto, anche in rapporto alle particolari condizioni imposte dal servizio cui il sistema è destinato.

idroelettrici. E si entrò così nella più recente fase di sviluppo dei serbatoi artificiali veri e propri, caratterizzata dalla esecuzione di opere notevolissime per mole e per tecnica costruttiva.

Ma se tali opere attestano nel modo più suggestivo la perizia e l'arditezza dei nostri costruttori, rappresentano peraltro il frutto di una esperienza non molto incoraggiante, almeno dal lato economico.

Infatti, le precitate difficoltà si sono andate sempre più aggravando nella costruzione delle più recenti dighe di ritenuta, specialmente per il fatto che vennero creati serbatoi anche là dove, pur essendo relativamente buone le condizioni morfologiche del bacino, non altrettanto sicure erano le condizioni geognostiche della stretta di sbarramento. Sicchè, in non pochi casi si vide pressochè raddoppiato il costo consuntivo dell'opera rispetto al preventivo.

Se si aggiunge a tutto questo il fatto che la manutenzione delle dighe di ritenuta, come ha dimostrato la recente esperienza, è assai più costosa di quanto prima si credesse (1), appare legittimo porre la questione se non si debba subordinare la costruzione di nuovi serbatoi artificiali, oltre che a severe condizioni di possibilità tecnica, anche a condizioni di tornaconto assai più larghe di quelle sino ad ora ritenute sufficienti, e tali da garantire le imprese contro gli inevitabili imprevisti (i quali, nelle costruzioni degli ultimi anni, hanno causato in media un aumento di spesa del 40 al 60 % del costo preventivato), e contro oneri di esercizio maggiori di quelli sino ad oggi calcolati.

Effettivamente, è tuttora diffusa la convinzione che per la utilizzazione razionale delle nostre risorse idriche sia assolutamente indispensabile costruire tutti i serbatoi riconosciuti possibili in linea tecnica, anche a costo di qualunque sacrificio finanziario.

Ma alla luce dell'esperienza più recente tale affermazione appare discutibile. Infatti, è bensì vero che serbatoi di sufficiente capacità potrebbero consentire la più completa e razionale utilizzazione delle nostre risorse; ma è anche un fatto certo che i serbatoi ancora eventualmente possibili (sia pure indipendentemente dal tornaconto economico e dalle difficoltà costruttive) non potrebbero avere che una ripercussione limitata sulla regolazione dei deflussi utilizzabili nei nostri impianti e non *potrebbero in ogni caso dispensare le aziende elettriche dal costruire grandi impianti termici per la completa integrazione dell'energia richiesta nelle diverse epoche dell'anno.*

D'altra parte, la possibilità di produrre energia termica (di integrazione stagionale) a buon prezzo e lo sviluppo crescente delle reti di connessione fra impianti con diversi regimi idrologici e zone di distribuzione aventi caratteristiche di consumo pure diverse, tendono di per sè a togliere un poco di importanza ai serbatoi stagionali.

Le circostanze sin qui esposte mettono sopratutto in chiara evidenza come, almeno nelle condizioni odierne dell'industria idroelettrica nazionale, non si possa nè si debba ritenere che la creazione di grandi serbatoi artificiali sia sempre indispensabile e come, nel progettare tali opere, convenga largheggiare piuttosto nelle previsioni pessimistiche che in quelle ottimistiche.

Con tutto ciò non intendo sostenere che si debba *sempre* rinunciare alla costruzione di serbatoi economicamente non convenienti; ragioni di interesse nazionale, come ho già accennato prima, possono rendere talvolta opportuna o necessaria la costruzione di tali opere anche in condizioni sfavorevoli; ma allora il problema assume un ben diverso carattere e la realizzazione in oggetto richiede che lo Stato provveda ad alleviare, mediante agevolazioni speciali o adeguate sovvenzioni, l'onere finanziario che dovrebbero sopportare le imprese interessate.

(1) Mentre infatti si riteneva in generale che le dighe, una volta costruite, potessero venire abbandonate a sè senza alcuna cura speciale, alcuni casi di degradazione più o meno rapida delle murature e dei calcestruzzi di dighe costruite da non molti lustri hanno dimostrato la necessità di attente e continue cure intese a limitare le permeazioni d'acqua attraverso i muri di ritenuta o a rimediare agli effetti di queste e degli altri agenti di degradazione con provvedimenti talvolta costosissimi. Ciò contribuisce ad elevare in misura apprezzabile la quota annua di manutenzione ordinaria che va a carico dell'esercizio di un serbatoio.

*Sulla scelta delle potenze efficienti delle centrali.*

La scelta delle più convenienti potenze efficienti (potenze massime producibili), e quindi delle portate massime erogabili, per le diverse centrali facenti parte di un dato sistema di utilizzazione, costituisce forse uno dei problemi più complessi e ardui che si incontrino nello studio di un piano di utilizzazione idroelettrica; e questo non già per l'esistenza di particolari difficoltà tecniche, ma bensì per l'indeterminatezza e, spesso, per la soggettività degli elementi su cui tale scelta deve basarsi. L'importanza del problema è d'altronde grandissima in quanto dalla sua risoluzione dipende essenzialmente la bontà industriale di un piano di utilizzazione.

È ovvio che se tutte le parti di ciascun impianto di un dato sistema di utilizzazione potessero venire commisurate alla corrispondente portata massima giornaliera derivabile, già più volte menzionata, ossia se l'energia producibile potesse essere utilizzata con continuità nelle 24 ore di ciascun giorno nella misura in cui è disponibile, la questione della messa in valore delle risorse disponibili al minor costo possibile si esaurirebbe con le indagini di cui ai paragrafi precedenti. Ma la necessità di provvedere ad una conveniente concentrazione diurna dell'erogazione delle potenze disponibili, in rapporto sia a determinate possibilità naturali per la creazione delle apposite capacità di regolazione, sia a particolari esigenze del servizio cui il sistema in oggetto è destinato, impongono ulteriori ricerche e tentativi.

Il punto di partenza di tali ricerche è generalmente costituito dal presumibile diagramma annuale dei carichi assegnabile al sistema: diagramma che si può individuare, nella maggior parte dei casi, fissando alcune serie di diagrammi tipici giornalieri, per diversi periodi dell'anno in base alle riconosciute o previste esigenze della rete alla quale si intende allacciare gli impianti progettati (1).

Accanto a questo diagramma bisogna poi considerare quelli delle potenze medie giornaliere (o dell'energia) ritraibili da ciascun impianto previsto, in relazione alle portate giornaliere derivabili durante un dato periodo di uno o più anni consecutivi.

Tenendo presenti le caratteristiche fondamentali di ciascuna derivazione, a seconda che questa sia ad acqua fluente o possa essere provvista di serbatoio diurno o settimanale o sia sussidiata da un grande serbatoio stagionale, si tratta infine di cercare quella ripartizione delle potenze massime erogabili dai diversi impianti, che permetta di soddisfare nel miglior modo possibile alle seguenti condizioni fondamentali:

*a*) che l'energia producibile sia resa utilizzabile al massimo grado possibile;

*b*) che gli impianti progettati possano sopperire nella massima misura possibile alle massime punte diurne del carico richiesto;

*c*) che il costo complessivo dell'energia prodotta ed i singoli costi parziali relativi ai diversi impianti non superino i limiti imposti dalle condizioni contingenti del mercato cui è destinata l'energia producibile.

A tale scopo giova anzitutto attenersi per quanto possibile ai seguenti criteri pratici:

1) Gli impianti ad acqua fluente (*senza serbatoi diurni*) debbono essere destinati a servizio di base.

(1) In generale basta assumere una terna di diagrammi per ciascun periodo — di 1, 2, 3.... 6 mesi anche non consecutivi — in cui la richiesta presenti andamento pressochè uniforme. Ciascuna terna comprenderà i diagrammi relativi ad un giorno normale di lavoro, ad un sabato e ad una domenica, intendendosi il primo valido per tutti i giorni lavorativi dal lunedì al venerdì di ogni settimana.

2) Gli impianti con *piccoli e medi serbatoi giornalieri* sono vantaggiosamente impiegati per funzionameto intermedio fra quello di base e quello di punta.

3) Gli impianti *con serbatoi diurni o settimanali di grande capacità* sono specialmente indicati per servizi giornalieri discontinui e di punta. Ciò è sopratutto vantaggioso nel caso di impianti commisurati ad una portata derivabile di breve durata nell'anno.

4) Gli impianti con grandi serbatoi possono sopperire a servizî di integrazione stagionale o annuale e, al tempo stesso, di punta giornaliera, se hanno sufficiente elasticità di erogazione (conseguibile con derivazioni dirette dal serbatoio mediante condotte in pressione). Nel caso di serbatoio lontano dalla presa o con canale derivatore a pelo libero, è più conveniente riserbare all'impianto un servizio giornaliero non troppo discontinuo affidandogli invece la funzione di integrazione settimanale.

In base a questi criteri e valendosi di alcune curve ausiliarie facilmente desumibili dai diagrammi giornalieri di carico (1) è possibile determinare, per ciascun impianto, i valori della potenza massima sotto cui è erogabile, in diversi casi di ripartizione (riferiti ai periodi di maggior disponibilità o a quelli di maggior richiesta), l'energia da esso giornalmente ritraibile.

Ad ogni valore della potenza massima relativa ad una data ipotesi di ripartizione corrisponde, per ciascun impianto, un

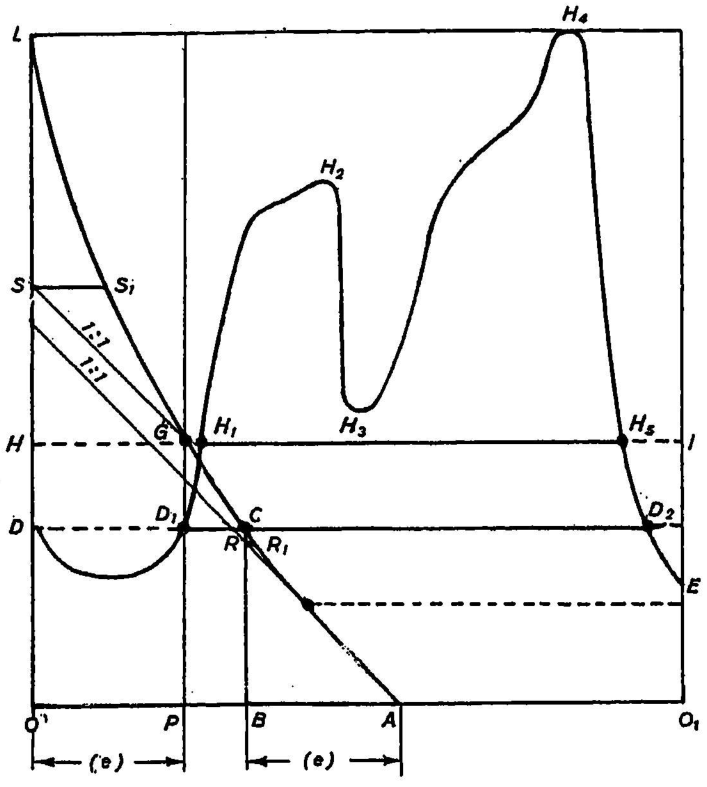



Fig. 7 *bis*.

(1) Le principali curve ausiliarie qui accennate sono quelle che si possono desumere dagli ordinari diagrammi diurni di carico, mediante integrazione dei medesimi rispetto alle ordinate e che, per analogia con le *caratteristiche idrologiche di utilizzazione* prima accennate, potrebbero senz'altro denominarsi *caratteristiche di carico* (Cfr. anche: LUDIN: *Bedarf und Dargebot*. Berlino 1932). L'ascissa massima $OP$ di una caratteristica di carico (V fig. 7) corrisponde — per costruzione — all'area racchiusa fra la linea dei carichi, l'asse delle ascisse e le ordinate estreme del diagramma, ossia rappresenta, nella dovuta scala, l'*energia erogata* col diagramma di carico considerato. Il rapporto $OP$: 24 dà il valore della *potenza media erogata* nelle 24 ore e quindi dell'ordinata media del diagramma ($OM$).

I detti valori possono essere espressi rispettivamente in kWh o in kW, oppure in valore percentuale dell'area $OO_1 \times OA$ e del segmento $OO_1$; in quest'ultimo caso i due valori sono espressi dallo stesso numero che, riferito al tempo, esprime anche la durata percentuale di utilizzazione della potenza massima ($OO_1$).

Tracciata la curva caratteristica di un diagramma di carico si determina immediatamente il punto $M$, tracciando dal punto $P$ la retta $PM$ a 45°. Se si intercetta la curva caratteristica con una orizzontale di ordinata generica $OS$, il segmento $QR$ rappresenta (nella scala scelta per $OP$) l'energia erogata sotto la potenza $OS = PQ$ (area *b*); il segmento $RS$ l'energia erogata con le potenze superiori alla $OS$ (somma delle aree *p*) e il segmento $RT$ la somma delle aree (*d*).

Nel caso di $OS = OM$, risulta $RS = RT = MN$. Se si intercetta invece la curva caratteristica con due orizzontali generiche di ordinate $OM$ e $OS$, tracciando poi la $RU$ parallela alla $OO_1$ e conducendo da $N$ la $NV$ inclinata di 45°, il segmento $NU$ rappresenta l'energia corrispondente alle zone tratteggiate del diagramma e $VZ$ rappresenta, con approssimazione (per eccesso), il valore, in energia, della capacità compensatrice che occorrerebbe per coprire, con una potenza media continua disponibile di valore $UV$, il diagramma costituido dalle suddette zone tratteggiate. Se le orizzontali $SR$ ed $MN$ si fanno coincidere rispettivamente con la $O_1 A_1$ e con la $OA$, ossia se si considera l'intero diagramma, il segmento $VZ$ viene a coincidere con $MN$ e $UV$ con $OM$.

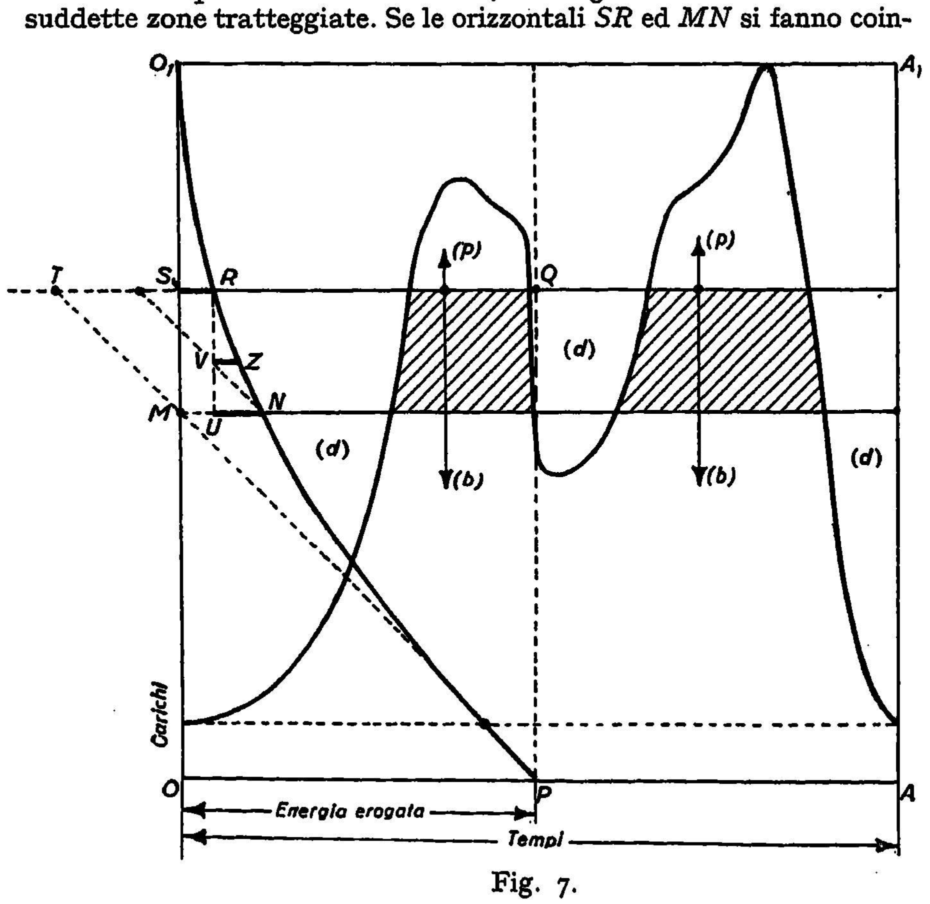



Fig. 7.

Fra le applicazioni elementari più importanti delle caratteristiche di carico, si possono citare le seguenti:

1° Essendo nota l'energia *e* giornalmente ritraibile da un impianto che può disporre di un serbatoio giornaliero, determinare la potenza massima efficiente e la capacità necessaria di invaso nelle due condizioni limiti di funzionamento:

*a*) di base (potenza e capacità minime);

*b*) di punta (potenza e capacità max).

Se il diagramma della fig. 7 *bis* è quello cui deve corrispondere, da parte dell'impianto, la produzione giornaliera *e*, si riporta sull'asse delle ascisse un segmento $AB = e$ e si inalza la verticale $BC$ sino ad incontrare la curva caratteristica di carico: l'orizzontale $DC$ corrisponde alla linea superiore di carico dell'impianto per la condizione *a*), risultando $O D D_1 D_2 E O_1$ l'effettivo diagramma di funzionamento: la potenza efficiente è data dal segmento $BC$ e la capacità di invaso corrisponde *approssimativamente* al segmento $RR_1$.

Riportando invece $OP = e$ e inalzando la verticale $PG$ si ha in $HGI$ la linea inferiore di carico per la condizione *b*); $H_1 H_2 H_3 H_4 H_5$ è il diagramma effettivo di funzionamento; $HL$ la potenza efficiente; $SS_1$ la capacità occorrente (valore approssimativo).

2°) Essendo nota l'energia *e* giornalmente producibile e la potenza efficiente $N_e$ di un impianto con serbatoio, stabilire quale parte di un dato diagramma di carico l'impianto può assumersi, in base alle seguenti condizioni:

*a*) che il funzionamento di base resti riserbato per quanto possibile ad altri impianti;

*b*) che il carico dell'impianto sia il più uniforme possibile e la capacità di invaso (occorrente per la regolazione giornaliera) minima.

Costruita la curva caratteristica di carico $A B$ (fig. 7 *ter*) se ne tracci la parallela $A' B'$ alla distanza verticale $CD = N_e$; si ricerchi poi l'orizzontale $F G$ per cui $ED = e$; sarà questa la linea di carico superiore e la $H I$ quella inferiore, per il caso *a*); il diagramma di funzionamento dell'impianto è quello tratteggiato in figura.

Il caso *b*) si riconduce al precedente sostituendo, nella costruzione testè indicata, ad $N_e$ il valore $N_t - N_e$ e ad *e* il valore $e_t - e$.

Il diagramma di funzionamento dell'impianto è dato allora dalla combinazione delle parti punteggiate della fig. 7 *ter*.

In entrambi i casi, noti i diagrammi di funzionamento dell'impianto si possono determinare con esattezza le capacità occorrenti (per la regolazione diurna) seguendo il noto metodo delle curve integrali (dei carichi) analogo a quello illustrato per i grandi serbatoi nella nota a pag. 515 (caso 3°).

Se l'impianto è provvisto di serbatoio stagionale, le capacità suddette corrispondono semplicemente alle escursioni giornaliere che il serbatoio deve compiere.

certo diagramma annuale di funzionamento e la sovrapposizione dei diagrammi trovati per i singoli impianti, nei diversi casi considerati, fornisce i diagrammi complessivi di funzionamento dell'intero sistema di impianti. La scelta del piano più conveniente di utilizzazione si riduce in tal modo a quella del diagramma di funzionamento che concilia la migliore utilizza-

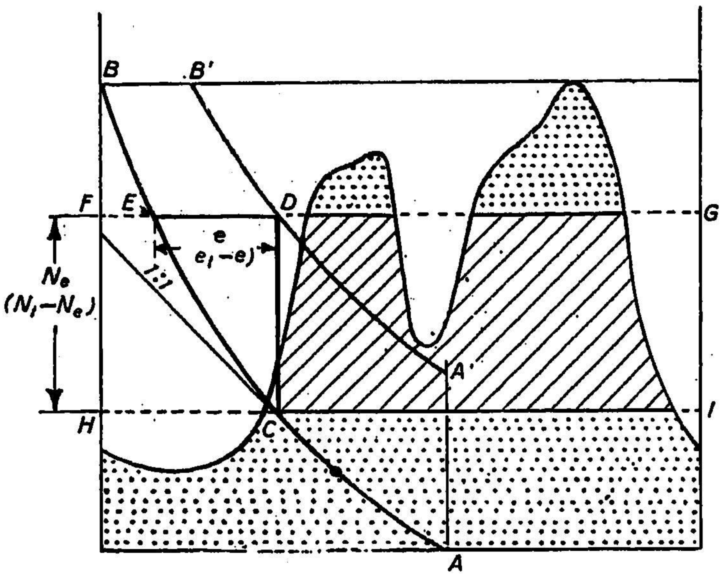



Fig. 7 *ter*.

zione dei deflussi derivabili con il migliore e più economico adattamento delle potenze disponibili a quelle richieste.

In tale scelta si deve naturalmente tener conto non tanto dell'entità degli eventuali superi o delle eventuali deficenze di energia, quanto invece dei rispettivi valori industriali, in rapporto alle parti del diagramma di richiesta cui si riferiscono, ai periodi in cui si presentano e al loro grado di permanenza (1).

*Sulla regolazione diurna delle portate derivabili.*

Nel determinare, collateralmente alle potenze efficienti delle singole centrali previste, le capacità necessarie per la regolazione diurna delle portate erogabili con ciascun impianto, è necessario tener presenti, oltre alle variazioni diurne delle richieste cui si deve sopperire, anche gli sfasamenti dovuti ai serbatoi superiori, ai percorsi che l'acqua deve compiere nei canali di derivazione, ecc.

Altri elementi che si debbono tener presenti ai fini della più conveniente utilizzazione delle portate derivabili sono: l'eventuale possibilità o convenienza di ripartire la capacità occorrente per la regolazione diurna delle portate derivabili con un dato impianto, fra due serbatoi di cui uno a monte della presa ed uno a valle del canale derivatore (se questo è a pelo libero) e l'eventuale convenienza di utilizzare l'energia notturna o di supero stagionale, di uno o più impianti, per pompare l'acqua esuberante in un serbatoio dominante un salto maggiore del dislivello superato con le pompe.

In qualche caso può anche tornare opportuno il collegamento a sifone di un piccolo serbatoio con un altro di maggiore capacità e meno elevato del primo, in modo da utilizzare anche le acque che non potrebbero essere da questo trattenute.

*Sulla utilizzazione degli impianti idroelettrici.*

Dopo aver parlato dei criteri generali per la scelta dei principali elementi caratteristici degli impianti idroelettrici, può tornare opportuno anche un cenno sulla genesi e sul significato dei più comuni coefficienti di utilizzazione (fattore di carico e ore di utilizzazione della potenza efficiente) ai quali vien fatto talvolta riferimento per caratterizzare la qualità dell'energia producibile con dati impianti.

(1) In casi di notevole importanza, conviene istituire, se possibile, una ulteriore indagine intesa a stabilire la *frequenza probabile* degli eventi che portano a determinati scostamenti del diagramma delle disponibilità rispetto a quello della richiesta, come pure al verificarsi di quelle situazioni che più interessano dal punto di vista industriale. Per poter compiere però simili indagini, coll'ausilio del calcolo delle probabilità, è necessario disporre di una lunga serie di dati idrologici relativa a periodi di almeno 20÷30 anni.

Si indichi con $q_t$ la portata massima derivabile con un generico impianto idroelettrico.

Questa portata starà a quella normale $q_n$ (1) disponibile nel corso d'acqua considerato, secondo un rapporto $\alpha$, che varierà con la durata $t$ della portata stessa e, a parità di durata, col regime più o meno torrentizio del corso d'acqua, (vedi in proposito le prime quattro colonne del prospetto II).

Un impianto commisurato alla portata $q_t$ sarà in grado di utilizzare una frazione $\gamma$ del deflusso annuo normale disponibile alla sezione di presa dato dal rapporto fra l'ordinata media $q_m$ del diagramma delle portate derivabili (limitato superiormente dalla portata $q_t$) e il valore $q_n$. Se si indica con $\beta$ il rapporto fra $q_m$ (portata media continua di concessione) e $q_t$ si avrà dunque:

$$\gamma = \alpha . \beta \qquad \text{ovvero sia}$$

$$q_m = \alpha . \beta . q_n \qquad \text{ove}$$

$$\alpha \gtrless 1, \qquad \beta \leqq 1, \qquad \gamma = \alpha . \beta \leqq 1$$

Ora, a seconda degli scopi a cui è adibito l'impianto e a seconda delle particolari esigenze d'esercizio, l'erogazione dell'energia producibile nei periodi di maggior disponibilità (e cioè quando la portata derivabile con continuità nelle 24 ore è uguale a $q_t$) può essere distribuita uniformemente sulle 24 ore di un giorno o venire concentrata su un numero limitato di ore (a mezzo di serbatoi giornalieri).

Il primo caso è assai raro. Più comunemente, come ho già detto nei paragrafi precedenti, l'erogazione anzidetta viene concentrata su un numero limitato di ore, con punte di potenza che dipendono dal diagramma di carico prefissato per la centrale.

In linea di massima si può fare riferimento a concentrazioni di 16, 12 e 8 ore su 24 (2).

Ammessa l'invariabilità del salto — il che, nel caso degli impianti italiani, con salti prevalentemente elevati è affatto lecito — le predette concentrazioni di energia corrispondono esattamente a quelle dei deflussi (giornalieri).

La *potenza massima efficiente* della centrale non sarà quindi commisurata alla portata $q_t$, ma a una portata $q_M$ data dalla relazione:

$$q_M = \frac{24}{C} . q_t \quad \text{ove}$$

$C$ è il numero delle ore di concentrazione.

L'utilizzazione teorica (fittizia) di questa portata (e quindi della rispettiva potenza) *in un anno normale* si potrà esprimere mediante il rapporto fra la portata media $q_m$ utilizzabile con l'impianto e la $q_M$ stessa:

$$\frac{q_m}{q_M} = \frac{q_m}{q_t} . \frac{C}{24} = \beta . \frac{C}{24}$$

Questo rapporto, nei limiti delle ipotesi fatte, corrisponde al cosidetto *fattore di carico* ($f$) dell'impianto (3).

(1) Portata media di un lungo periodo di anni (almeno 20 ÷ 30).

(2) Nel caso di impianti di punta con grandi serbatoi, la massima potenza richiesta all'impianto può anche sorpassare quella corrrispondente alla concentrazione media di 8 ore.

(3) A rigore si dovrebbe scrivere:

$$f = \beta \frac{C}{24} . \frac{\eta_m}{\eta_M}$$

ove $\eta_m$ sarebbe il coefficiente medio di rendimento dell'impianto ed $\eta_M$ il coefficiente di rendimento corrispondente alla portata massima $q_M$; ma in pratica non si commette errore apprezzabile supponendo $\eta_m = \eta_M$.

PROSPETTO II.

UTILIZZAZIONE TEORICA DELLA POTENZA EFFICIENTE DI ALCUNI TIPI DI IMPIANTI IDROELETTRICI SENZA SERBATOI

| BACINO IDROGRAFICO (e periodo considerato) | | Portata media disponibile durante il periodo ($q_n$) | Portata ($q_t$) disponibile per la durata complessiva di giorni: | | | Portata *media utilizzabile* ($q_m$) con un impianto commisurato alla portata di giorni: | | | Utilizzazione *teorica* della potenza efficiente di un impianto commisurato alla portata di giorni: | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 270 | | 180 | | | 90 | |
| | | | | | | | | | e con le seguenti concentrazioni diurne: | | | | | | |
| | | | 270 | 180 | 90 | 270 | 180 | 90 | 16 ore | 12 ore | 16 ore | 12 ore | 8 ore | 12 ore | 8 ore |
| | | | I) in l/sec × kmq<br>II) in parti di $q_n$ ($\alpha$) | | | I) in l/sec × kmq<br>II) in parti di $q_t$ ($\beta$) | | | I) fattore di carico $f = \frac{q_m}{q_t} \times \frac{C}{24} = \beta \frac{C}{24}$<br>II) ore di utilizzazione della potenza efficiente $U_t = f \cdot 8.760$. | | | | | | |
| Mera *a Vicosoprano* (1) ... | I) | 58,5 | 8,5 | 27,4 | 96,0 | 8,1 | 19,5 | 46,0 | 0,637 | 0,478 | 0,473 | 0,355 | 0,237 | 0,235 | 0,157 |
| | II) | | 0,145 | 0,470 | 1,640 | 0,955 | 0,710 | 0,470 | 5 570 | 4 185 | 4 140 | 3 110 | 2 075 | 2 060 | 1 375 |
| Adda *a Fuentes* (1) ...... | I) | 35,0 | 12,4 | 23,1 | 49,7 | 11,7 | 18,2 | 27,7 | 0,632 | 0,473 | 0,525 | 0,394 | 0,263 | 0,278 | 0,186 |
| | II) | | 0,355 | 0,660 | 1,420 | 0,946 | 0,788 | 0,557 | 5 530 | 4 150 | 4 600 | 3 450 | 2 300 | 2 435 | 1 630 |
| Noce *a Tassullo* (1) ....... | I) | 29,0 | 13,9 | 22,6 | 39,2 | 12,9 | 18,5 | 24,7 | 0,619 | 0,464 | 0,546 | 0,410 | 0,273 | 0,316 | 0,211 |
| | II) | | 0,480 | 0,780 | 1,350 | 0,928 | 0,820 | 0,632 | 5 415 | 4 060 | 4 780 | 3 590 | 2 390 | 2 770 | 1 850 |
| Brenta *a Sarson* (1) ...... | I) | 42,2 | 23,2 | 33,2 | 51,2 | 22,2 | 28,3 | 34,6 | 0,638 | 0,479 | 0,569 | 0,426 | 0,284 | 0,338 | 0,226 |
| | II) | | 0,550 | 0,790 | 1,245 | 0,958 | 0,853 | 0,677 | 5 580 | 4 200 | 4 980 | 3 730 | 2 490 | 2 960 | 1 980 |
| Arno *a Leoncini* (1919-23). | I) | 9,0 | 1,6 | 6,04 | 14,7 | 1,43 | 1,15 | 7,2 | 0,597 | 0,447 | 0,458 | 0,343 | 0,229 | 0,245 | 0,163 |
| | II) | | 0,180 | 0,670 | 1,630 | 0,895 | 0,687 | 0,490 | 5 230 | 3 920 | 4 015 | 3 000 | 2 000 | 2 145 | 1 428 |
| Merse *a Mallecchia* ..... | I) | 15,5 | 4,34 | 10,85 | 23.0 | 4,05 | 7,96 | 12,3 | 0,620 | 0,465 | 0,495 | 0,371 | 0,247 | 0,267 | 0,178 |
| (1919-1923) .......... | II) | | 0,280 | 0,700 | 1,480 | 0,930 | 0,743 | 0,534 | 5 425 | 4 070 | 4 340 | 3 250 | 2 160 | 2 340 | 1 560 |
| Tevere *a Roma* (1919-1923) | I) | 12,5 | 8,5 | 10,5 | 16,5 | 8,25 | 9,5 | 11,7 | 0,647 | 0,485 | 0,605 | 0,453 | 0,320 | 0,356 | 0,237 |
| | II) | | 0,680 | 0,840 | 1,320 | 0,970 | 0,906 | 0,712 | 5 670 | 4 250 | 5 300 | 3 965 | 2 640 | 3 120 | 2 075 |
| Aniene *a Lunghezza* ..... | I) | 29,7 | 24,1 | 30,3 | 35,6 | 23,5 | 26,7 | 28,4 | 0,650 | 0,487 | 0,588 | 0,441 | 0,294 | 0,400 | 0,267 |
| (1921-1923) | II) | | 0,810 | 1,020 | 1,200 | 0,975 | 0,882 | 0,800 | 5 700 | 4 270 | 5 150 | 3 860 | 2 575 | 3 500 | 2 340 |
| Tirso (*Rif. Tirso*) (1921-23) | I) | 6,4 | — | 2,75 | 12,2 | — | 1,54 | 5,05 | — | 0,500 | 0,372 | 0,279 | 0,186 | 0,205 | 0,137 |
| | II) | | 0,010 | 0,430 | 1,930 | 1,000 | 0,558 | 0,410 | — | 4 380 | 3 260 | 2 440 | 1 630 | 1 795 | 1 200 |
| Taloro (*Gavoi*) (1921-1923) | | 17,7 | 1,8 | 7,8 | 36,5 | 1,8 | 4,95 | 14,5 | — | 0,500 | 0,425 | 0,313 | 0,212 | 0,199 | 0,133 |
| | | | 0,100 | 0,440 | 2,060 | 1,000 | 0,637 | 0,398 | — | 4 380 | 3 720 | 2 740 | 1 850 | 1 742 | 1 165 |

(1) Valori desunti dallo studio « I caratteri idrologici dei corsi d'acqua alpini nei riflessi delle utilizzazioni idroelettriche *L'E. E.*, 1929, fasc. IX.

Moltiplicando questo per 8760 (ore di utilizzazione teorica della portata $q_m$) si avranno le ore di utilizzazione teorica della portata (o potenza) $q_M$ ($P_M$):

$$U_t = \beta \cdot \frac{C}{24} \cdot 8760$$

Questa relazione permette di fare subito alcune interessanti osservazioni:

1) Le ore di utilizzazione teorica della potenza efficiente di un impianto idroelettrico sono in generale minori di 8760, anche se la portata derivabile viene utilizzata su tutte le 24 ore di un giorno e sono tanto minori quanto maggiore è la concentrazione dell'erogazione dell'energia (ossia quanto minore è C).

2) A parità di ore di concentrazione ($C$) l'utilizzazione teorica in oggetto diminuisce in ragione diretta di $\beta$, ovvero sia col diminuire della durata della portata caratteristica $q_t$ e con l'aumentare del carattere torrentizio del corso d'acqua (e cioè con l'aumentare dell'escursione fra le portate minime, massima e media del corso stesso).

Nel prospetto II sono riportati i valori dei fattori di carico e delle ore di utilizzazione teorica corrispondenti alle concentrazioni dianzi specificate, per impianti — *senza serbatoi stagionali* — commisurati alle portate di 270, 180 e 90 giorni di alcuni bacini caratteristici delle Alpi, dell'Italia peninsulare e della Sardegna.

Come si vede, l'utilizzazione teorica di un impianto varia notevolmente da caso a caso; tuttavia, nelle condizioni corrispondenti alla maggior parte degli impianti italiani, e dei più recenti in particolare (commisurati a portate della durata di 180÷150 giorni, con concentrazioni diurne di erogazione intorno alle 12 ore circa), il campo di variabilità della durata teorica di utilizzazione della potenza efficiente (1) resta limitato ad un intervallo abbastanza ristretto: 2400 ÷ 4000 ore circa.

Quanto si è fin qui esposto si riferisce alla utilizzazione teorica degli impianti, supposti commisurati a portate normali (desunte cioè dalle osservazioni di un periodo sufficientemente lungo di anni) e in condizioni tali da poter utilizzare completamente il deflusso derivabile.

Ma in pratica si è ben lontani da simili condizioni ideali.

Anzitutto non è mai possibile utilizzare integralmente il deflusso derivabile con un impianto, a causa:

*a*) delle inevitabili differenze di andamento fra le disponibilità naturali e la richiesta d'energia;

*b*) delle perdite d'acqua dovute al funzionamento degli organi di regolazione dell'impianto, alle fasi di avviamento e di distacco delle macchine, ai servizi accessori, ecc. e, in molti casi, all'impiego di alcuni gruppi per produzione di energia reattiva destinata al rifasamento della rete.

Lo scarto derivante dalla causa *a*) è sopratutto notevole nel primo periodo d'esercizio (di due a quattro anni) di un impianto e, a parità di ogni altra condizione, è minimo per gli impianti provvisti di serbatoi sufficientemente capaci ed è massimo per quelli ad acqua fluente; per uno stesso impianto, inoltre, può variare da un anno all'altro col variare della *distribuzione* delle precipitazioni e delle portate disponibili. (Così, ad

(1) Se invece che alla *potenza efficiente* si fa riferimento a quella *installata*, generalmente alquanto maggiore della prima, la durata di utilizzazione risulta ancora minore.

esempio, mentre un impianto appenninico collegato ad uno o più impianti alpini sarebbe in grado di utilizzare anche portate di valore eccezionalmente elevato in gennaio-febbraio-marzo, non potrebbe invece utilizzarle completamente se si presentassero in ottobre o in aprile.

Le perdite d'acqua dovute alle cause riassunte in *b*) non sono in generale notevoli; nei casi ordinari si possono ragguagliare al $2 \div 5$ % del deflusso annuo derivabile.

Facendo riferimento alle condizioni pratiche di esercizio di alcuni impianti recenti (funzionanti però da almeno cinque anni) si è potuto stabilire, con sufficiente attendibilità, che il rapporto ($\eta_e$) tra il deflusso (o la portata media continua $q'_m$) effettivamente utilizzabile, *in condizioni normali*, con un impianto idroelettrico e il deflusso (o la portata media $q_m$) da questo derivabile può variare da 0,70 a 0,95 (1).

Nelle condizioni medie degli impianti italiani si può ritenere che il predetto rapporto si accosti sensibilmente al valore $\eta_e = 0{,}80$.

Ne risulta che, solo per tale ragione, la durata pratica di utilizzazione della maggior parte dei nostri impianti (senza serbatoi stagionali) potrà variare, nella fase normale d'esercizio, fra

2000 e 3200 ore circa.

Ma su tale durata può influire ancora la variazione da un anno all'altro del regime idrologico del corso d'acqua utilizzato (sia per riguardo alla *intensità* che per riguardo alla *distribuzione* delle precipitazioni e delle portate). Tale variazione, infatti, può alterare il valore del rapporto $\beta$ fra la portata media effettivamente derivabile e la portata caratteristica $q_t$ alla quale è stato proporzionato l'impianto.

Il rapporto $\beta$ può risultare superiore a quello posto a base dei calcoli, solo nel caso che le portate minori di $q_t$ presentino nell'anno considerato valori superiori a quelli normali. Ne consegue che se anche un anno è caratterizzato da precipitazioni o deflussi complessivamente maggiori dei normali, ben raramente il coefficiente $\beta$ potrà subire un aumento; mentre quasi sempre resterà sensibilmente peggiorato in caso di siccità.

Gli esempi posti a base dell'indagine qui svolta, pur abbracciando quasi integralmente il campo di variabilità dei regimi idrologici dei più caratteristici corsi d'acqua italiani, si riferiscono soltanto ad impianti muniti di bacino di regolazione diurna, ma sprovvisti di serbatoi stagionali.

La presenza di questi ha l'effetto di migliorare il rapporto $\beta$ dianzi definito (fra la portata media utilizzabile $q_m$ e la portata caratteristica $q_t$ alla quale è commisurato l'impianto) in modo da renderlo più prossimo che è possibile all'unità.

L'energia ritraibile dagli impianti con serbatoi viene però solitamente erogata su un numero limitato di ore, con potenze elevate, per modo che l'utilizzazione di tali impianti risulta compresa fra le 1200 e le 3000 ore all'anno.

Dalle considerazioni sopra esposte emerge chiaramente come la durata di utilizzazione della potenza efficiente di un impianto o di un complesso di impianti sia in stretta relazione con le caratteristiche idrologiche dei bacini utilizzati e con le condizioni di funzionamento prescelte per gli impianti stessi.

Facendo riferimento soltanto alla elasticità di erogazione degli impianti (ossia alla maggiore o minore concentrazione diurna delle erogazioni di energia), la durata di utilizzazione della potenza efficiente viene spesso assunta come indice del valore industriale dell'energia producibile con un dato impianto; ma se si tiene conto dei diversi altri fattori sopra accennati che influiscono sulla durata in oggetto (regimi idrologici, portate massime derivabili ecc.) appare evidente come il significato di tale grandezza sia in definitiva assai più ristretto di quello che da molti viene ritenuto.

(1) In realtà il valore 0,95 corrisponde generalmente al caso di impianti con grandi serbatoi, che non sono stati sin qui considerati.

Dal lato statistico, poi, la durata annuale di utilizzazione della potenza efficiente di un impianto, o di un complesso di impianti, ha un significato puramente convenzionale e non sempre consente deduzioni attendibili circa l'eventuale o presupposta deficienza di utilizzazione degli impianti considerati in un dato anno rispetto ad altri periodi di tempo precedenti o successivi.

*Di alcuni fattori che possono influire sullo sviluppo delle utilizzazioni idroelettriche.*

Nei paragrafi precedenti ho già accennato all'influenza di alcuni fattori importantissimi, come il costo dell'energia termica di integrazione, le condizioni naturali sempre meno favorevoli alla creazione sei serbatoi stagionali, ecc.

Prima di chiudere la presente relazione ritengo tuttavia opportuno accennare brevemente anche al progresso tecnico delle costruzioni idrauliche e al costo di costruzione degli impianti idroelettrici.

Il progresso realizzato e ancora realizzabile nel campo delle varie costruzioni idrauliche che interessano le utilizzazioni in oggetto, non solo permette di migliorare i rendimenti degli impianti, rendendo in tal modo possibile, fra l'altro, la realizzazione di piani e di opere la cui convenienza economica sarebbe altrimenti assai discutibile, ma permette altresì di affrontare e di risolvere problemi particolarmente ardui dai quali può essenzialmente dipendere la possibilità di sfruttare situazioni affatto speciali.

Così ad esempio, il progresso compiuto nel campo delle condotte forzate permette oggi di utilizzare con facilità salti dell'ordine di 1000 m e di affrontare con piena sicurezza cadute di $1500 \div 1700$ m.

Il perfezionamento delle turbine ad elica ha esteso notevolmente il campo di utilizzazione delle piccole cadute con grandi portate; quello delle ruote Pelton ha ormai permesso di utilizzare con uno stesso motore primo (e con rendimenti molto elevati), salti diversi fra loro; in generale, poi, le moderne turbine idrauliche, presentando rendimenti superiori all'80 % e talvolta all'85 % con carichi variabili persino nel rapporto di 1 : 4 rendono possibile l'utilizzazione di portate variabilissime nel corso dell'anno con istallazioni relativamente economiche. Non sto poi a parlare di tutti quei dispositivi e di quelle costruzioni speciali che permettono di trarre il massimo profitto anche dalle risorse disponibili in località di difficile accesso, o soggette a climi rigidissimi e di conseguenza a importanti fenomeni perturbatori, come il gelo, le valanghe, ecc.

***

Per quanto concerne il costo di costruzione degli impianti idroelettrici mi riferisco senz'altro alle conclusioni cui giunse l'Ing. Roncaldier nella sua relazione presentata al Congresso 1930 della UNFIEL: il costo degli impianti è costituito per il 50% circa dal costo della mano d'opera e per il rimanente dal costo dei materiali e del macchinario e dagli interessi passivi.

Se si tien conto, da un lato, che il lavoro umano col progredire della civiltà tende naturalmente ad essere sempre più valorizzato e, dall'altro, che le utilizzazioni ancora possibili richiederanno in generale opere sempre più costose, sia per le loro proporzioni (i canali ad esempio tendono ad aumentare di lunghezza a parità di salto) sia per la natura dei terreni interessati, si può facilmente concludere, che non sempre una eventuale diminuzione di costo dei materiali, del macchinario e del capitale varrà a compensare l'aumento di spesa derivante dalle circostanze predette. Quindi, in linea di massima, si può prevedere che il costo di costruzione degli impianti sarà uno dei fattori economici meno variabili e tendente piuttosto ad aumentare che a diminuire in progresso di tempo.

4. – Conclusioni.

Le principali conclusioni emergenti dalla presente relazione si possono riassumere nei seguenti punti:

1) Data la relativa esiguità delle nostre risorse idriche ancora utilizzabili industrialmente, è necessario mirare al loro sfruttamento per quanto possibile integrale e razionale, secondo i criteri e le direttive già adottati da un decennio circa dalla nostra industria elettrica e suscettibili di ulteriori sviluppi in virtù, sopratutto, dei progressi tecnici ancora possibili.

L'utilizzazione in oggetto deve essere *integrale*, nel senso che deve permettere di sfruttare tutte le migliori risorse idriche e morfologiche dei nostri bacini; *razionale*, in quanto deve subordinare le caratteristiche dei singoli impianti di una valle alla condizione del migliore sfruttamento integrale di questa e consentire altresì il migliore adattamento possibile dell'energia producibile alle esigenze del consumo.

Sono quindi da considerare nocivi alla utilizzazione integrale e razionale dei nostri bacini quegli impianti isolati, piccoli e grandi che possano comunque ostacolare l'ulteriore sviluppo di piani organici di sfruttamento integrale dei rispettivi bacini o siano così commisurati da produrre energia difficilmente collocabile.

L'utilizzazione razionale di un bacino comporta la creazione di serbatoi diurni, settimanali e stagionali talvolta costosissimi, ma necessari per adattare le disponibilità alle richieste e quindi per rendere *praticamente utilizzabile* (ossia collocabile) l'energia producibile. Questa circostanza porta ad aumentare il costo unitario dell'energia a parità di kWh prodotti.

Dalla conciliazione delle due condizioni antitetiche della massima quantità di energia *producibile* e *collocabile e del minor costo unitario* della medesima, scaturisce il concetto fondamentale di tornaconto economico che deve presiedere allo studio e alla scelta dei piani di utilizzazione a scopo industriale.

Il costo dell'energia producibile in base ad un dato piano di utilizzazione non può pertanto costituire un utile elemento di giudizio se non viene posto in relazione con l'*elasticità di funzionamento* degli impianti considerati, ossia con il grado di adattabilità della loro produzione al diagramma delle richieste cui debbono sopperire.

2) Per il costo capitale di produzione dell'energia idraulica esiste in ogni caso un limite superiore (imposto dal costo dell'energia termica e talvolta anche da particolari condizioni del mercato cui è destinata l'energia prodotta) oltre il quale cessa o resta notevolmente ridotta la convenienza delle utilizzazioni industriali.

3) Strettamente connessi con lo sviluppo dell'utilizzazione integrale delle nostre risorse idriche sono: lo sviluppo delle grandi reti di connessione (fra impianti di bacini diversi e zone di consumo pure diverse fra loro) e la creazione di grandi centrali termiche di integrazione.

Le grandi reti di connessione consentono di realizzare una utile compensazione *nel tempo* fra i consumi di zone diverse e di integrare inoltre le deficenze di energia stagionale di determinati bacini mediante le disponibilità di altri più ricchi. Esse però non consentono, come da molti si è creduto o si crede tuttora, di effettuare anche una vera e propria *compensazione reciproca nel tempo* fra le disponibilità dei bacini alpini e quelle dell'Appennino settentrionale.

Le centrali termiche sono pure necessarie ai fini dell'utilizzazione integrale delle risorse idrauliche, in quanto permettono di integrare entro ampi limiti le deficenze idriche stagionali ed annuali ordinarie e straordinarie dei bacini utilizzati.

4) Quanto più vantaggiose sono le condizioni di produzione dell'energia termica di integrazione, tanto più elevate possono essere le portate discontinue economicamente derivabili con gli impianti idroelettrici; questo, però, entro quei limiti e per quei soli bacini che consentono di produrre l'energia idraulica (discontinua) ad un costo sufficientemente inferiore a quello dell'energia termica, e che permettono di utilizzare convenientemente le centrali termiche di integrazione.

La diminuzione del costo di produzione dell'energia termica tende pertanto a favorire lo sviluppo delle utilizzazioni più convenienti e a ostacolare quello delle utilizzazioni meno economiche o caratterizzate da regimi idrologici molto variabili da un anno all'altro.

Già nelle condizioni attuali, inoltre, il basso costo di produzione dell'energia termica ha contribuito a restringere notevolmente i limiti di convenienza dei grandi serbatoi stagionali.

5) Le principali direttive che conviene seguire nel progetto e nell'attuazione di un piano di utilizzazione integrale, in armonia con i criteri di tornaconto illustrati nella relazione, sono i seguenti:

*a*) Conviene utilizzare sotto il minor numero possibile di salti i deflussi disponibili nelle parti più elevate dei bacini; col diminuire delle altitudini, tale convenienza va diminuendo.

*b*) Le portate massime derivabili con impianti ad acqua fluente privi di serbatoi giornalieri conviene che non superino quelle disponibili alle rispettive prese per 300÷240 giorni su 365; gli impianti con serbatoi diurni o settimanali possono essere invece commisurati a portate della durata di 200÷150 giorni; è probabile che, con l'ulteriore sviluppo delle reti di connessione e con l'eventuale diminuzione del costo di produzione dell'energia termica, le portate derivabili con gli impianti alpini in condizioni più vantaggiose possano raggiungere quelle della durata di 150÷120 giorni su 365. Negli impianti dell'Appennino settentrionale e delle isole, invece non converrà forse mai superare le portate della durata di 180 giorni.

*c*) Nello stabilire le potenze massime efficienti di diversi impianti appartenenti ad uno stesso sistema, è necessario partire dal concetto di adibire ciascun impianto a quella funzione che consente di trarre il massimo profitto dalle sue caratteristiche peculiari, in rapporto alle diverse esigenze del servizio cui è destinato l'intero sistema e alla condizione del minor costo possibile dell'energia complessivamente prodotta.

Per trovare la soluzione più conveniente occorre talvolta procedere per tentativi successivi assumendo varie ipotesi di ripartizione dei carichi fra i diversi impianti previsti e stabilendo i diagrammi di funzionamento di questi con l'aiuto di curve ausiliarie facilmente desumibili dai diagrammi di carico stabiliti per il sistema di utilizzazioni studiato.

6) L'energia producibile con un dato impianto viene talvolta caratterizzata, qualitativamente, facendo riferimento alla *durata annua di utilizzazione della potenza efficiente* dell'impianto stesso. Ma tale grandezza, notevolmente variabile da caso a caso con le caratteristiche e la fase di esercizio (iniziale o normale) dell'impianto considerato e con i caratteri idrologici normali e contingenti del corso d'acqua utilizzato, ha praticamente un significato statistico assai più ristretto e indeterminato di quello che gli viene talvolta attribuito.

In ogni caso, la durata in oggetto presenta dei valori limiti difficilmente superabili in pratica; per la maggior parte degli impianti italiani, e specialmente per quelli più recentemente costruiti o ancora realizzabili secondo i criteri di massima accennati nella presente relazione, tali limiti sono compresi tra le 2000 e le 3000 ore circa per gli impianti senza serbatoi stagionali e tra le 1200 e le 3000 ore per quelli con serbatoi stagionali.

Ing. Angelo Testa.

ING. ANTONIO MOTTA

# Notizie sulle misure ipsometriche

Accade sovente, nella pratica professionale, di trovarsi a dover riconoscere altimetricamente, in breve tempo e con una certa precisione, una regione, dell'estensione anche di centinaia e migliaia di chilometri quadrati, di configurazione topografica tale da richiedere, coi mezzi di uso comune, parecchio tempo per le operazioni ed una notevole spesa.

Quando si tratta di studi di massima per lavori ferroviari, strade, mappe quotate e, nel caso specifico più interessante per questa rivista, di lavori idraulici per impianti idroelettrici, con economia di tempo e di denaro, senza pregiudicare il grado di precisione dello studio stesso, si può comodamente conseguire lo scopo ricorrendo alla livellazione ipsometrica.

Non è scopo di questa breve nota il trattare un argomento sul quale nulla vi sarebbe da aggiungere agli studi fatti dal Prof. Domenico Omodei dell'Università di Genova, del quale è merito se oggi l'ipsometria comincia ad avere in Italia un'ampia e giusta applicazione. Chi scrive ha avuto la fortuna di essere istruito dallo stesso Prof. Omodei su questo genere di misure e di avere sotto la stessa direzione eseguito delle pratiche applicazioni, e vuol solo portare a conoscenza dei tecnici alcune nozioni e considerazioni pratiche che valgono a far rilevare come le preziose indagini dell'autore di questi studi e sovratutto il progresso della tecnica nella costruzione dei termometri abbiano reso pratico il metodo di misura altimetrica in base alla pressione atmosferica, metodo che si può dire era rimasto nel campo delle sole ricerche geografiche. Quanto segue tende a far risaltare la semplicità e la rapidità alle quali sono ridotti tanto il procedimento per le osservazioni, quanto il calcolo della formola risolutiva, ciò che, considerato in uno col grado di precisione dei risultati, offre un mezzo economico, spedito e di buona approssimazione per calcolare i dislivelli tra punti diversi.

***

L'ipsometro o termo-barometro è un istrumento basato sulla legge fisica che « la tensione massima del vapore corrispondente alla temperatura di ebollizione di un liquido (acqua) è uguale alla pressione esercitata dall'atmosfera sul liquido ». La sua applicazione nelle misure altimetriche è manifestamente quindi una modifica del noto sistema di livellazione barometrica e, come si vedrà più avanti, ne costituisce anche una notevole ed importante semplificazione.

È noto che l'altimetria barometrica è compendiata nella formola generale di Laplace che, perfezionata da Rühlmann e da Wild, è reputata la più completa ed esatta in confronto di altre precedentemente proposte. Tale formola è la seguente:

$$Z = A \, . \, B \, . \, C \, . \, D \, . \log \frac{H_0}{H} \quad (1)$$

(1) Il simbolo log significa qui e dopo logaritmo decimale.

in cui è

$$A = 18\,400\,(1{,}00157 + 0{,}00367\,\theta),$$

$$B = \frac{1}{1 - 0{,}378\,\dfrac{\varphi}{\eta}}$$

$$C = 1 + 0{,}00259 \cos 2\lambda$$

$$D = \frac{Z + 2z}{6\,371\,104};$$

i simboli risultano dallo schizzo della fig. 1 e dalle indicazioni che seguono:

$\lambda$ = latitudine.

Stazione alta: $H$ = pressione atmosferica a $t = 0°$; $t$ = temperatura dell'aria; $f$ = tensione del vapore

» bassa: $H_0$ = pressione atmosferica a 0°; $t_0$ = temperatura dell'aria; $f_0$ = tensione del vapore

$$\theta = \frac{t + t_0}{2}$$

$$\varphi = \frac{f + f_0}{2}$$

$$\eta = \frac{H + H_0}{2}$$

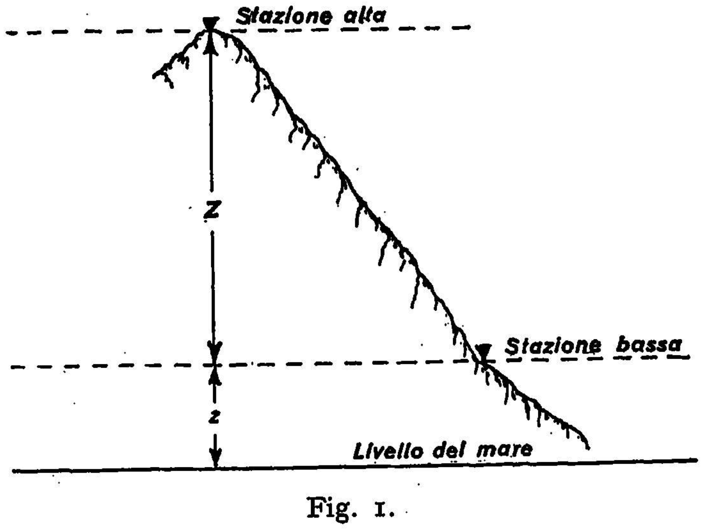



Fig. 1.

I risultati da tempo conosciuti dell'applicazione di questa formola, avrebbero in verità giustificato una maggior diffusione del metodo; basterebbe ricordare le osservazioni ese-

guite negli Osservatori di Torino e al Gran S. Bernardo nell'agosto del 1871 che, come media di 183 osservazioni, hanno dato (con una formola un po' diversa da quella di Laplace e valevole per latitudini vicine ai 45° N) un dislivello di m 2202 contro m 2202,30 ricavato dal rilievo geodetico, una differenza cioè di circa 0,15 °/₀₀ (*A*). Ma se questo risultato è invero un po' eccezionale, dato il gran numero di osservazioni disponibili fatte con comodità di mezzi in due Osservatori, assai più significativo è quello ottenuto da S.A.R. il Duca degli Abruzzi nella spedizione al Ruwenzori (*B*) nel giugno 1906 relativo alle due cime più elevate del gruppo montagnoso, cioè Punta Margherita e punta Alessandra. Quasi due anni dopo, cioè nel 1907-1908, una Commissione geodetica inglese (*C*) ha ripetuto le determinazioni suddette per mezzo di triangolazione ed i valori ottenuti sono i seguenti:

| Misura di S. A. R. (con barometro Fortin) m | Misura della Commissione Inglese (per triangolazione) m | Differenza assoluta m | Differenza in % |
|---|---|---|---|
| 5125 | 5119 | 6,— | 0,11 |
| 5105 | 5098 | 7,— | 0,12 |

ed è da notare che la stazione inferiore di riferimento era Entebbe o Port Alice, situata sulla costa settentrionale del Lago Vittoria, di cui era nota la quota altimetrica a più di 350 km di distanza.

***

Ma varie sono le ragioni per le quali questo sistema di livellazione non ha avuto vasta applicazione. I barometri a mercurio tipo Fortin, pure essendo buoni istrumenti che permettono la lettura con l'approssimazione di 1/10 ÷ 1/20 di millimetro, male si prestano per essere trasportati, specie se in località di difficile accesso, non tanto per la facilità di rottura quanto per la necessità di evitare scuotimenti che ne compromettono la precisione; ciò obbliga anzi ad un continuo controllo perchè le avarie che possono avvenire, non sono sempre facilmente avvertibili.

D'altra parte, i barometri metallici, se sono poco ingombranti e di facile trasporto, forniscono però indicazioni troppo poco approssimate e sono quindi da scartare per il genere di misure di cui si parla.

L'ipsometro è invece un istrumento semplice, di piccole dimensioni e comodo da trasportare. Le figg. 2 e 2*a*) che lo rappresentano non hanno bisogno di ulteriori spiegazioni. Del resto nelle istruzioni che la Casa costruttrice unisce all'istrumento ne sono date la descrizione e l'uso e sono indicati tutti gli accorgimenti pratici che possono portare a buoni risultati.

Quanto al grado di approssimazione che si può raggiungere, l'ipsometro può competere col barometro a mercurio, dopo che sono stati introdotti i termometri a centesimo di grado, e poichè quest'ultima divisione ha mediamente in detti termometri una lunghezza di circa 3/10 di millimetro, è possibile, con un oculare anche a piccolo ingrandimento, ottenere una approssimazione ancora maggiore.

Per le misure altimetriche, oltre la pressione atmosferica importa conoscere la temperatura dell'aria e la tensione del vapore d'acqua in essa contenuto.

Serve a questo duplice intento un solo istrumento che è lo psicrometro ad aspirazione Assmann (fig. 3).

Il termometro a bulbo asciutto fornisce la temperatura dell'aria, le indicazioni del termometro asciutto e quelle del termometro bagnato, mediante apposite tabelle (*E*) servono a dare la tensione del vapore.

L'aspirazione permette che una considerevole massa d'aria passi a contatto del bulbo dei due termometri ed il doppio involucro metallico a pareti speculari impedisce l'effetto delle radiazioni termiche dei corpi circostanti.

Anche per questo apparecchio la Ditta costruttrice fornisce dettagliate istruzioni.

L'uso dell'ipsometro reca inoltre il vantaggio di semplificare la formola per il calcolo.

Infatti, dei diversi fattori costituenti la citata formola di Laplace e che per brevità si sono indicati con *A*, *B*, *C* e *D*, i termini *C* e *D* dipendono dalle correzioni che si devono apportare alle

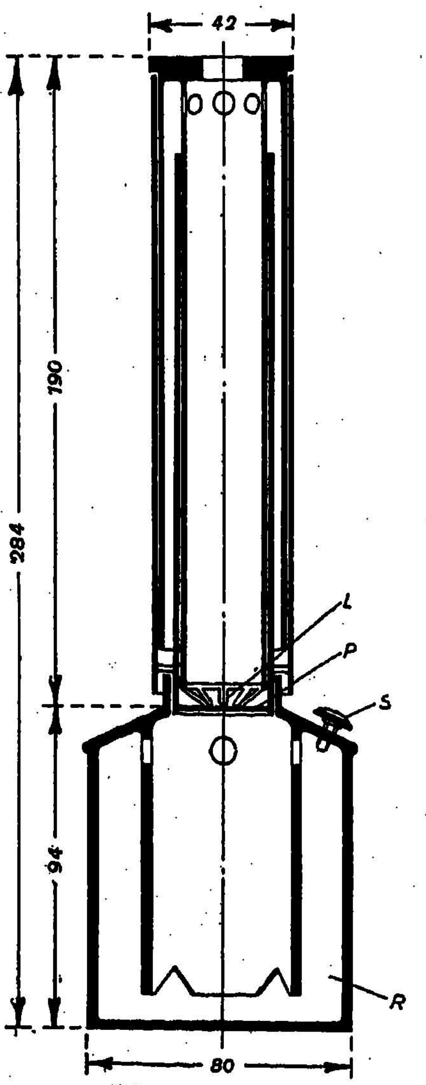



Fig. 2. - Ipsometro (sezione).
*L* = lamina a molla
*P* = rete di protezione
*S* = sfiatatore
*R* = recipiente inferiore.

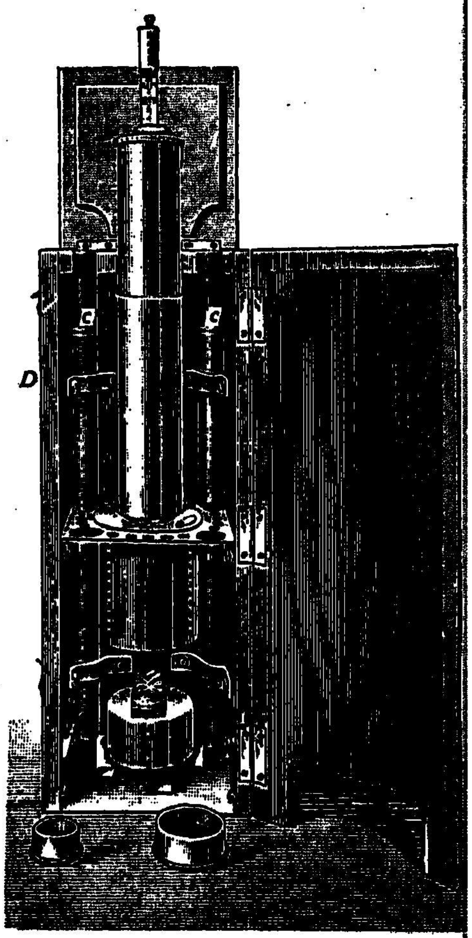



Fig. 2*a*. - Ipsometro nella custodia
*D* = custodia dell'apparecchio
*c, c* = custodie metalliche per termometri

letture barometriche per ridurle a 45° di latitudine ed al livello del mare, ma poichè nelle misure eseguite con l'ipsometro le pressioni corrispondenti alle temperature di ebollizione sono già espresse in millimetri di mercurio a 45° di latitudine ed al livello del mare, i termini *C* e *D* sono da omettersi e la formola si riduce a:

$$Z = \log \frac{H_0}{H} \cdot 18400\ (1{,}00157 + 0{,}00367\ \theta) \cdot \left( \frac{1}{1 - 0{,}378\ \frac{\varphi}{\eta}} \right)$$

Per eseguire adunque una livellazione termo-barometrica, o, come si dice anche ipsometrica, si procede nel seguente modo: per mezzo dell'ipsometro si misura la temperatura di ebollizione dell'acqua in ciascuna delle stazioni delle quali si vuol trovare la distanza altimetrica. Dalle letture termometriche, debitamente corrette, si ricavano le corrispondenti pressioni assolute, $H_0 H$...., mediante le tabelle (*D*) che il Prof. Omodei ha ricavato dalle Wärmetabellen der Physikalisch-Technische Reichsanstalt di Holborn, (Scheel e Henning; Vieweg - Braunschweig 1919) con riferimento alla stessa scala di temperatura

con la quale è fatta la taratura dei termometri dal Phys. Tech. Reichsanstalt. Queste tavole forniscono, per ogni centesimo di grado, i valori delle pressioni in millimetri di mercurio; $t_0$ e $t$ sono dati dai termometri asciutti degli psicrometri, che servono anche per trovare la tensione di vapore, la quale è data da apposite tabelle (*E*) in base alle indicazioni simultanee dei due termometri (quello asciutto e quello bagnato).

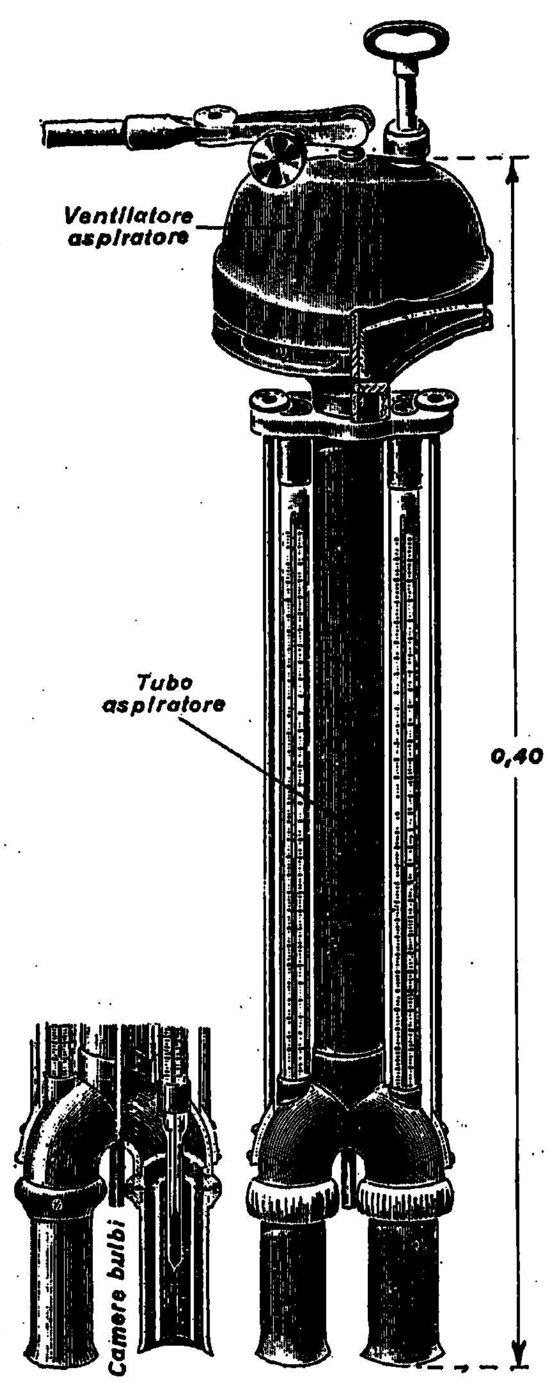



Fig. 3. Psicrometro ad aspirazione *Assmann*.

Per i termometri degli psicrometri è sufficiente una suddivisione fino a 1/5 di grado.

Avuti così gli elementi da introdurre nella formola, rimarrebbe ancora una serie laboriosa di computi da eseguire per la risoluzione, se non esistessero delle apposite tabelle (*D*) (*F*) che forniscono i logaritmi delle espressioni *A* e *B* della citata formola ridotta di Laplace, per intervalli di 1/10 di grado per $\theta$, di mm 0,5 per $\varphi$ e di mm 50 per $\eta$; approssimazioni maggiori si ottengono applicando l'ipotesi, comune in questo genere di calcoli, della proporzionalità tra due dati consecutivi.

***

È ovvio che per le misure ipsometriche si deve tener conto anche delle variazioni diurne della pressione atmosferica se si vuole procedere nelle osservazioni in modo da ridurre al minimo gli errori.

Studi su questo argomento sono contenuti nelle citate pubblicazioni del Prof. Omodei, ed in questa nota si riportano solo quelle notizie pratiche che riguardano le operazioni di misura ipsometrica.

Per effetto della variazione diurna della temperatura, si osservano delle variazioni nella pressione atmosferica ad andamento periodico regolare dette altrimenti « maree atmosferiche »; altre variazioni accidentali si verificano in dipendenza di complessi fenomeni meteorologici che non risultano legati a qualsiasi legge.

Il diagramma della fig. 4 indica l'andamento della marea atmosferica alle latitudini medie per quote dal livello del mare di 1000 metri e per quote superiori ai 1000 metri.

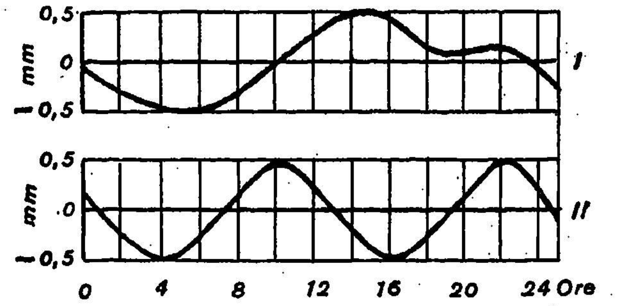



Fig. 4.

Da quanto sopra consegue che:

*a*) è consigliabile evitare di eseguire osservazioni in periodo di turbamenti atmosferici specialmente se la distanza planimetrica fra le diverse stazioni è notevole;

*b*) il sincronismo delle misure nelle diverse stazioni permette di ridurre il numero delle osservazioni;

*c*) nel caso in cui due stazioni si trovino a quote di diversa marea, il sincronismo delle misure perde parte della sua efficacia ed allora tanto maggiore sarà l'approssimazione del risultato quanto più numerose saranno le osservazioni.

In qualunque caso è bene non limitarsi ad una sola osservazione; la media di diverse letture riduce anche l'errore di stima.

*Esempio numerico pratico.*

L'ipsometro può essere messo in un luogo qualunque; tanto meglio se si trova un ricovero che renda ancora più agevole il lavoro.

Ogni termometro deve essere corredato del certificato di taratura rilasciato dal Physikalisch-Technische Reichsanstalt di Charlottenburg, con approssimazione a circa 1/1000 di grado, dal quale si ricava altresì la correzione da apportare per il tratto di colonna di mercurio eventualmente non contenuta nel tubo dell'ipsometro (+0,006 gradi per ogni grado sporgente).

Le osservazioni si possono riunire in uno speciale specchio come quello riportato qui sotto:

| Numero delle osservazioni | Ora | *T* ipsometro | *t* ambiente | Psicrometro | | Osservazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | *t* asciutto | *t* bagnato | |
| 1 | 9,50' | 92°476 | 7°8 | 7°7 | 5°9 | Stazione ................................ |
| 2 | 9,53' | —,477 | 7°8 | 7°8 | 6°0 | ............................................ |
| 3 | 9,56' | —,476 | 7°8 | 7°8 | 5°9 | Termometro N°.......... Limite della colon- |
| 4 | 10,— | —,477 | 7°8 | 7°9 | 6°0 | na di mercurio contenuto nel recipiente: 92°25 |
| 5 | 10,3' | —,478 | 7°9 | 7°8 | 6°0 | |
| 6 | 10,6' | —,478 | 7°9 | 7°8 | 5°9 | Condizioni atmosferiche .................. |
| 7 | 10,9' | —,476 | 7°8 | 7°6 | 5°8 | ............................................ |
| 8 | 10,12' | —,475 | 7°8 | 7°5 | 5°8 | |
| Medie ..... | | 92°476 | 7°8 | 7°7 | 5°9 | |

$T = 92°476$; Correzione dal P.T.R.: .................. —0°008

» per sporgenza della colonna di mercurio:

$(92°476 - 92°25) \times 0{,}006 =$ + 0,001

Correzione risultante .......................... — 0,007

$92°476 - 0{,}007 = 92°469$

Dalle tabelle:

per $T = 92°46$, $H =$ mm 576,85

» $T = 92°47$, $H =$ » 577,06

differ. mm 0,21

$0{,}21 \times 0{,}9 = 0{,}189$

$H = 576{,}85 + 0{,}189 =$ mm, 577,039

*Tensione di vapore.*

$7°7 - 5°9 = 1°8$

Dalle tabelle:

per diff. 1°8 e per $t$ bagnato 5°8; $f = 5{,}83$

» » 1°8 e » $t$ » 6°—; $f = 5{,}92$

differenza = 0,09

$$f = 5{,}83 + \frac{0{,}09}{2} = 5{,}875.$$

Per un'altra stazione si supponga di aver trovato i seguenti dati:

$H_0 = 726{,}185$; $t_0 = 18°2$ (amb.); $f_0 = 13{,}260$.

gli elementi per il calcolo saranno quindi:

$$\eta = \frac{577{,}039 + 726{,}185}{2} = 651{,}612$$

$$\Theta = \frac{7°8 + 18°2}{2} = 13°00$$

$$\varphi = \frac{5{,}875 + 13{,}260}{2} = 9{,}567$$

Sostituendo si ha:

$\log H_0 = 2{,}86104$

$\log H = 2{,}76120$

$0{,}09984 = \log H_0 - \log H$

$\log (\log H_0 - \log H) = 2{,}99930$

$\log A = 4{,}28571$

$\log B = 0{,}00241$

$\log Z = 3{,}28742$

da cui $Z =$ m 1939,50.

Il dislivello misurato è ovviamente quello che intercorre tra le superfici dell'acqua nella caldaietta dell'ipsometro delle diverse stazioni.

***

Misure altimetriche con ipsometro sono state eseguite dal Prof. Omodei e dal Capitano Palazzolo del R° Istituto Geografico Militare:

tra Genova e Torriglia distanti in linea d'aria circa 22 km riscontrando una differenza del 0,1 % sulla livellazione di precisione;

tra Genova e Busalla distanti in linea d'aria circa 17 km con una differenza del 0,16 % *con osservazioni,* in questo caso, *eseguite in condizioni atmosferiche sfavorevolissime e cioè in pieno periodo ciclonico con squilibrio di pressione eccezionale.*

Chi scrive ha eseguito operazioni di livellazione ipsometrica in Valle Antrona (Ossola) sotto la guida e direzione dello stesso Prof. Omodei, coadiuvato dal Dott. Cavalleri; pur non avendo a disposizione psicrometri ad aspirazione, ed avendo incontrato delle giornate poco favorevoli specie per la temperatura eccezionalmente rigida (le prove sono state eseguite verso la fine del mese di dicembre), la media delle misure eseguite con poche osservazioni ha dato un errore inferiore al 0,13 per cento, rispetto ai risultati della livellazione geometrica, tenuto conto anche che le misure *non* sono state eseguite in sincronismo.

Da quanto sopra accennato, ed in considerazione che la spesa per tutto il materiale ipsometrico non eguaglia quella per un modesto teodolite, appare come sovente la livellazione ipsometrica possa anche presentare dei vantaggi in confronto di quella geodetica; vantaggi che appaiono ancora più evidenti quando si pensi che la distanza di parecchie decine di chilometri fra punto e punto della zona che si vuol esplorare, ha influenza trascurabile sul grado di approssimazione dei risultati e che le osservazioni, che in media non occupano più di mezza giornata di tempo, possono essere eseguite contemporaneamente in più punti diversi.

A proposito della distanza fra i diversi punti da esplorare si vuol ricordare il risultato ottenuto da S.A.R. il Duca degli Abruzzi nella spedizione di ricerca delle sorgenti dell'Uebi Scebeli attraverso l'Etiopia (*G*).

Fra la stazione di riferimento, Villaggio Duca degli Abruzzi, in Somalia e Hadama, sulla ferrovia Gibuti Addis-Abeba *alla distanza di circa un migliaio di chilometri,* la differenza tra la livellazione ipsometrica e quella di precisione eseguita per la ferrovia risulta solo del 0,4 %.

Certo che la livellazione ipsometrica non può sostituire quella geometrica nei casi in cui è richiesta una precisione di millimetri, come avviene per esempio per la costruzione dei canali, per collegamento di strutture fisse con elementi rigidi ecc.; ma questi casi di riferiscono in massima a distanze e a dislivelli non molto grandi e che possono essere di frequente ridotti a tronchi di collegamento più o meno brevi.

***

Il metodo di livellazione ipsometrica è ora usato dal R° Istituto Geografico Militare, e l'illustre direttore dello stesso, Generale Nicola Vacchelli, quale prefazione alla pubblicazione « Misure altimetriche in base alla pressione atmosferica del Prof. Omodei » (*D*) nella quale, per quanto a buon fine, io ho tanto mietuto, scrive fra l'altro:

« *La buonissima prova data, anche recentemente, durante il viaggio di S.A.R. il Duca degli Abruzzi per l'esplorazione dello Uebi-Scebeli, dal metodo ipsometrico per la determinazione delle altitudini, ha fatto sentire la opportunità di portare il metodo*

*stesso nel campo pratico, dal quale era stato sinora trascurato per deficenza di adeguati istrumenti di misura. In tale occasione infatti il Cap. Palazzolo, seguendo le istruzioni del chiarissimo Prof. Omodei, ha potuto quotare con grande sicurezza la carta della Spedizione pubblicata da questo Istituto Geografico, rendendo evidente come il metodo, per la sua semplicità e per le garanzie che offre, si presti ad essere usato con grande vantaggio nei* rilievi geografici coloniali, nei rilievi di massima per acquedotti, tracciati ferroviari, impianti idroelettrici, *ecc*.... ».

Questo autorevole parere ed il risultato dei pochi esperimenti ai quali ho partecipato mi hanno invogliato a scrivere questa breve nota e ringrazio il Prof. Omodei della cooperazione concessami.

ING. ANTONIO MOTTA.

*Milano, maggio* 1932-X.

# Bibliografia

(*A*) – BATTELLI e CARDANI: *Trattato di fisica sperimentale per le Università*. Milano. Vallardi, 1902.

(*B*) – S.A.R. L. A. DI SAVOIA - DUCA DEGLI ABRUZZI: *Il Ruwenzori*. Hoepli. Milano, 1908. - Appendice B. III. Relazione sulle misure altimetriche del Prof. Omodei.

(*C*) – *Survey and exploration in the Ruwenzori and Lake region, Central Africa* - By Major R. G. T. Bright C.M.G. Rifte Brigade (« The geographical Journal », August, 1909).

(*D*) – D. OMODEI: *Misure altimetriche in base alla pressione atmosferica*. Firenze. R° Istituto Geografico Militare, 1930.

(*E*) – *Aspirations - Psichrometer - Tafeln - Braunsweig*. F. Wieweg, 1930.

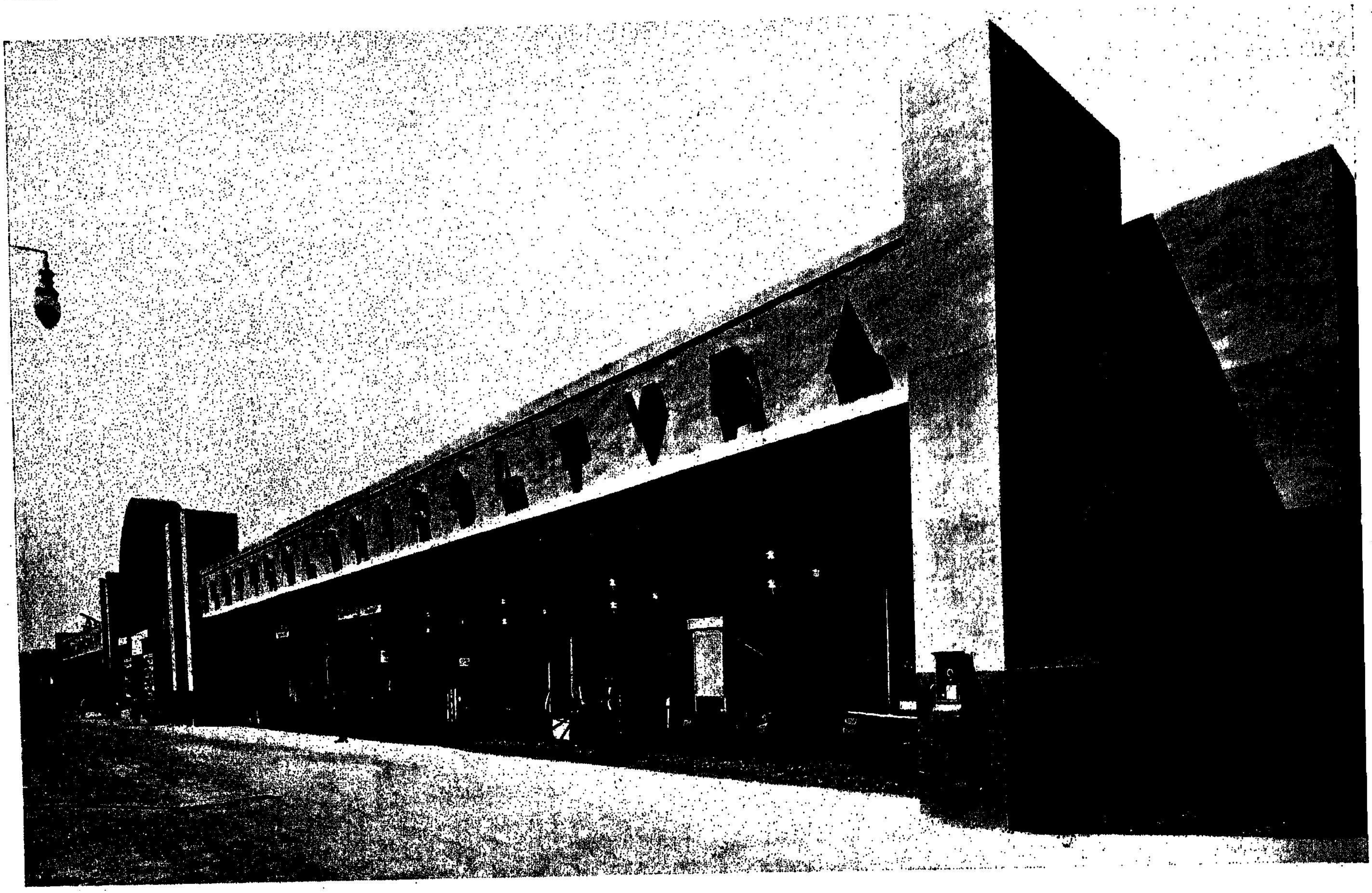
(*F*) – *Tables Météorologiques Internationales - Paris*. Gauthier-Villars, 1928.

(*G*) – S.A.R. L. A. DI SAVOIA-AOSTA - DUCA DEGLI ABRUZZI: *La esplorazione dell'Uebi-Scebeli*. Verona. Mondadori, 1932. - Appendice v. Misure altimetriche del Prof. Omodei.

# La Mostra Nazionale di Meccanica Agraria

Il giorno 8 maggio, con l'intervento di S. E. il Capo del Governo, si è inaugurata a Roma la Mostra Nazionale della Meccanica Agraria, la prima delle manifestazioni indette in occasione del Decennale della Marcia su Roma.

La Mostra, che si è protratta fino al 5 giugno, ha avuto un successo assai lusinghiero richiamando non solo una gran folla di rurali da tutta l'Italia ma anche masse cittadine che sempre più si interessano delle operazioni dei campi: oltre 700 000 visitatori. Essa è riuscita una completa documentazione dei progressi raggiunti dall'industria italiana nella costruzione di macchine per l'agricoltura.



Il padiglione dell'Elettroagricoltura.

L'abilità dei fioristi romani aveva saputo in breve tempo trasformare il vasto campo dei Parioli in un magnifico giardino. Imponente era la rassegna di macchine per l'agricoltura, quantunque fosse stato limitato, con giusti criteri tecnici, il numero delle Ditte espositrici (queste erano oltre 600 con 10 000 macchine), estendentesi per un kilometro dal monumento all'aratro, posto vicino all'ingresso, fino all'ultimo padiglione destinato alle macchine per l'irrigazione.

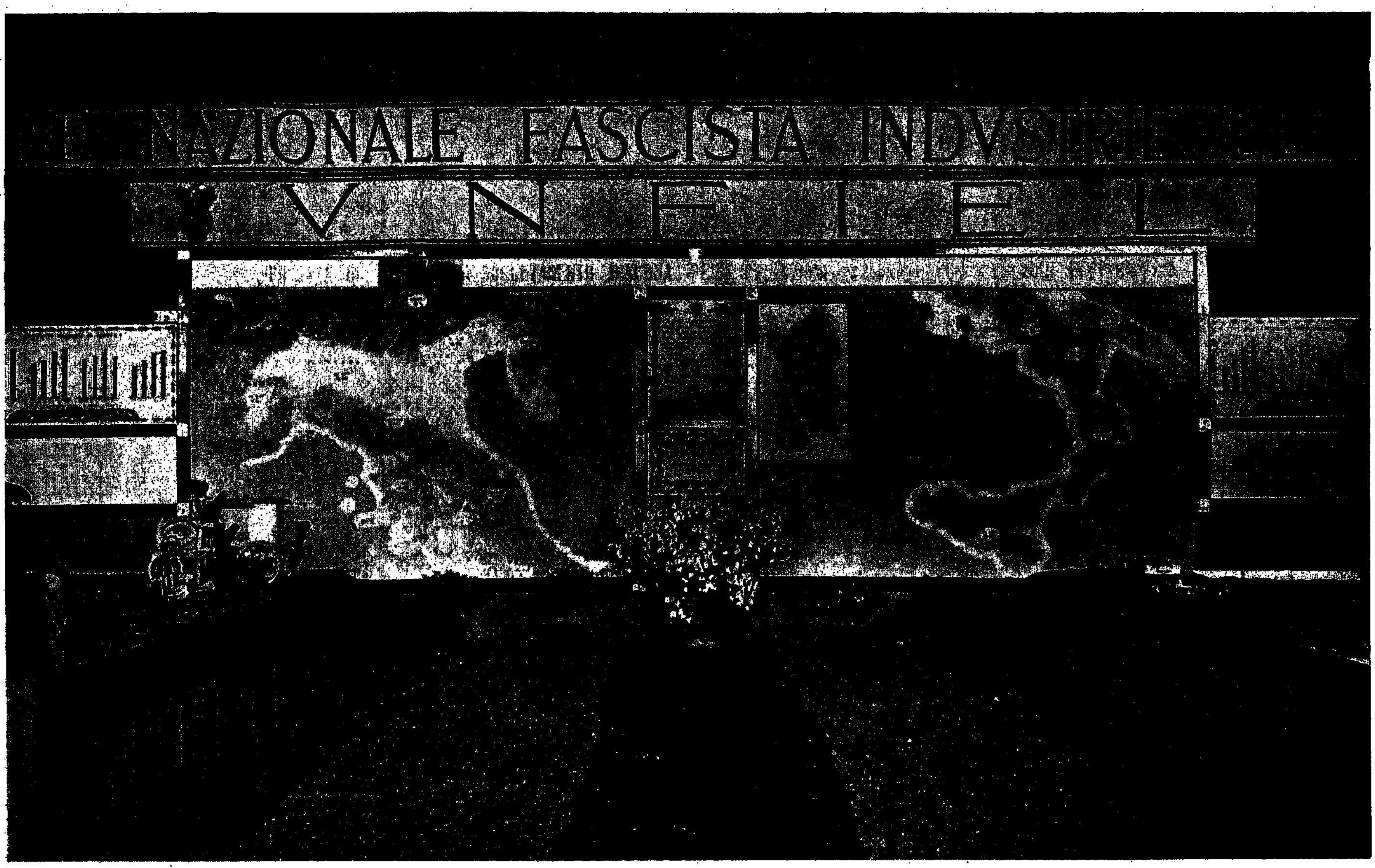
Oltre si stendeva un vasto campo per l'esperimentazione pratica dei vari apparecchi, che permetteva di mettere in più diretto contatto i costruttori di macchine con la massa degli agricoltori.

Così la mostra delle macchine ordinata in varie categorie (lavorazione e sistemazione del terreno, distribuzione dei concimi e preparazione delle sementi, raccolta e manipolazione dei prodotti, alimentazione del bestiame, ricerca e sollevamento d'acqua per uso irriguo, macchine per enologia, oleifici, caseifici, canalizzazioni e drenaggi, refrigerazione e conservazione dei prodotti agricoli) ha acquistato una particolare importanza per l'impostazione del problema dei rapporti fra industria meccanica ed agricoltura.

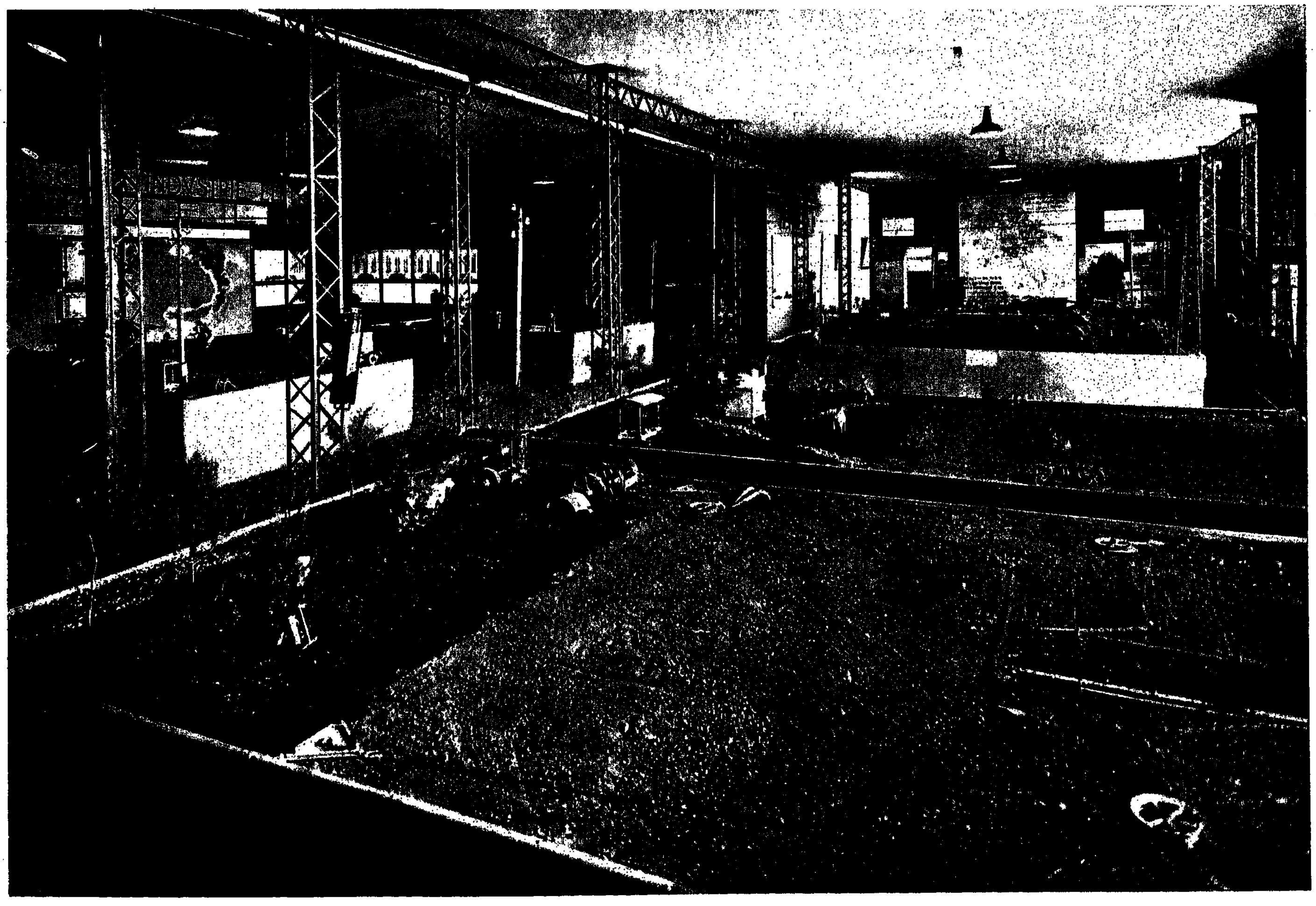
Molte le novità dal punto di vista costruttivo: venne fra l'altro esposta la prima trattrice italiana a nastri di aderenza; e numerose le novità presentate da inventori isolati artigiani agricoltori.

Il padiglione dell'elettroagricoltura, fatica particolare del Capitano Violati-Tescari, apostolo ammirevole delle applicazioni elettroagricole, con la forma di un'elettrocalamita tricolore, si distingueva per l'originale modernissima architettura, per la tecnica della costruzione a tralicci metallici, ove isolatori e fili bene armonizzavano quali elementi decorativi. Con dovizia di mezzi veniva dimostrato il cammino percorso dall'Italia nel campo delle applicazioni elettroagricole.

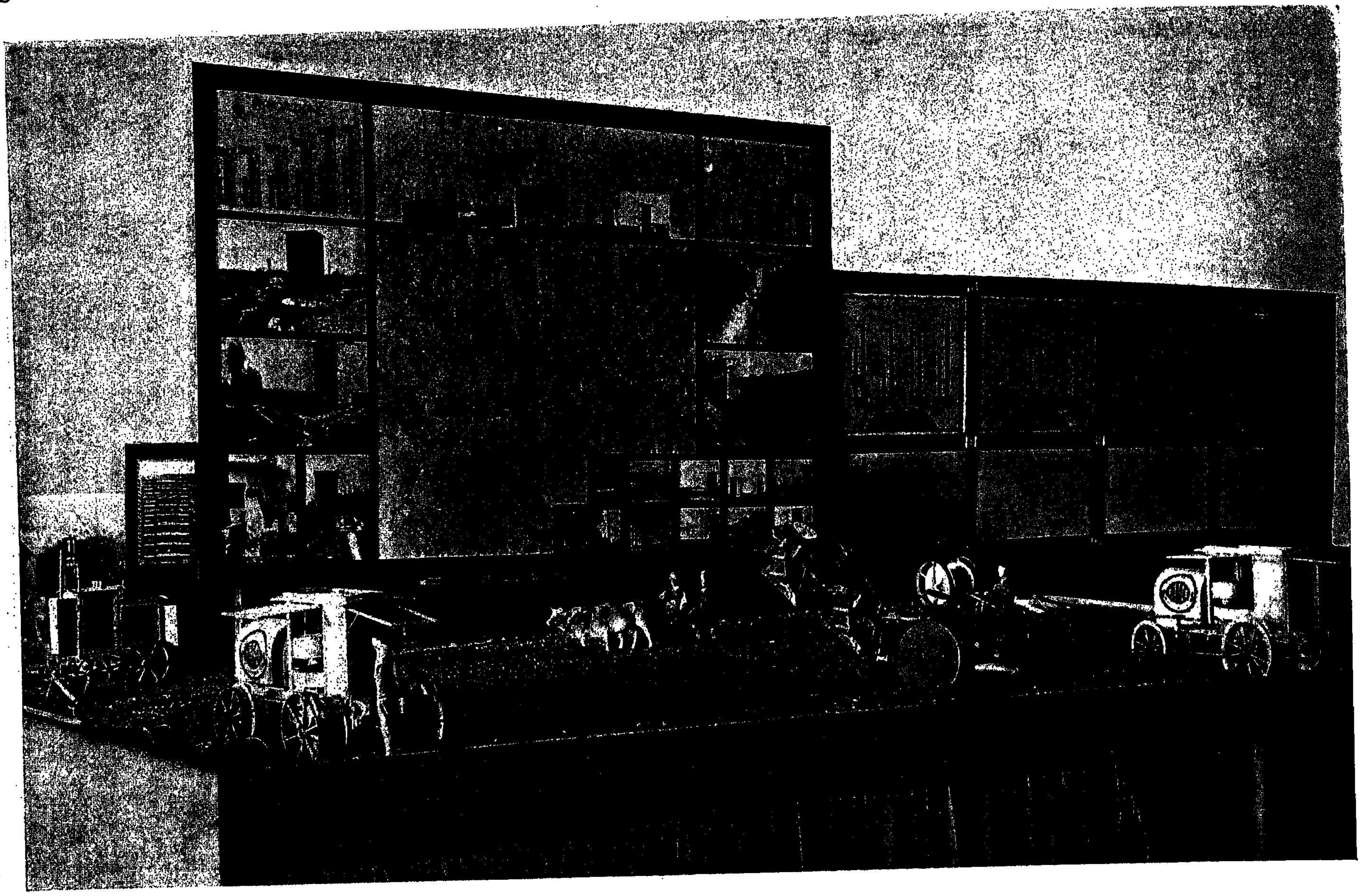
Per cura dell'UNFIEL veniva esposta, nel padiglione centrale, una grande carta d'Italia nella quale erano riportati per tutte le regioni d'Italia il numero, l'ubicazione e le potenze installate negli impianti di sollevamento d'acqua per irrigazione azionati con energia elettrica, chiara dimostrazione dello sviluppo raggiunto in Italia da tale applicazione dell'elettricità




La mostra della UNFIEL.



Veduta generale dei modelli meccanici, dei plastici e dei quadri illustrativi della Valdarno e delle Aziende elettriche distributrici nell'Agro Romano.



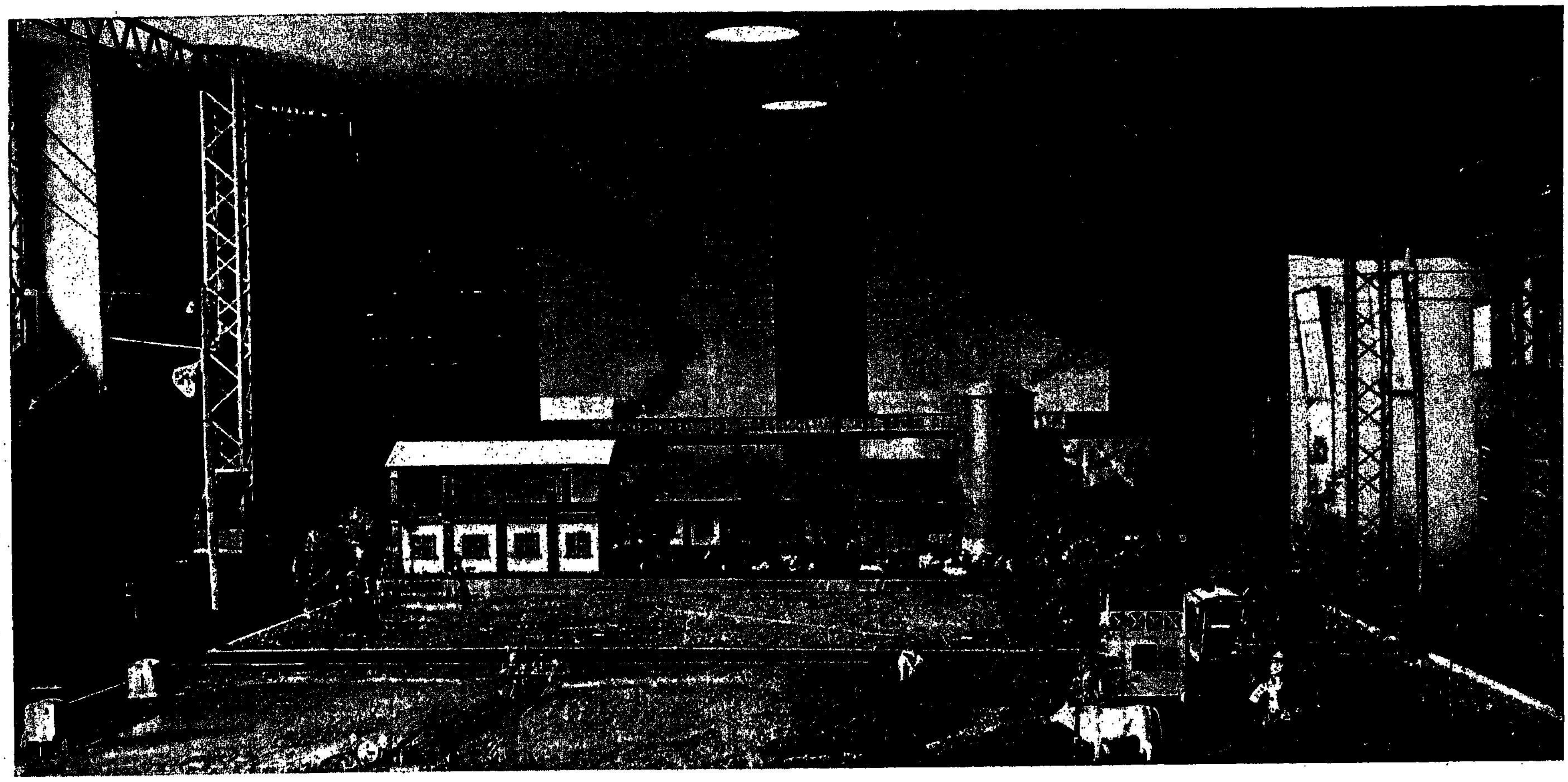
Modello meccanico del sistema di aratura Violati-Tescari e quadri illustrativi della Soc. Dinamo.

nell'agricoltura. Quadri dimostrativi pure compilati a cura della UNFIEL mettevano in rilievo la diffusione delle varie applicazioni dell'energia elettrica per la bonifica, per le lavorazioni pesanti del terreno, per la raccolta dei prodotti del suolo e per le prime lavorazioni dei prodotti agricoli. Vi erano inoltre tabelle che davano per ogni applicazione il numero degli impianti, la potenza complessiva installata e l'energia consumata nel 1931. Ci piace riportare nelle seguenti tabelle un riassunto dei dati esposti, perchè da essi si desume che l'Italia è all'avanguardia nelle applicazioni elettroagricole e per quanto riguarda l'irrigazione e la bonifica non è superata da alcun'altra Nazione Europea.

*Impianti di sollevamento d'acqua per irrigazione*

| | Impianti N.° | Potenza in kW |
|---|---|---|
| Piemonte | 1 825 | 10 736 |
| Lombardia | 850 | 7 846 |
| Venezia Euganea | 607 | 4 171 |
| Venezia Giulia | 5 | 13 |
| Venezia Tridentina | 11 | 55 |
| Emilia | 1 737 | 11 528 |
| Liguria | 3 022 | 4 540 |
| Toscana | 2 973 | 4 503 |
| Lazio | 751 | 4 107 |
| Umbria | 60 | 175 |
| Marche | 470 | 800 |
| Abruzzi Molise | 260 | 420 |
| Campania | 1 876 | 4 977 |
| Puglie | 478 | 765 |
| Basilicata | 9 | 25 |
| Calabria | 430 | 1 030 |
| Sicilia | 3 032 | 10 032 |
| Sardegna | 339 | 804 |

| APPLICAZIONE | Numero impianti | Potenza installata in kW | Energia erogata nel 1931 in kWh |
|---|---|---|---|
| Pompe per uso fattoria | 2 509 | 2 314 | 1 168 123 |
| Macchine per trinciatura, pressatura, sollevamento paglia e foraggi | 3 033 | 3 490 | 716 869 |
| Macchine per molitura e tritatura tutoli, ossa, ecc.; frantoi per olive e panelli, sfibratori, pigiatrici, diraspatrici | 3 448 | 14 317 | 3 667 533 |
| Macchine per la lavorazione del latte (zangole, scrematrici, ecc.) | 2 037 | 3 581 | 4 813 863 |
| Frigoriferi per la conservazione del latte, vino, frutta, uova, verdure, ecc. | 190 | 628 | 1 222 827 |
| Applicazioni termiche varie (scaldacqua, caldaie per mangimi, incubatrici, essiccatoi bozzoli, riscaldamento serre, ecc.) | 266 | 1 218 | 428 012 |
| Impianti di trebbiatura e sgranatura | 1 784 | 21 431 | 5 224 290 |
| Impianti di elettro-aratura e di dissodamento | 78 | 2 964 | 1 353 295 |
| Impianti idrovori di bonifica | 279 | 38 506 | 21 081 038 |
| Impianti di sollevamento d'acqua per irrigazione | 18 635 | 66 527 | 53 047 037 |
| TOTALE | 32 259 | 154 976 | 92 722 887 |



Mostra della Società Meridionale di Elettricità (elettrificazione dell'Agro Campano).

Anche le benemerite Cattedre Ambulanti di Agricoltura per ogni singola Provincia avevano raccolto i dati riguardanti le varie applicazioni elettroagricole che documentano la diffusione di queste con fotografie, diagrammi, tabelle numeriche.

Una particolare dimostrazione degli impieghi dell'energia elettrica è stata fatta per l'Agro Romano a cura dell'Azienda Elettrica del Governatorato di Roma e delle Società Elettriche Tiberina-Laziale-Volsinia, con l'elenco delle facilitazioni accordate agli agricoltori per le linee di allacciamento; per l'Agro Campano dalla Società Meridionale di Elettricità, per il Vercellese e il Novarese dalla Società Dinamo. La Valdarno in un caratteristico quadro murale rappresentava una zona toscana completamente elettrificata.

Nelle varie campate le maggiori Ditte italiane avevano esposto le loro più recenti costruzioni per le aziende agricole elettrificate: macchine per l'aratura elettrica, cabine mobili di trasformazione, locomotrici elettriche ad argano, raggruppate a cura della Società Volsinia di Elettricità e della Interamna di Terni, ecc. Caratteristiche una trattrice elettrica e un gruppo elettromotore omnibus con un argano che con opportuni riduttori di velocità e cambi di puleggie, può permettere sforzi al gancio da 200 a 2000 kg.

Per lo scopo particolare della mostra rivolta specialmente a dimostrare agli agricoltori come fosse pratico e vantaggioso sostituire l'energia elettrica ad altri mezzi meccanici nelle varie lavorazioni del terreno e nelle operazioni di raccolta dei prodotti, vi erano opportuni modelli meccanici in movimento, disposti in modo che i visitatori potessero comodamente ammirarli. Fra l'altro era riprodotto in modo perfetto un appezzamento in miniatura con i vari sistemi di aratura: quello della Ditta Violati Tescari, costruttrice della grande maggioranza delle macchine esposte e che aveva anche predisposto la maggior parte dei plastici; il sistema di aratura Amati Chiavacci, quello dell'Ing. Sacerdote, della STAMEA ecc.; un modello meccanico della Scuola Superiore d'Agraria di Pisa rappresentava l'impianto di cabina di trasformazione e le installazioni per la trebbiatura ed essiccazione del riso.

L'esposizione è stata opportunamente completata da un Congresso Nazionale di Meccanica Agraria, inauguratosi il giorno 12 maggio in Campidoglio con un discorso di S. E. Acerbo Ministro dell'Agricoltura e Foreste, e chiuso il giorno 15 con l'intervento all'ultima seduta di S. E. Serpieri, Sottosegretario per la Bonifica, che nel suo discorso ha chiaramente riassunto i lavori constatando come sia in atto una cordiale collaborazione fra agricoltori ed industriali elettrici.

Fra gli argomenti posti in discussione vi furono anche quelli relativi all'impiego dell'energia elettrica nelle campagne. L'ing. Valduga presentò una memoria in proposito che diede luogo ad animata discussione. Da questa risultò ancora una volta l'importanza preminente del costo degli impianti su quello dell'energia in questo genere di applicazioni, e la necessità che la meccanica agraria crei apparecchi per le lavorazioni del terreno appositamente studiati pel comando elettrico. S.E. Serpieri intervenne nella discussione confermando i concetti che aveva già esposto a Firenze nel discorso tenuto all'Accademia dei Georgofili. Egli mise anche in rilievo i migliorati rapporti fra agricoltori ed imprese elettriche conseguenti alle amichevoli intese sorte fra la Presidenza della Confederazione agricoltori e della UNFIEL. Concluse annunziando che il Governo promuoverà e favorirà tutte le iniziative e gli studi tendenti a diffondere l'impiego dell'energia elettrica nelle campagne, e ciò mediante l'istituzione di Commissioni di studio, di organi di propaganda e d'istruzione nonchè di concorsi.

S. B.

DOTT. ING. GINO TURRINELLI

# Problemi di trazione elettrica su strade ordinarie

## Per la difesa delle strade e per demolire qualche pregiudizio

L'intensificarsi continuo dei trasporti con automobili pesanti, lo scatenarsi sulle strade dei pesanti Diesel, il prossimo avvento dei grossi Diesel elettrici, quello dei grandi veicoli per filovie ecc. creano più che legittime preoccupazioni circa la conservazione delle strade d'Italia le quali di fronte a tanti e così formidabili assalti mostrano già sintomi assai allarmanti.

Poichè la trazione elettrica su strada ordinaria con Diesel elettrofiloviari o colle filovie avrà un incremento certo, crediamo che il problema interessi subito anche gli elettrotecnici.

Noi crediamo infatti che in un avvenire non assolutamente lontano, almeno le autostrade, potranno avere due linee elettriche di contatto, una per l'andata e l'altra pel ritorno.

Il carro Diesel filoviario attingerà da esse energia elettrica da un estremo all'altro del suo viaggio e riprenderà il motore a nafta solo pei minori percorsi nell'interno delle città.

Questa idea è stata esposta ed illustrata anche recentemente da un notissimo e competente studioso di problemi di trazione, l'Ing. Saglio della A.T.A.G. di Roma.

Anche noi dunque riteniamo necessario portare l'attenzione dei tecnici su di una parte del problema, lo studio pratico della quale — a nostro modesto giudizio — non è stato abbastanza approfondito, ossia a quella parte che riguarda la conservazione delle strade e la migliore conservazione del veicolo: ossia al problema del molleggio.

A proposito di esso, mediante alcuni nostri speciali veicoli elettrici, abbiamo potuto condurre a termine esperienze interessanti ed interessanti misure.

E poichè queste misure e questi calcoli determinano l'insufficienza o la erroneità di alcune affermazioni finora accettate come dogmi, riteniamo utile esporre alcune considerazioni e rilievi che a tutta prima possono sembrare paradossali ma che potranno tornare per lo meno interessanti:

per la Azienda Autonoma Statale della Strada,

per i costruttori di veicoli e specialmente per quelli a trazione elettrica,

per i costruttori di molle,

per i fabbricanti di gomme e di pneumatici.

***

Ci proponiamo perciò di dimostrare:

I - che — se si hanno due veicoli, uno munito di gomme piene, l'altro di pneumatici, nelle identiche condizioni di marcia e di carico — può darsi benissimo che il veicolo munito di pneumatici rovini la strada mentre la risparmia invece quello munito di gomme piene;

II - che non è vero in modo assoluto che portando i motori od il motore elettrico a gravare totalmente sull'asse delle ruote motrici si sollecitano le gomme e la strada assai dippiù che non collocando il motore molleggiato sullo chassis;

III - vogliamo infine dimostrare la urgente necessità di un intervento legislativo per disciplinare la circolazione di alcuni tipi di veicoli che — sebbene muniti di pneumatici — rovinano le strade assai più ed assai peggio delle deprecate gomme piene.

Naturalmente noi intendiamo di parlare di veicoli pesanti, autocarri, autobus, trolleybus.

***

PREMESSA FONDAMENTALE.

Tutti sanno che non è l'azione per sè stessa del carico statico gravante sulle ruote di un qualsiasi veicolo la maggior causa della rovina delle strade (e del veicolo stesso), ma sono bensì gli urti e lo strisciamento delle ruote sul suolo.

Ci occuperemo in seguito dello strisciamento; occupiamoci per ora degli urti, fissando l'attenzione su una qualunque delle ruote del veicolo ed osservando come nei « sobbalzi » essa percuota il suolo.

A parità di carico statico queste « percosse » sono tanto più violente quanto minore è il cedimento degli organi elastici, (molle e pneumatici) così che se la ruota $R$, caricata di un peso $G$ pel tramite della molla $M$ cade in una buca del terreno profonda $H$ mm, la intensità della percossa in kg sarà

$$1) \qquad P = \frac{2\,G\,H}{S_m}$$

dove $S_m$ è il cedimento elastico della molla $M$ in millimetri, supposta la ruota cerchiata in ferro.

È ovvio che nella formula 1) per gli stessi valori di $H$ e di $G$, $P$ è in ragione inversa di $S$; ossia quando $S$ è infinitamente piccolo, $P$ diventa infinitamente grande. Viceversa quando $S$ è molto grande, $P$ può diventare infinitamente piccolo.

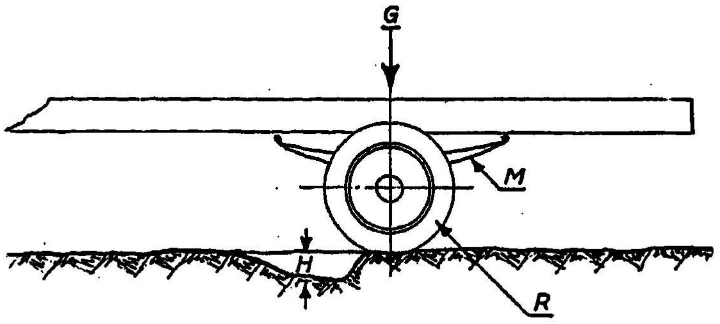



Fig. 1.

Perciò è anche indubitabile che il più lieve sobbalzo di un carico applicato direttamente su una ruota d'acciaio poggiante su una rotaia senza alcun organo intermediario, non potendo produrre nella ruota e nella rotaia una deformazione $S$ abbastanza sensibile, darà inevitabilmente origine a forze d'urto $P$ imponentissime ($S$ infinitamente piccolo, $P$ infinitamente grande).

Organizzazioni tecniche di grandissima fama hanno creduto di dover tentare la costruzione di veicoli ferroviari e tramviari con i motori caricati direttamente sugli assi (motori a mozzo, come dicono i tedeschi), ed il clamore di queste esperienze ha originato un dogma secondo il quale « i motori a mozzo » non possono avere applicazione nella pratica che a prezzo di sicuri guai.

La formula $P = \frac{2\,G\,H}{S}$ eloquentissima, a nostro modesto avviso non richiedeva sacrifici di denaro e sfoggio di dottrina per essere così saldamente accreditata dalla pratica.

È però facile comprendere, alla stregua della stessa formula, perchè il « dogma » non dovrebbe essere più un « dogma » dopo l'avvento dei veicoli da strade comuni con ruote cerchiate di gomma o di pneumatici.

Infatti se la ruota avesse la cerchiatura pneumatica avremmo

$$P = \frac{2\,G\,H}{S_m + S_p}$$

dove $S_p$ è in millimetri lo schiacciamento del pneumatico, contemporaneo allo schiacciamento $S_m$ della molla.

Le gomme — e più ancora i pneumatici — dunque hanno abbassato l'intensità delle sollecitazioni d'urto a tutto vantaggio del veicolo stesso ed hanno reso per lo meno lento e non immediatamente visibile il lavoro di distruzione della strada.

Purtroppo, però, quando le nozioni sono enunciate troppo scheletricamente nei trattati o sono troppo succintamente volgarizzate dalle riviste illustrate della grande industria, esse entrano nella coltura generale dei tecnici e provocano giudizi altrettanto saldi quanto avventati, altrettanto pericolosi quanto più apparentemente intuitivi.

***

Per esempio.

1° *Non sempre la gomma piena danneggia più del pneumatico.*

Un consesso di ottime persone e di tecnici valorosi ha legiferato l'ostracismo alle gomme piene ed ha fatto bene; ha fissato inoltre il carico statico massimo ammissibile per ciascuna ruota munita di pneumatici, ed ha creduto di poter provvedere così alla difesa delle strade d'Italia. Ebbene: a mio modesto avviso il consesso di ottime persone ha pronunciato un giudizio per lo meno incompleto, perchè questo provvedimento è assolutamente insufficiente ad una efficace difesa della strada.

Non si può affatto asserire che un veicolo munito di gomme piene consumerà le strade più di un altro munito di gomme pneumatiche quando, naturalmente, i due veicoli abbiano lo stesso peso colla stessa velocità ecc.

Può essere invece matematicamente certo il contrario quando il costruttore del veicolo munito di gomme piene abbia provveduto a molleggiare bene la propria macchina.

È infatti al molleggio più che alle gomme che si deve prestare la massima attenzione, perchè dal molleggio più che dalle gomme dipende la conservazione della macchina e della strada; ciò perchè è più facile fare la « $S$ » della formula 1) molto grande mediante le molle che non schiacciando gomme semipneumatiche, od anche pneumatiche, che hanno sempre possibilità di schiacciamento relativamente limitate.

Consideriamo infatti due veicoli aventi le seguenti caratteristiche:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Per entrambi: carico totale | su tre assi | kg | 12 000 |
| | su un asse | » | 4 000 |
| | su una ruota | » | 2 000 |

Consideriamo una ruota sola per ciascuno dei due veicoli ed applichiamo la formula 1) alle condizioni di funzionamento di ciascuna di queste ruote. Abbiamo:

$P = \dfrac{2\,G\,H}{S}$; se chiamiamo $f_m$ la flessibilità per tonn di sollecitazione della molla e $f_p$ la flessibilità per tonn di sollecitazione del pneumatico avremo:

$$P = \frac{1000 \times 2\,G\,H}{P\,(f_m + f_p)}$$

e quindi

2) $$P = 44{,}721 \sqrt{\frac{G\,H}{f_m + f_p}}$$

Si vede dunque che la realtà della formula vive sempre, ma che giuocando su $f_m$ ed $f_p$ il famoso dogma che le grandi case conclamano tuttora contro i « motori al mozzo » merita di essere discusso. Infatti:

*Caratteristiche del veicolo con gomme pneumatiche.*

Flessibilità della molla adottata da grandi case in corrispondenza della ruota considerata . . . . . . . . . . . mm 40 per tonn di carico.

Flessibilità della gomma pneumatica (normale) per tonnellata (schiacciamento) mm 16

*Caratteristiche del veicolo con gomme piene.*

Flessibilità della molla adottabile con accorgimenti relativamente facili . . mm 80

(Con sistemi speciali e cogli assi motore si possono adottare assai agevolmente flessibilità di 160 mm e più).

Flessibilità della gomma piena per tonn (schiacciamento) mm 4

Calcolo dell'urto per caduta in una buca del suolo di altezza $H$ in millimetri.

Tale urto espresso in kg sarà:

$$P = 44{,}721 \sqrt{\frac{G\,H}{f_m + f_p}}$$

dove per le pneumatiche
$G = 2000$; $f_m = 40$; $f_p = 16$
e quindi

$$P = 44{,}721 \sqrt{\frac{2000\,H}{40+16}}$$

$$P = 267 \sqrt{H}$$

e per le gomme piene
$G = 2000$; $f_m = 80$; $f_p = 4$
e quindi

$$P = 44{,}721 \sqrt{\frac{2000\,H}{80+4}}$$

$$P = 218 \sqrt{H}$$

donde si deduce che, a parità di tutte le altre condizioni (carico, velocità etc.), date le catteristiche meccaniche di molleggio dei due veicoli paragonati fra di loro: *il veicolo coi pneumatici «sollecita» — e rovina — le strade in ragione del 22% di più di quello che non faccia il veicolo con gomme piene.* Come si voleva dimostrare.

Non teniamo calcolo del fenomeno di succhiamento o di « ventosa » che il pneumatico esercita sulla strada perchè ciò potrebbe sembrare una difesa della gomma piena, difesa che non è affatto nelle nostre intenzioni, perchè anche noi consentiamo alla condanna delle gomme piene senza appello....

***

È ovvia dunque l'insufficienza del dispositivo di legge che, pur dettando norme per l'applicazione dei pneumatici e dei semi-pneumatici, trascura prescrizioni relative al molleggio dei veicoli, prescrizioni che si rivelano assolutamente urgenti e necessarie.

***

II - *I « dogmi » relativi ai motori sugli assi (assi motori, motori a mozzo ecc.) meritano di essere riveduti e serbano delle sorprese.*

Riprendiamo ora di nuovo la formuletta elementare

$$P = \frac{2\,G\,H}{S}$$

e l'altra derivata

$$P = 44{,}721 \sqrt{\frac{G\,H}{f_m + f_p}}$$

Abbiamo detto che ci sembra facile assai comprendere che i « motori a mozzo » — o gli assi motori che dir si voglia — nelle ferrovie o nelle tramvie debbano dare risultati disastrosi, ed abbiamo espresso una certa meraviglia pel fatto che grandi case abbiano voluto ugualmente tentare la prova.

Così ci sembra ora assai facile comprendere che ciò che avviene per effetto del carico diretto e non molleggiato su ruote d'acciaio poggianti ed urtanti su binari con cedimento elastico $S$ infinitamente piccolo, non potrà paragonarsi a ciò che avviene se la ruota poggia sulla gomma o su un pneumatico: e che il famoso dogma che vieta il carico diretto del motore o dei motori sull'asse debba essere per lo meno riveduto e corretto.

I fedeli a questo dogma, che ne affermano tutta la persistente vitalità e l'importanza, dicono che il motore non martellerà più la strada, ma massacrerà invece il pneumatico. Per quanto di certa autorità, questa affermazione è alquanto avventata e « pressapochista ». E vediamo il perchè.

***

Osserviamo innanzi tutto un fatto di capitale importanza. Se si portano i motori od il motore sull'asse della ruota si possono sopprimere tutti i vincoli che il telaio ha coll'asse portante e con le ruote motrici, quali sono i cardani, le trasmissioni, i puntoni, i tiranti di reazione ecc. Questi vincoli limitano necessariamente l'ampiezza e la prontezza delle deformazioni elastiche delle molle, cosicchè le grandi case non hanno creduto di poter applicare ai carri pesanti molle che abbiano una flessibilità superiore ai 40/50 millimetri per tonn.

Con accorgimenti costruttivi liberiamo dunque l'asse motore dai vincoli sopradetti e vedremo subito che — preso questo provvedimento — si possono comodamente adottare molle con flessibilità di 90/160 mm per tonn anche per grossi carichi, senza correre il rischio che i sobbalzi ampi e rapidissimi delle molle derivanti dalla aumentata flessibilità, reagendo coll'inerzia della massa di carico, spacchino o danneggino comunque le trasmissioni od altri organi vitali della macchina.

Anche qui meglio della discussione valga la dimostrazione esplicativa a base di cifre ed il controllo della esperienza.

Per il nostro esempio numerico scegliamo un caso complesso e le cifre più sfavorevoli alla tesi che vogliamo dimostrare.

E per cominciare: siccome si dice che le difficoltà per i « motori a mozzo » sono tanto maggiori quanto maggiore è la po-

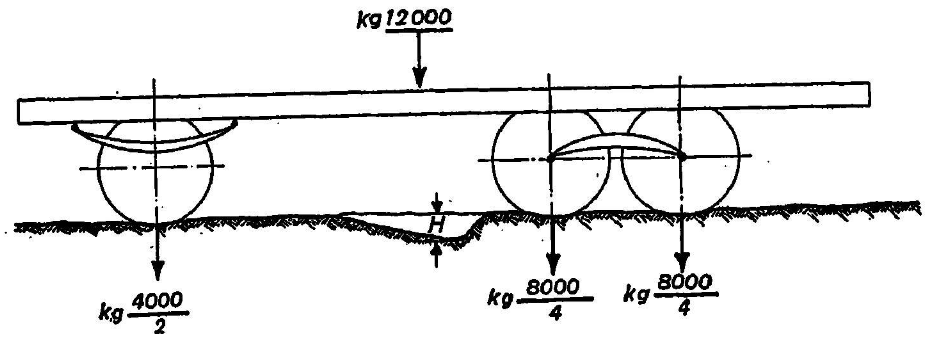



Fig. 2.

tenza, sceglieremo un veicolo del peso di 12 tonn (portata massima ammessa per le strade d'Italia) e munito di motori da 100 HP. Il massimo dei massimi.

In questo veicolo il carico sia distribuito come allo schizzo. Considerando che le quattro ruote posteriori sono ruote motrici, osserviamo uno qualunque dei due assi di queste ruote.

Avremo:

| | |
|---|---|
| Peso di un asse solo portante, con freni, molle, ruote, ecc. ma senza motori | kg 530 |
| Peso di un asse motore coi piatti portafreni, colle leve, i ceppi, le molle montate sui coperchi dei motori e sulle carcasse che funzionano esse stesse come asse portante (quindi senza i 530 kg dell'asse sopra detto) | kg 1260 |
| Peso di una coppia di motori presi per sè stessi e quindi senza freni, molle ecc. | kg 750 |

Ciò posto supponiamo di sostituire i quattro motori (kg 1500) costituenti l'asse motore, con un motore unico (l'ultima espressione della tecnica tedesca, americana ed inglese.... praticata dal sottoscritto vent'anni or sono) e supponiamo facili le tante altre belle cose che diremo in seguito e che in pratica però finora non si sono realizzate.

Ammesso che la sostituzione di 4 motori da 25 HP con un solo da 100 HP faccia risparmiare 300 kg, prendiamo il motore da 100 HP (kg 1200) e collochiamolo sullo chassis in quella posizione ideale per la quale il carico risulti perfettamente ed ugualmente ripartito sulle 6 ruote, onde influire il meno possibile su ciascuna di esse.

Si supponga ancora di poter costruire — praticamente e con tecnica saggezza — una trasmissione con quattro cardani, tre differenziali e quattro alberi, meccanicamente e flessibilmente collegati fra loro ed efficacemente collegati col motore collocato in questa posizione ideale. (Non possiamo ammettere l'ipotesi di adottare due soli differenziali, perchè non vogliamo consentire al danno inflitto alle nostre strade da veicoli a quattro ruote motrici non completamente differenziate fra loro e che perciò impiegano fino al 50% della potenza utile al moto per rovinare manto e massicciata stradale).

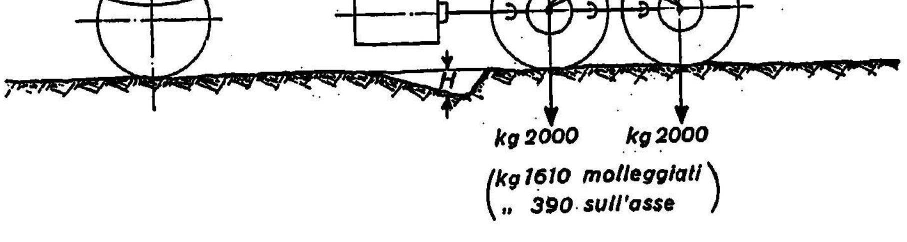



Fig. 3.

Supponiamo ancora che il peso di tutta questa roba — trasmissione, alberi, cardani, differenziali, rinvii e chi più ne ha più ne metta — sia ugualmente ripartito anch'esso e che per tutto ciò agli assi posteriori tocchi un carico di solo 500 kg.

Tutto ciò è molto difficile da realizzare in pratica, ma ammettiamo che sia possibile; avremo allora:

1° Nel veicolo da 12 tonnellate, con motore unico da 100 HP, idealmente molleggiato sullo chassis, la distribuzione dei carichi sulle quattro ruote del retrotreno sarà la seguente:

*Parte molleggiata* 2/3 del motore da 1200 kg kg 800
Residuo carico (tara e carico utile) ... » 5640 — kg 6440

e quindi su una ruota kg $\frac{6440}{4}$ = kg 1610

*Parte non molleggiata*: Assi, freni, molle coppi ecc. .......... kg 1060
Parte del peso delle trasmissioni, giunti ecc. .......... » 500 — » 1560

e quindi su una ruota kg $\frac{1560}{4}$ = kg 390

Totale carico sulle quattro ruote posteriori del veicolo .......... kg 8000

2° Nel veicolo da 12 tonnellate con due assi motori della potenza complessiva di 100 HP, (quattro ruote motrici indipendenti, motori solidali colle ruote e non molleggiati sullo chassis), la distribuzione del carico sulle quattro ruote posteriori sarà la seguente:

*Parte molleggiata* .......... kg 5480

e quindi su una ruota kg $\frac{5480}{4}$ = kg 1370

*Parte non molleggiata*: Due assi motori completi di freni, molle ecc. kg 1260 × 2 .......... » 2520

e quindi su una ruota kg $\frac{2520}{4}$ = kg 630

kg 8000

***

Applichiamo ora al *veicolo con motore unico* la nota formula 2)

$P = 44{,}721 \sqrt{\frac{GH}{f}}$ dove $f$ è la flessibilità per tonnellata del mezzo elastico d'ammortizzamento (molle, pneumatici).

La flessibilità $f$ a causa dei vincoli delle trasmissioni non può superare 40 ÷ 50 mm per tonnellata per la parte che spetta alla molla.

Nel secondo caso si può arrivare invece assai agevolmente ad una flessibilità di 160 mm per tonnellata ed anche di più, per molla.

La flessibilità del pneumatico è di 13 mm per tonnellata.

Calcoliamo in chilogrammi l'intensità della « percossa » esercitata da ciascuna ruota sul suolo a causa degli urti e dei sobbalzi della strada.

Per esemplificare in modo intuitivo e facilmente commensurabile una qualsiasi causa d'urti, ci riferiremo come al solito all'urto prodotto dalla caduta della ruota carica in un avvallamento profondo $H$ mm.

Ciò posto diamo la parola ai numeri.

I° Caso.

*Motore molleggiato*.

$P_1$ = parte della «percossa» in kg impartita al suolo (ed al pneumatico) dal carico molleggiato su molla (flessibilità 40 mm per tonn = $f_m$) e su pneu (fless. 13 mm per tonn = $f_p$), carico = kg 1610.

$P_2$ = parte della percossa impartita dal carico non molleggiato, ossia dall'asse e dalle ruote, gravante solo sul pneumatico, (carico = kg 390).

$$P_1 = \frac{2GH}{S} = \frac{2GH \times 1000}{P_1(f_m + f_p)}\ ;\ P_1 = 44{,}721 \sqrt{\frac{GH}{f_m + f_p}}$$

$$\left.\begin{aligned} P_1 &= 44{,}721 \sqrt{\frac{1610\,H}{13+40}} = 245\sqrt{H} \\ P_2 &= 44{,}721 \sqrt{\frac{390\,H}{13}} = 245\sqrt{H} \end{aligned}\right\} P = P_1 + P_2 = 490\sqrt{H}$$

II Caso.

*Motori gravanti direttamente sugli assi.*

$P_1'$ = parte della «percossa» in kg impartita al suolo (ed al pneumatico) dal carico molleggiato su molla ($f_m$ = 120 mm) e su pneu ($f_p$ = 13 mm) (carico = kg 1370).

$P_2'$ = parte della percossa impartita dal carico non molleggiato gravante solo sul pneumatico (carico = kg 630).

$$\left.\begin{aligned} P_2' &= 44{,}721\sqrt{\frac{1370\,H}{120+13}} = 143\,\sqrt{H} \\ P_2' &= 44{,}721\sqrt{\frac{630\,H}{13}} = 310\,\sqrt{H} \end{aligned}\right\} P' = P_1' + P_2' = 453\,\sqrt{H}$$

Dunque col vecchio sistema con motore molleggiato sullo chassis la sollecitazione di un determinato urto è

$$P = 490\,\sqrt{H}\,,$$

nel nuovo sistema dei «motori a mozzo» od assi motori Turrinelli la sollecitazione dell'urto che avvenga nelle identiche condizioni del precedente è

$$P' = 453\,\sqrt{H}$$

Il rapporto, per una buona percentuale, è favorevole agli *assi motori* condannando il vecchio sistema del motore molleggiato sullo chassis. Come si voleva dimostrare.

***

E veniamo all'ultima parte del nostro studio.

III – *Le ruote che picchiano o strisciano (e quindi quelle accoppiate oppure quelle su carrello e non differenziate) rovinano le strade.*

Abbiamo osservato incidentalmente che grandi Case, le quali vanno per la maggiore, hanno messo sul mercato due varietà di veicoli che rovinano le strade per due diverse ragioni. O perchè il carico è troppo concentrato su di un solo asse oppure (per il caso di veicoli a tre assi o a carrello che dir si voglia) perchè le quattro ruote motrici posteriori non sono completamente « differenziate » fra di loro.

Si sostiene dai tecnici di queste Case che ciò non ha grande importanza e che non occorre differenziare ulteriormente i due assi differenziali di ciascuna coppia di ruote motrici.

Come per le precedenti dimostrazioni questi tecnici hanno torto.

Un calcolo elementare — che ha la sua conferma da innumerevoli rilievi sperimentali — dimostra che questi veicoli *sprècano* in generale non meno *del* 30÷50 *per cento* della energia utile al moto per logorare la strada, le gomme o tutte e due.

Lo schema dei veicoli che le grandi Case tedesche, inglesi, hanno importato o vogliono importare in Italia è lo stesso di quello delle celebrate licenze usate da grandi costruttori italiani.

Lo schema è quello della fig. 4.

In questo dispositivo i due assi posteriori sono collegati meccanicamente mediante un albero a cardani $X_1$ e $X_2$ in modo che le due ruote $R$ e $R_1$, situate dalla stessa parte del veicolo, sono costrette a girare alla medesima velocità angolare mentre non possono avere la stessa velocità periferica.

Infatti, per molte ragioni intuitive, è impossibile che i due raggi $R$ e $R_1$ sieno perfettissimamente uguali.

Ammessa dunque una differenza fra $R$ ed $R_1$ si ha che $2\pi\,(R\text{-}R_1)$ rappresenterà lo strisciamento di $R$ sul suolo ad ogni giro.

Se $V$ è la velocità in km/h del veicolo, $\dfrac{1000\ V}{2\pi R_1 \times 3600}$ rappresenta il numero di giri che la ruota compie in 1''.

Perciò se $R$ ed $R_1$ sono espressi in metri, lo strisciamento in metri al 1' sarà dato da

$$\frac{1000\ V}{2\pi R_1 \times 3600} \times 2\pi\,(R\text{-}R_1)$$

Se $f$ è il coefficiente di attrito radente fra gomma e suolo (da 0,67 a 0,81) e se $P$ è il carico totale del veicolo in kg, supposto

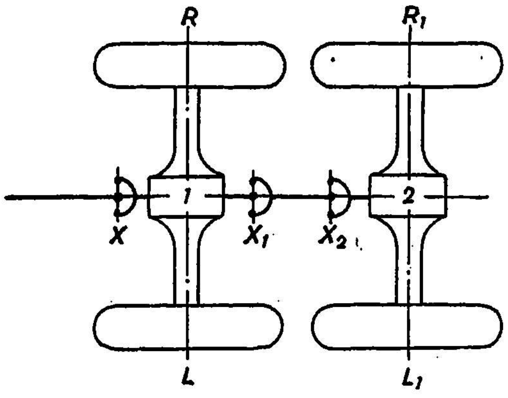


Fig. 4.

su di un asse motore il carico di 4/10 di $P$ (valore normale in pratica), avremo che 4/10 $Pf$ sarà la forza d'attrito in kg.

Pertanto la potenza sprecata in attrito sarà data da

$$\frac{1000\ V}{2\pi R_1 \times 3600} \times 2\pi\,(R\text{-}R_1) \times \frac{4}{10}\,Pf = \frac{1}{9}\,f\,\frac{P\,V\,(R\text{-}R_1)}{R_1}\ \text{kgm/sec.}$$

Conservando gli stessi simboli ed indicando con $K$ il coefficiente di trazione del veicolo espresso in kg per tonn (10÷20 kg per tonn) lo sforzo di trazione sarà espresso da

$$\frac{P}{1000} \times K \text{ (in kg)}$$

e siccome la velocità al secondo è espressa da $\dfrac{1000\ V}{3600}$ (in m/sec) la potenza utile per la trazione sarà data da $\dfrac{PKV}{3600}$ (in kgm/sec).

Lo studio del fenomeno può semplificarsi ed avvantaggiarsi sostituendo il rapporto percentuale $X$ fra la potenza utile

$$\frac{P\,K\,V}{3600}$$

e la potenza distruttiva sopra determinata. Si otterrà

$$X = \frac{100\,f\,P\,V\,(R\text{-}R_1)}{9\,R_1} : \frac{P\,K\,V}{3600} = 40\,000\,\frac{f}{K}\,\frac{R\text{-}R_1}{R_1}$$

In queste espressioni $X$ rappresenta il lavoro distruttivo in confronto a 100 unità di lavoro utile e può raggiungere un valore anche superiore al (30÷40)%. Questo (30÷40)% di potenza persa serve esclusivamente a danneggiare le gomme e più le strade.

Infatti supponiamo la differenza di diametro delle due ruote (per schiacciamento diverso o qualsiasi altra causa) di un solo millimetro su 450 di raggio, presi i valori normali di $f$ e di $K$ avremo $X = 40\,000 \times \dfrac{0{,}74}{15} \times \dfrac{1}{449} = 4{,}4\%$ della potenza utile al moto.

Solo un centimetro di differenza di diametro iniziale o di differenza di schiacciamento dà dunque luogo ad un dispendio di energia devoluto a logorare la strada o le gomme (o tutte e due) pari al 44 % dell'energia utile al moto. Come si voleva dimostrare: ed abbiamo finito.

Dott. Ing. Gino Turrinelli.

ING. CORRADO MONTANARI
CAPO DELL'UFFICIO ELETTRIFICAZIONE DI LIVORNO DELLE FERROVIE DELLO STATO

# Elettrificazione delle linee Vezzano-Fornovo e S. Stefano-Sarzana

(Note illustrative)

La linea Parma-Spezia, percorsa nel suo tronco principale Sarzana-Fornovo da 4 treni direttissimi della linea Roma-Milano, che abbreviano attualmente di oltre mezz'ora il percorso via Firenze-Bologna, era particolarmente adatta ad essere elettrificata per la sua scarsa potenzialità dovuta alle sue forti pendenze ed alle numerose gallerie, tra le quali quella di valico del Borgallo lunga circa km 8.

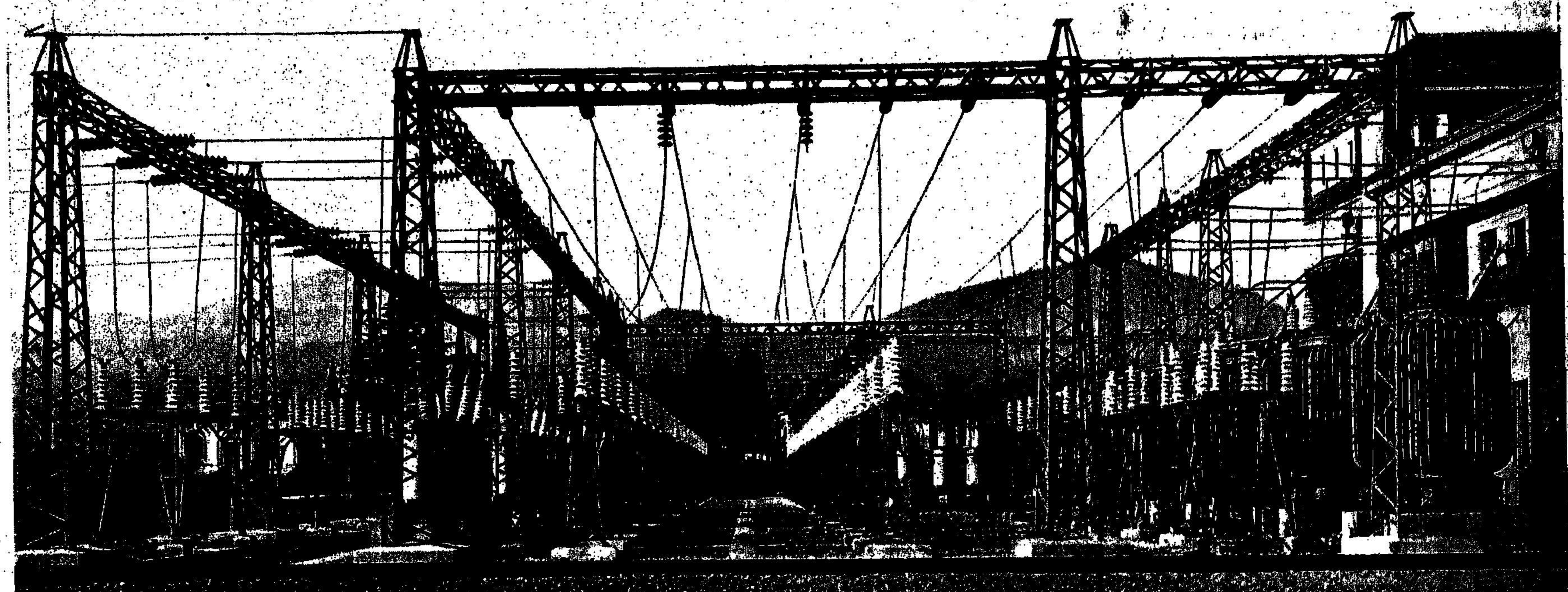


Fig. 1. - Sottostazione all'aperto di Pontremoli.

Anche a questa notevole miglioria ha provveduto il Governo Nazionale mercè l'opera tenace ed illuminata del Ministro Ciano, aumentando al tempo stesso l'utilizzazione delle nostre energie idriche di circa 20 milioni di kWh annui contro una riduzione di circa 40 000 tonnellate di carbone da importarsi.

Colla trazione elettrica, il percorso sul tratto più acclive (del 25‰) viene fatto alla velocità di 50 km/h mentre colla trazione a vapore la velocità in detta tratta era di circa 20 km/h.

La potenzialità della linea pontremolese è stata più che raddoppiata colla elettrificazione ed è stato avvantaggiato il percorso di tutti i treni con beneficio di oltre mezz'ora per i treni direttissimi e sensibilmente maggiore per gli altri treni.

La linea è stata anche notevolmente migliorata nell'armamento, nei ponti che furono tutti (per uno sviluppo di circa 3 km) rinforzati o ricambiati, e nei piazzali delle stazioni, nonchè accresciuta di comunicazioni telefoniche mediante la posa di un cavo telegrafonico a 19 coppie di conduttori.

Il sistema di elettrificazione adottato fu quello trifase, a 4000 Volta, 16 periodi, adeguato ad una linea di montagna in diretto contatto colla rete ligure, tutta elettrificata con tale sistema.

La stazione di Fornovo segnerà il limite colla futura elettrificazione a corrente continua della grande arteria pianeggiante Bologna-Milano.

Per l'occorrente energia elettrica per la linea pontremolese è stata costruita una Centrale a Teglia, presso Pontremoli, delle Acciaierie e Ferriere Lombarde, collegata ai grandiosi impianti idroelettrici in Valtellina di detta Società, con due terne primarie a 60 000 Volta. Attualmente l'energia viene prelevata dai detti impianti e trasformata nella Centrale di Teglia nelle caratteristiche ferroviarie, in attesa che venga eseguito l'impianto idraulico che utilizzerà le acque del Teglia e del Magra.

Nella Centrale di Teglia sono installati 3 gruppi di 5 000 kW, di cui uno di riserva.

La fornitura dell'energia occorrente alla linea pontremolese è altresì assicurata dalle Centrali dell'Ozola, di Predare e di Ligonchio (in Provincia di Reggio) allacciate ad Aulla da due distinte linee primarie, una delle quali testè appositamente costruita dalle F. S.

Due linee primarie a 60 000 Volta da Aulla a Fornovo trasportano alle 5 sottostazioni elettriche di Pontremoli (fig. 1), Aulla (fig. 2), Borgotaro, Berceto e Fornovo l'energia per la trazione elettrica della linea pontremolese, trasformata in dette sottostazioni da 60 000 Volta a 4 000 Volta per la linea di contatto.

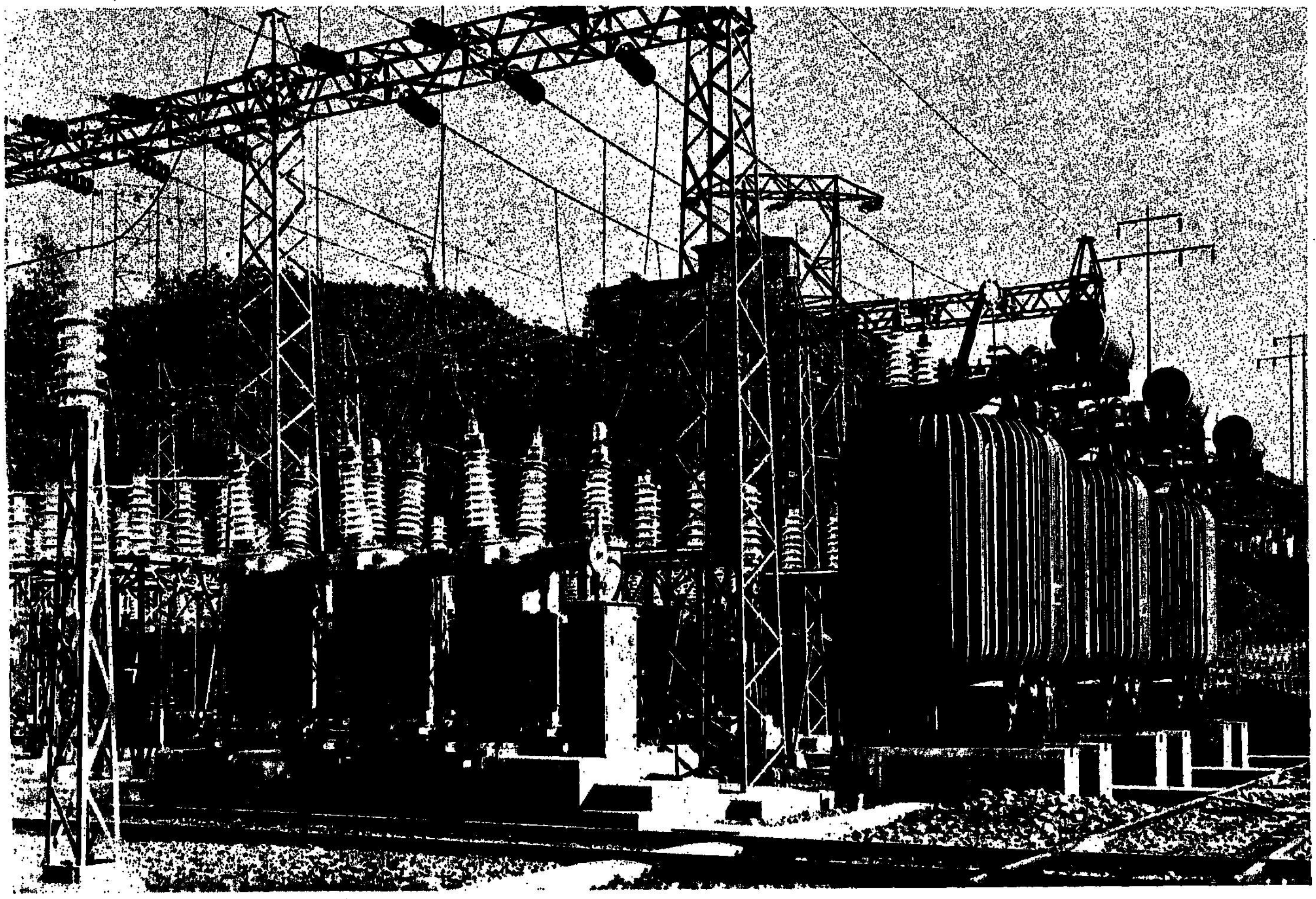


Fig. 2. - Sottostazioni all'aperto Aulla-Particolare.

inconvenienti al macchinario e permetterà di realizzare una certa economia negli impianti di trazione elettrica.

La linea di contatto non ha nulla di particolare rispetto agli altri impianti del genere eseguiti dalle F. S.

Le linee primarie invece, sia per il loro ingente sviluppo (di circa 300 km di terna) sia per la novità delle loro caratteristiche, rappresentano la parte più importante dell'impianto.

Nei tratti di montagna e cioè da Aulla a Ligonchio (fig. 3) (km 38 circa) e da Pontremoli a Borgotaro pel valico del Borgallo, vennero impiegati pali di ferro a cavalletto di m 17 di altezza sul telaio di base, e conduttori di lega di alluminio e di acciaio-alluminio di sezione elettricamente equivalente a quella del conduttore del rame (78 mmq) adottata dalle F. S. per le sue linee primarie a 60 000 Volta; nel tratto Borgotaro-Fornovo la linea venne costruita con pali del tipo che si vede nella fig. 4.

Il totale dei km elettrificati è di 150. La spesa incontrata è stata di circa 65 000 000 di lire (tra importo materiali ed esecuzione lavori).

Dette sottostazioni, ad eccezione di quella di Fornovo — non ancora costruita — e che sarà anche convertitrice di corrente alternata in continua per la Bologna-Milano, sono tutte del tipo cosidetto all'aperto e cioè con macchinario installato all'esterno, ad eccezione delle parti di controllo e di comando della linea di contatto, contenute in apposita cabina dove sta l'operaio di turno.

Detto tipo di sottostazioni, per la prima volta adottato negli impianti T. E. delle F. S., offre sicurezza al personale in caso di

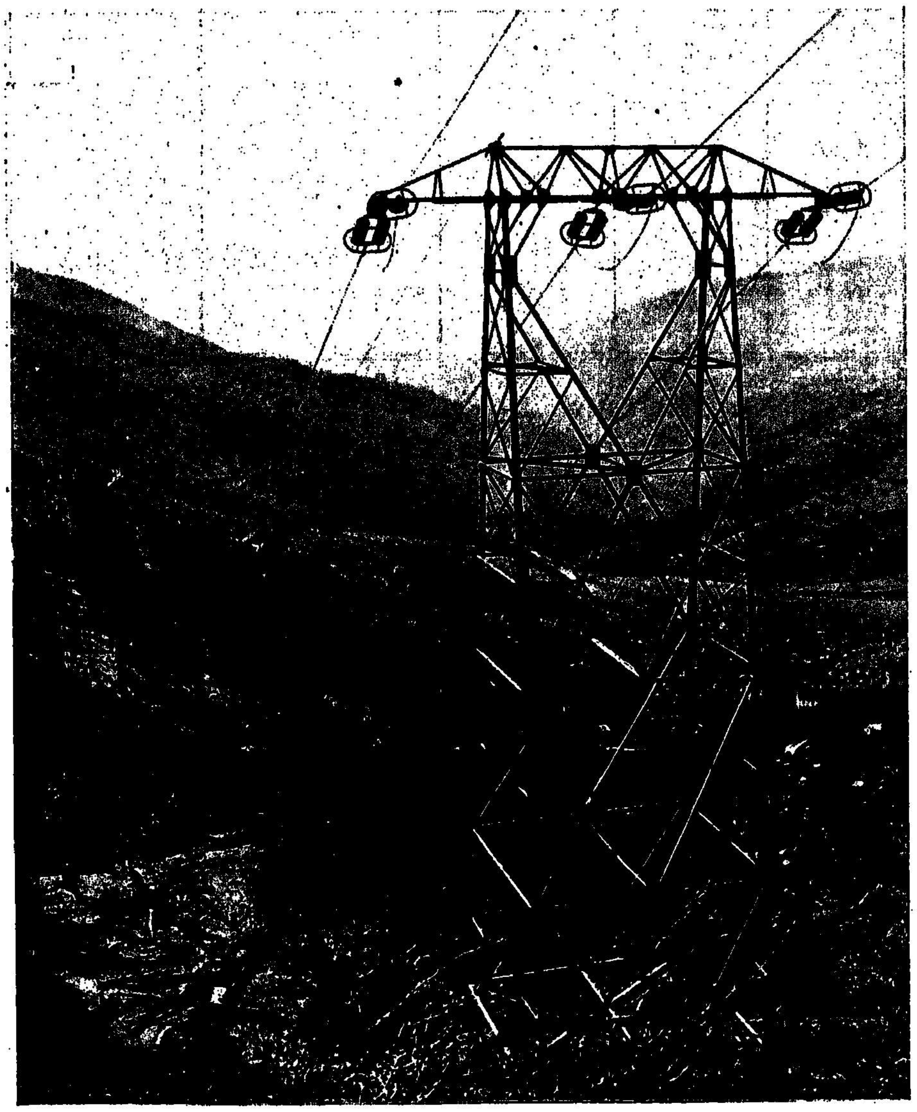


Fig. 3. - Linea primaria Aulla-Ligonchio sul passo del Cerreto.

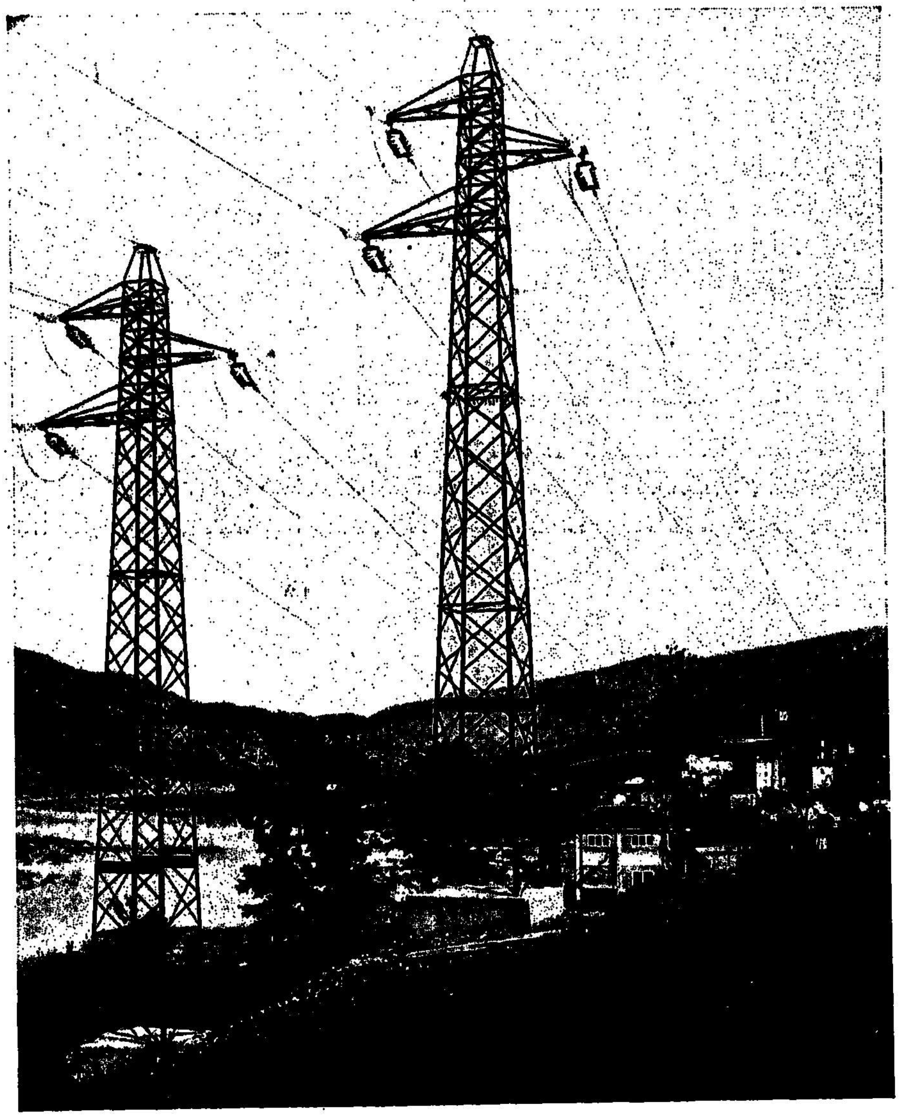


Fig. 4. - Linea primaria Borgotaro-Fornovo.

I lavori d'impianto furono eseguiti dalla Società Anonima Elettrificazione di Milano, sotto la direzione delle Ferrovie dello Stato.

ING. CORRADO MONTANARI
CAPO DELL'UFFICIO ELETTRIFICAZIONE DI LIVORNO DELLE FERROVIE DELLO STATO.

# FATTI E TESTIMONIANZE

## Progressi dell'irrigazione mediante motore elettrico

Il solito giornaletto, che per servire i proprii rancori è arrivato anche a falsificare la verità, non ha mancato di dare prova delle sue inclinazioni, pubblicando qualche tempo fa che, nella sua Provincia, molti impianti irrigui non potevano funzionare *per le esagerate pretese del distributore.*

Alla recente mostra della Meccanica Agraria S. E. il Capo del Governo ha potuto rilevare dalle tavole murali e dai grafici presentati dalla UNFIEL che la verità è ben diversa. In soli quattro anni il numero degli impianti elettrici per sollevamento d'acqua a scopo irriguo si è raddoppiato. Ecco le cifre precise:

| | | 1928 | 1931 |
|---|---|---|---|
| Nº impianti | | 8 984 | 18 635 |
| Potenza installata | kW | 34 964 | 66 527 |
| Energia assorbita | kWh | 34 595 348 | 53 047 037 |

S. E. il Capo del Governo si compiacque di questi risultati i quali dimostrano che in nessun altro paese il progresso in questo campo ha uguagliato il progresso italiano, citato come esemplare fra altro da Heinemann nell'ultima assemblea della *Sofina*, la potente organizzazione di imprese elettriche avente sede a Bruxelles.

Ecco ora a riprova ed illustrazione del continuo progresso di tali impianti in Provincia di Brescia, quanto ha pubblicato recentemente il giornale *L'Italia* di Milano:

« Il primo impianto di irrigazione azionato con energia elettrica della S.E.B. è stato quello di Pontevico costruito nel 1907 su progetto dell'Ing. Bazzola di Brescia. Seguirono poi gli impianti irrigui di Gottolengo, di Borgosatollo, di Gambara, di Fiesse e tanti altri, fino a raggiungere i 541 impianti colla stagione estiva del 1931.

« Dal 1907 al 1916 e cioè nel primo decennio dell'irrigazione con motore elettrico, gli impianti sono saliti da uno a dodici, la potenza installata da 35 a 320 HP, i kWh da 53 000 a 481 000, gli ettari irrigati da 123 a 1595.

Nel secondo decennio (1917-1926) gli impianti si estendono in molte aziende agricole anche di limitata importanza e si arriva a 67 forniture, con 1320 HP, 1 457 000 kWh e 5157 ettari irrigati.

« Coll'anno 1927 si entra nel periodo di maggior sviluppo dell'irrigazione nella zona della S. E. B., ed infatti si hanno le seguenti risultanze:

| Anno | N.º impianti | Potenza installata kW | Energia consumata kWh | Superficie irrigata Ettari |
|---|---|---|---|---|
| 1927 | 131 | 1838 | 2 012 000 | 5 565 |
| 1928 | 188 | 2028 | 2 214 000 | 7 455 |
| 1929 | 351 | 3223 | 3 252 000 | 10 927 |
| 1930 | 471 | 4474 | 2 767 000 | 15 203 |
| 1931 | 541 | 5087 | 4 551 000 | 16 101 |

« Colla stagione estiva 1932 gli impianti saranno oltre 600 e sono allo studio diversi progetti di notevole importanza, studi che la S. E. B. segue col massimo interesse e portandovi la collaborazione di propri tecnici specializzati ».

## A proposito di elettroagricoltura

*(Lettera aperta all'Ing. Aldo Ramadoro)*

Ho letto con interesse i Suoi articoli su «*Il Problema elettro-agricolo al Congresso della meccanica agraria*» apparso sul « Giornale di Agricoltura della Domenica ». E non posso tardare ad esprimere il mio pieno personale consentimento alla Sua conclusione. Lasci dire anche a me, con qualche variante rispetto all'ignoto agricoltore al quale Ella fa risalire la frase scultoriamente espressiva: « *elettrifichiamo pure tutto quello che è possibile; ma guardiamoci dall'illusione di poter subordinare lo sviluppo di un'industria qualsiasi, agricoltura compresa, alla pretesa di consumare molta energia elettrica e di averla a prezzi.... non possibili* ».

Ho detto di aver emendato per mio conto l'assennata osservazione dell'ignoto agricoltore. L'ho infatti ampliata nel concetto che l'informa. Gli è che in tutte le iniziative e in tutte le attività, specialmente nuove, occorre molta prudenza e molta misura. Per esempio, non tutti sono favorevoli a certi sistemi di reclame seguiti dagli americani. L'insistenza esagerata nell'offrire i proprii servizii ottiene qualche risultato; ma se l'energia elettrica così collocata non risolve un problema economico reale, o se costituisce un lusso inutile o eccessivo, nei momenti di crisi se ne ha la dimostrazione, e dell'errore commesso tutti soffrono.

In Italia, dove la ricchezza e il reddito per testa sono molto minori che in America, io sono quasi felice di passare per conservatore presso taluni uomini di vista corta, i quali attendono dall'elettricità ogni sorta di miracoli; e ai miei collaboratori vado perciò ripetendo spesso: *surtout pas de zèle*.

Per giudicare della convenienza dell'applicazione dell'energia elettrica a un'industria qualsiasi, occorrono senza dubbio cognizioni particolari a quella industria; ma c'è anche un grano di buon senso a disposizione di tutti coloro che vogliano servirsene: basterà che riflettano all'incidenza dell'energia elettrica sul costo dei prodotti. Quando si pretendano ribassi insensati nel prezzo dell'energia elettrica, là dove questa incidenza sia piccola, si dimostra soltanto di essere irragionevoli; e quando si chieda ad alta voce di elettrificare senza discriminazione tramvie e ferrovie e agricoltura e cucina e non so che cosa d'altro, si dimostra a dir poco un entusiasmo eccessivo, il quale nove volte su dieci è fratello consanguineo della mancanza di cognizioni e più ancora dell'imprudenza.

Ebbene, io protesto quasi sempre contro i panegiristi dell'elettricità, perchè inducono sovente in gravi errori, gli effetti dei quali ricadono poi sopra le imprese elettriche, presentate al pubblico come responsabili di situazioni economiche nelle quali spesso l'impiego dell'energia elettrica o è stato un errore grave, oppure ha la stessa importanza, press'a poco, del lucido da scarpe nelle spese famigliari.

Proprio sullo stesso giornale che ha ospitato i Suoi scritti, o non s'era letta anni fa contro l'industria elettrica una violenta requisitoria di un ingegnere elettroagricolo, il quale, oltre pretendere che col basso prezzo dell'elettricità si rendessero possibili a scopo irriguo sollevamenti d'acqua *a qualsiasi altezza*, arrivava addirittura a rendere responsabile il costo «*eccessivo*» dell'energia elettrica, della sterilità di notevoli superfici di terreno in Italia?

Ella ha detto benissimo, egregio Ingegnere, che l'interesse (ed io aggiungerò il calore) di queste discussioni si manifesta sopratutto fra i tecnici. Gli agricoltori hanno altro da fare, Ella dice con molta ragione. Ma io aggiungo che gli agricoltori, per fortuna di tutti, lasciano che i tecnici si sfoghino; e con la prudenza e la lentezza richieste dalla loro responsabilità vanno via via accostandosi all'energia elettrica. Appunto alla recente *Mostra di meccanica agraria*, ho avuto la fortuna di poter mostrare al Capo del Governo che in quattro anni il numero e la potenza degli impianti elettrici per sollevamento d'acqua a scopo irriguo sono raddoppiati in Italia, e che il nostro Paese da questo punto di vista è citato come esemplare all'estero.

Se, come dice Lei, gli agricoltori fanno una questione di prezzi, noi non possiamo che metterci sull'attenti. Anche per noi il prezzo di vendita è importante. Tuttavia, oserei dire col suo consenso, che in agricoltura non è dai prezzi dell'energia che dipende il diffondersi dell'elettrificazione; è piuttosto dal *costo* degli impianti a ciò occorrenti. Impianti *elettrici*, che le imprese elettriche non debbono costruire se non sappiano di poterne cavare un introito sufficiente. Impianti *ricevitori e macchinari elettrici ed elettromeccanici*, che gli agricoltori non possono acquistare se non avendo la sicurezza della loro utilità economica; e anche quando questa certezza ci sia, se non avendo gli occorrenti capitali. Ebbene, è questa provvista di capitali che forma notoriamente la secolare difficoltà di rapidi rivolgimenti in un'industria normalmente povera com'è l'agricoltura. Ho detto difficoltà secolare, starei per aggiungere *fortunata*. Nel campo produttivo in genere e specialmente in agricoltura, camminare ed evolversi con cautela sembra infatti il miglior modo di evitare passi falsi e vie pericolose, che obbligherebbero poi a ritornare indietro. Vuol dire dunque diminuire le probabilità di quegli insuccessi, che avvelenano poi per molto tempo gli spiriti e creano la sfiducia, atrofizzando in sul nascere nuove ulteriori iniziative. E se gli Americani, giovani e baldanzosi, avessero corso meno, lasciando in disparte tante invenzioni, quale ad esempio la vendita a rate, forse (dico forse perchè non ho la mente tanto sguarnita da non sapere che il mondo è complicato) si troverebbero oggi un po' meno peggio. Dunque andiamo pure adagio *e sopratutto si facciano esperimenti serii*. È questo appunto, se non sbaglio, il programma di S. E. Serpieri, nel quale concordano tutti i competenti e al quale io pure modestamente plaudo.

GIACINTO MOTTA.

---

# Ancora sui dividendi delle anonime

(*Lettera aperta al Prof. L. F.*)

Milano, 30 giugno 1932-X.

Ella ha pubblicato su un giornale milanese una minuziosa e doviziosa tabella di cifre *sui dividendi delle società italiane negli ultimi quattro anni;* ed ha fatto seguire buon numero di acuti commenti.

Non Le dispiaccia ch'io prenda la penna per alcune critiche, non nuove certamente, nè forse utili (visto che Ella è tenace nei suoi convincimenti) ma in ogni modo comprensibili da parte di un industriale elettricista.

In primo luogo, non riesco a capire che valore abbia la media *aritmetica* dei dividendi percentuali. Scusi: la media aritmetica di un *venti per cento* che Le fosse pagato su un'azione da 100 lire nominali e di un *sei per cento* distribuito da un'altra società di cui Ella possedesse un milione di capitale nominale, sarebbe *tredici per cento*. Ma Ella protesterebbe furiosamente contro l'agente delle imposte che facesse questo conto singolare per tassare i Suoi redditi. Bisogna fare la media *sul serio*, Ella griderebbe; quella media che i testi di aritmetica per la terza elementare chiamano ponderale, e che nell'ipotesi fatta, darebbe poco più del *sei* per cento, non il *tredici*!

Difatti Ella ha stampato che le società elettriche hanno dato il 6,55 in media, soltanto perchè si è evitata la noia di fare lunghi calcoli; ma la verità è che Ella ha detto cosa inesatta.

Mi guardo bene dal credere che Ella non sappia queste cose; o che nell'articolo abbia voluto sottacerle; ma riconosciute esplicitamente la Sua scienza e la Sua buona fede, non posso che rattristarmi pensando che chi spezza il pane della scienza sui nostri quotidiani, atteggiandosi a mentore in materia tanto delicata, affetti una così grande indifferenza per la verità e per i metodi esatti che soli possono condurre alla verità. Nè questa impressione s'attenua per ulteriori osservazioni. Eccone per esempio alcune altre.

Che cosa significa la percentuale dedotta dal valore *nominale* delle azioni? So benissimo che questo metodo è usato da troppa gente, quasi soltanto perchè, io penso, richiede minori sforzi e minore lavoro. Ma io non farei questo e i seguenti rilievi se non avessi notato la cura con la quale Ella ha commentato *uno solo* degli aspetti erronei di questo metodo, insinuando con eleganza che quando una società abbia fatto un «*aumento gratuito*» del valore nominale delle azioni, con la conseguente

diminuzione del dividendo percentuale, sarebbe erroneo indurre (da tale discesa) una minore remunerazione dell'effettivo capitale investito dagli azionisti nell'impresa. Ella aggiunge perfino che, data la particolare frequenza di quegli *aumenti gratuiti*, avrebbe dovuto tenerne conto, e ciò per evitare *sottovalutazioni* del dividendo e invece mettere in luce L'EFFETTIVA rimunerazione del capitale; ma questa... finitura del lavoro (come la definisce Lei) Ella non l'ha fatta perchè *esorbitava dalle sue possibilità d'indagine* (sic) *e richiedeva troppo tempo*.

Qui è ancora manifesta, anche se abilmente drappeggiata di apparente obiettività, la sua antica *rancune*, contro la rivalutazione degli immobilizzi d'ante guerra.

Ebbene, sono qui io per aiutarLa come posso, visto che i *gratuiti aumenti* si sono proprio verificati preferibilmente nella mia industria. Mentre adunque attendo di conoscere quali cifre Le occorrono, comincerò a venire in soccorso delle sue limitate possibilità d'indagine, con alcuni concetti e criterii che, allargando il suo orizzonte, l'avvieranno, si spera, verso la verità completa, con maggiore decisione.

Dacchè Ella infatti si preoccupa dei *gratuiti aumenti* nel valore nominale delle azioni, provi a preoccuparsi anche delle *non volute diminuzioni* apportate al valore medesimo dalla svalutazione monetaria. E poi non dimentichi, di grazia, gli *aumenti non gratuiti*. Questa bilateralità della indagine non Le pare la minore, la più elementare delle qualità di cui dovrebbe fare sfoggio un volgarizzatore di fatti economici?

Nell'ipotesi che Ella sia d'accordo con mè su questo punto interrogativo, supponga di avere sottoscritto Lei personalmente (che non sia vero, non ha alcuna importanza) alcune dozzine o centinaia o migliaia di azioni, per esempio della Edison, intorno al 1912 (quando furono emesse ripetutamente a 600 lire l'una) e poi ancora nel 1929, quando furono emesse a 680 lire in Italia e vendute a 725 agli americani. E poi faccia un esame di coscienza su questi punti:

1) Perchè, avendo io *pagato* (è sua questa parola) ogni azione alla Edison 600 lire nel 1912, cioè avendo sborsato per ogni azione una quantità di moneta che aveva allora il potere di acquisto almeno pari a 2200 lire odierne, mi devo sentir dire (con aria di quasi rimprovero per la mia incosciente ingordigia) che guadagno il 10% quando la Edison mi paghi un dividendo di 50 lire odierne?

Non è sempre stato insegnato in tutte le scuole che un dividendo *percentuale* non può essere calcolato se non esprimendo il numeratore ed il denominatore nella stessa moneta, che abbia cioè lo stesso potere di acquisto?

2) Se anche potessi ammettere che le lire odierne abbiano pari potere d'acquisto di quelle da mè sborsate allora (ciò che è formalmente contradetto dal R. D. 21 dicembre 1927 e fu sempre contradetto dal comportamento degli uffici di dogana per i dazi di importazione), il dividendo percentuale sarebbe soltanto dell'otto e un quarto per cento, non del dieci. Ma nessuno mi obietterà che le lire versate nel 1912 non possono contare più di quelle odierne; perchè tutti sanno benissimo che non si tratta nel mio caso di un conto in denaro; si tratta di azioni ossia di quota patrimoniale di una industria immobiliare; quel capitale ha servito a fabbricare case e canali e tubazioni e impianti; esso deve considerarsi dunque nè più nè meno che se fosse stato investito in immobili comuni (case e terreni).

3) Infatti le 50 lire odierne di dividendo non mi permettono neanche di acquistare un paio di scarpe, mentre con 50 lire di *allora* ne comperavo certo due, forse tre. Dunque non si può paragonare le 50 lire odierne di dividendo con le 600 lire sborsate nel 1912. Tutto accade dunque come se il valore nominale delle mie azioni d'allora mi fosse stato *gratuitamente diminuito*, per usare la deliziosa espressione del dott. L. F.; di questa *gratuita diminuzione* bisogna perciò tener conto, almeno tanto quanto del così detto *gratuito aumento*, per portarsi vicini alla verità!

4) D'altra parte le azioni da mè sottoscritte sul finire del 1929 mi costarono 680 lire ciascuna. Perchè il dott. L. F. ha tanti scrupoli per quei tali *aumenti gratuiti*, e non ne ha nessuno per gli aumenti *non gratuiti*, cioè per i sovraprezzi di emissione, che egli ignora sistematicamente?

Illustre dottore, l'*aumento gratuito* di valore al quale Lei ha riservato spesso l'onore di essere citato all'ordine del giorno, non ha fatto nè caldo nè freddo alla Borsa, la quale quando avvennero gli *aumenti gratuiti* (sembrerà incredibile) non se n'è affatto accorta. Mi sa spiegare questo contrasto? Ella passa forse le notti insonni per la rivalutazione dell'attivo autorizzata dal Governo ad alcune poche Società anonime, che nella illibatezza della sua coscienza, certamente paragona a una manovra di lestofanti; e invece (guardi un po') da una parte il Governo Fascista (1) lo ha considerato una pura e semplice *sistemazione contabile*; e dall'altro la Borsa non ha dato mai alcun segno di accorgersene, quasi che davvero ciò che Lei chiama *aumento gratuito* non abbia alcun contenuto sostanziale e sia invece come è una pura questione formale.

Se Ella trovasse che io esagero l'importanza delle Sue considerazioni, sarei tentato di darLe ragione, se non ci fosse di mezzo la potenza psicologica del giornale quotidiano, la quale purtroppo dà valore a qualunque infondata affermazione e della quale, proprio per ciò, non bisognerebbe assolutamente servirsi se non con il più grande rispetto per la verità e con le maggiori cautele.

Ma io, anche questa come già altre volte, non posso che lamentare il fatto compiuto.

*i. g. m.*

---

(1) Anche la Cassazione, dichiarando (è una notizia freschissima) che il plus-valore derivante dalla revisione monetaria *è soltanto apparente*, lo ha esentato dal pagare anche la tassa di registro, come già il Governo l'aveva esentato dall'imposta di R. M.

Il pensiero e l'intenzione di un economista il quale, commentando le preoccupanti tendenze della borsa italiana tutte rivolte ad un aumento ingiustificabile dei tassi di capitalizzazione, non trova di meglio che soffermarsi sul *regalo* fatto agli azionisti con la rivalutazione di certi immobilizzi, non potrebbero ricevere una lezione più severa di quella (ed è la terza o la quarta) che promana da questa recente sentenza della Cassazione.

# Atti Ufficiali

## dell'Unione Nazionale Fascista Industrie Elettriche (UNFIEL)

# Schema di Norme per l'ordinazione, verifica e controllo degli interruttori

*A termini dell'art. 10 dello Statuto del Comitato Elettrotecnico Italiano pubblichiamo qui appresso lo « Schema di Norme per l'ordinazione, verifica e controllo degli interruttori » elaborato dal Sottocomitato Interruttori del C. E. I.*

*Le eventuali osservazioni e proposte di modifiche dei Soci tecnologici dovranno essere trasmesse, entro tre mesi dalla data di pubblicazione, alla Presidenza del C. E. I., con il tramite del quale verranno sottoposte all'esame del Sottocomitato Interruttori, per la decisione definitiva.*

CAPITOLO I.

**1°) Campo di applicazione delle Norme.**

**1101.** Le presenti norme si applicano agli interruttori in olio per corrente alternata a frequenze comprese tra 15 e 100 periodi, funzionanti su impianti fissi o da considerarsi come tali mentre sono in funzione; non si applicano però agli interruttori da installarsi nelle miniere o in ambienti non normali per particolare presenza di polveri o di prodotti gassosi.

**2°) Termini e locuzioni particolari riguardanti l'interruttore.**

**1201.** L'interruttore è un apparecchio destinato a stabilire o ad interrompere la continuità metallica di un circuito elettrico sotto carico ed è costruito in maniera tale da mantenere la continuità o l'interruzione del circuito stesso dopo ogni manovra di chiusura o di apertura.

**1202.** Nelle presenti norme è considerato solamente l'interruttore in olio, cioè l'apparecchio definito come precedentemente nel quale la continuità e l'interruzione metallica del circuito elettrico vengono fatte in olio.

**1203.** Il comando dell'interruttore è il complesso di tutte le parti che costituiscono il congegno meccanico occorrente per effettuare le manovre di chiusura o di apertura; sono esclusi però dal comando i relais ed i dispositivi in genere che provocano l'entrata in funzione del congegno stesso.

**1204.** Lo scatto automatico è l'apertura dell'interruttore provocata da relais destinati ad interrompere la continuità del circuito elettrico, su cui sono inseriti, in prestabilite condizioni.

**1205.** La bobina di apertura o di scatto è una bobina che se eccitata o diseccitata fa aprire l'interruttore e può essere:

*a*) ad azionamento diretto a mezzo di pulsante o chiavette di comando;

*b*) ad azionamento indiretto a mezzo di relais, di corrente, di tensione, ecc.

**1206.** Il blocco è un congegno sia elettrico che meccanico destinato ad impedire la manovra dell'interruttore se il circuito elettrico non si trova nelle volute condizioni.

**1207.** Il comando a scatto libero è quello nel quale il meccanismo di apertura è indipendente dal meccanismo di chiusura, in modo che l'azione di chiusura non avviene se permane l'azione del dispositivo di apertura.

**1208.** Il comando a scatto vincolato è quello in cui i congegni di apertura e di chiusura non sono indipendenti ed in caso di contemporaneità delle due azioni ha precedenza quella iniziatasi per prima.

**1209.** Il polo dell'interruttore è la parte di esso, comando escluso, che interessa una sola fase del circuito elettrico.

In base al numero dei poli che costituiscono l'apparecchio questo viene chiamato unipolare, bipolare, tripolare, ecc.

**1210.** La superficie di contatto è la superficie comune di due conduttori premuti l'uno contro l'altro per permettere il passaggio della corrente senza formazione di arco.

**1211.** I contatti principali dell'interruttore sono gli organi che portano i contatti attraverso i quali a interruttore chiuso passa la maggior parte della corrente.

**1212.** I contatti rompiarco o parascintille sono quei dispositivi che stabiliscono od interrompono la continuità metallica del circuito prima che si chiudano o si aprano i contatti principali in modo da proteggere questi ultimi dagli archi di chiusura e di apertura.

**1213.** Il passante è il complesso costituito dal conduttore che collega i contatti principali dell'interruttore col circuito esterno sul quale l'interruttore deve essere inserito e dall'isolatore che porta ed isola detto conduttore.

**1214.** L'equipaggio mobile è l'insieme delle connessioni metalliche e dei relativi supporti isolanti che col suo movimento stabilisce od interrompe la continuità metallica del circuito.

**1215.** La corsa dell'interruttore è la distanza che intercorre tra la posizione di apertura dell'equipaggio mobile e quella di chiusura.

**1216.** La rottura elementare è la minima distanza risultante ad interruttore aperto tra corrispondenti contatti fissi e mobili di uno stesso polo.

**1217.** La rottura totale o semplicemente la rottura è la somma di tutte le rotture elementari di un polo.

**1218.** Il tempo di scatto è il tempo che decorre dal momento in cui avviene la liberazione del blocco del meccanismo di apertura fino al momento in cui cessa il contatto tra i contatti fissi ed i contatti mobili.

**1219.** Il tempo di manovra è il tempo risultante dalla somma del tempo che decorre dal momento della chiusura dei contatti di azionamento dei relais o del pulsante di comando fino al momento in cui avviene la liberazione del blocco del meccanismo di apertura, più il tempo di scatto di cui al n. 1218.

**1220.** Il tempo di apertura è il tempo che decorre dall'istante in cui cessa il contatto tra i contatti fissi ed i contatti mobili fino al momento in cui l'equipaggio mobile raggiunge la sua posizione di fine corsa.

**1221.** Il tempo di funzionamento è la somma dei tempi di manovra e di apertura quando non è stato procurato a mezzo di relais alcun ritardo intenzionale nel tempo di manovra.

**1222.** La velocità di apertura è data dal rapporto tra la rottura elementare ed il tempo di apertura.

**1223.** La velocità di chiusura è il rapporto tra la rottura elementare ed il tempo che l'equipaggio mobile impiega a percorrere tale spazio durante una operazione di chiusura.

**1224.** La resistenza di inserzione è una resistenza ohmica montata nello interruttore che viene temporaneamente inserita nel circuito all'atto della chiusura ed apertura dell'interruttore.

**1225.** Il battente d'olio è l'altezza d'olio sovrastante il punto più basso della superficie di contatto del contatto fisso.

**1226.** La camera d'aria è il volume compreso tra il livello dell'olio e la superficie del coperchio.

**1227.** Gli sfiatatoi sono aperture destinate a smaltire i gas formatisi nell'interno dell'interruttore.

3°) **Termini e locuzioni particolari riguardanti le grandezze elettriche ed il funzionamento dell'interruttore.**

**1301.** Il ciclo di lavoro consiste in una serie di operazioni di apertura e di chiusura o di ambedue le operazioni susseguentisi in un ordine e con un intervallo di tempo prestabilito.

Nelle norme l'operazione di apertura è indicata col simbolo *A*; quella di chiusura col simbolo *C*, di modo che il ciclo di lavoro risulta espresso da un insieme di simboli *A* e *C* intermezzati da numeri indicanti l'intervallo di tempo misurato in minuti primi da fare intercorrere tra due operazioni.

Così ad esempio l'espressione *A* - 3 - *CA* indica una operazione di apertura seguita dopo 3 minuti da una operazione di chiusura a cui succede senza intervallo intenzionale di tempo una operazione di apertura; similmente l'espressione *C* - 3 - *C* indica due operazioni di chiusura eseguite a distanza di 3 minuti, intendendosi che l'operazione di apertura intermedia deve essere fatta senza carico e tensione i quali devono essere tolti a mezzo di un interruttore interposto tra la sorgente di energia e l'interruttore in questione.

**1302.** La prestazione dell'interruttore stabilisce il servizio che l'apparecchio può compiere; essa viene determinata in base al numero dei cicli di lavoro (1301) che con determinati valori di tensione, di corrente e di fattore di potenza l'apparecchio può compiere successivamente senza bisogno di alcuna revisione.

**1303.** La tensione nominale dell'interruttore è la tensione efficace per la quale esso è stato costruito in base alle presenti norme.

**1304.** La tensione di esercizio dell'interruttore è il più alto valore della tensione concatenata di funzionamento dell'impianto sul quale deve essere inserito l'interruttore.

**1305.** La tensione di ritorno è il valore efficace della prima semionda dell'onda fondamentale di tensione che si stabilisce in un circuito soggetto al processo di interruzione di corrente immediatamente dopo l'estinzione dell'arco di rottura su tutte tre le fasi.

**1306.** La corrente nominale dell'interruttore è la massima intensità di corrente di fase, espressa in valore efficace, che può sopportare in servizio continuo un polo dell'interruttore, rispettando le condizioni stabilite dalle norme.

**1307.** La corrente di rottura è il valore efficace della componente alternata della corrente passante per ciascuna fase del circuito nell'istante della interruzione della continuità metallica del circuito stesso.

Se il valore istantaneo della corrente al momento della separazione dei contatti è zero si considera la semionda precedente; se inoltre all'atto della interruzione del circuito la componente unidirezionale della corrente da interrompere risultasse superiore del 30% del valore della componente alternata, non è più sufficiente per definire il fenomeno indicare soltanto la corrente di rottura come sopra definita, ma occorre fare menzione anche della componente unidirezionale.

**1308.** La corrente di rottura nominale dell'interruttore è la massima intensità di corrente di rottura (1307) compatibile con una determinata prestazione dell'interruttore stesso.

**1309.** La corrente di chiusura è il valore istantaneo massimo della prima semionda di corrente ivi compresa la componente unidirezionale che si riscontra in un circuito all'atto della sua chiusura.

**1310.** La corrente di chiusura nominale dell'interruttore è la massima intensità di corrente di chiusura (1309) compatibile con una determinata prestazione dell'interruttore stesso.

**1311.** La corrente di sovraccarico temporaneo dell'interruttore è il valore efficace della massima intensità di corrente che può attraversare l'apparecchio per un prestabilito periodo di tempo senza alcun pericolo di danni termici od elettrodinamici per l'interruttore.

**1312.** La frequenza nominale dell'interruttore è la frequenza per la quale l'interruttore è stato costruito in base a prestabilite condizioni.

## CAPITOLO II.

### CARATTERISTICHE DELL'INTERRUTTORE.

#### Generalità.

**2101.** Le caratteristiche essenziali dell'interruttore dipendono dai seguenti elementi:

*a*) tensione nominale,
*b*) corrente nominale,
*c*) frequenza,
*d*) corrente di sovraccarico,
*e*) prestazione,
*f*) corrente di rottura nominale,
*g*) corrente di chiusura nominale.

Agli effetti delle presenti norme tali elementi devono soddisfare ai requisiti indicati negli articoli seguenti.

**2102.** Per quanto riguarda la tensione nominale, definita come detto al n. 1303, l'interruttore deve soddisfare alle prove di isolamento di cui al Capitolo V paragr. 4°.

**2103.** Per quanto riguarda la corrente nominale, definita come detto al n. 1306, l'interruttore deve soddisfare alle prove di temperatura di cui al Capitolo V paragr. 3°.

**2104.** Per quanto riguarda la frequenza nominale, definita come detto al n. 1312, l'interruttore deve soddisfare a tutte le prove di cui al Capitolo V con qualsiasi frequenza compresa tra i 15 ed i 100 periodi al secondo.

**2105.** Per quanto riguarda la corrente di sovraccarico, definita come detto al n. 1311, viene considerata la massima intensità di corrente che può attraversare l'interruttore per la durata di 5 secondi senza danneggiarlo per effetti termici o elettrodinamici.

**2106.** Per quanto riguarda la corrente di rottura nominale, definita come detto al n. 1308, la prestazione (1302) da considerare normale deve constare di un solo ciclo di lavoro (1301) rispondente alla indicazione

*A* - 3 - *CA* - 3 - *CA*

da farsi avendosi

*a*) un fattore di potenza del carico non maggiore di 0,15,
*b*) una tensione di ritorno uguale in valore alla tensione nominale dell'interruttore,

e rispettando quanto è detto al n. 2108.

Per prestazioni diverse da quella su indicata vedere quanto è detto al n. 4404.

Il ciclo rispondente alla indicazione *A* - 3 - *CA* - 3 - *CA* è considerato nel seguito delle presenti norme come ciclo normale agli effetti della corrente di rottura nominale.

**2107.** Per quanto riguarda la corrente di chiusura nominale, definita come detto al n. 1310, la prestazione (1302) da considerare normale deve constare di un solo ciclo di lavoro (1301) rispondente alla indicazione

*C* - 3 - *C*

da farsi rispettando quanto detto al n. 2108.

Per prestazioni diverse da quella suindicata vedere quanto è detto al n. 4404.

Il ciclo corrispondente alla indicazione *C* - 3 - *C* è considerato nel seguito delle presenti norme come ciclo normale agli effetti della corrente di chiusura nominale.

**2108.** I cicli di lavoro di cui ai nn. 2106 e 2107 sono da ritenersi soddisfatti se durante le varie operazioni non vi sono state emissioni di fiammate, se non vi è stata fuoruscita di olio in quantità tale da impedire la esecuzione di un secondo ciclo e se l'interruttore non ha riportato danneggiamenti di sorta alle parti meccaniche.

È ammesso invece che i contatti ed i dispositivi accessori interessati dall'arco di apertura, pur essendo in grado di portare ed interrompere la corrente nominale nei limiti di temperatura di cui al Capitolo V, paragr. 3°, non possano eseguire un nuovo ciclo normale di apertura con la stessa corrente di rottura senza una revisione; questa revisione deve implicare però lavori di lieve entità e tali da poter essere eseguiti in breve tempo anche da operai non specializzati.

## CAPITOLO III.

### TARGHE CARATTERISTICHE.

#### Generalità.

**3101.** Ogni interruttore dovrà portare una targa caratteristica contenente il nome del costruttore, i dati essenziali, il tipo di catalogo e il numero dell'interruttore stesso.

**3102.** Se l'interruttore è costruito secondo le prescrizioni contenute nelle presenti norme deve portare sulla targa caratteristica il monogramma del C.E.I.

**3103.** I dati essenziali che la targa caratteristica deve sempre portare sono:

*a*) la tensione nominale,
*b*) la corrente nominale,
*c*) la frequenza.

**3104.** La corrente di rottura nominale e la corrente di chiusura nominale non vengono per ora indicate nella targa caratteristica perchè tali dati, per essere attendibili, devono essere desunti da prove che la maggior parte dei costruttori non può fare per mancanza dei laboratori adeguati.

I costruttori devono però munire l'interruttore di una seconda targa suppletiva indicante le correnti di chiusura e di rottura nominali da loro garantite.

La targa suppletiva deve portare la dicitura seguente:

Interruttore tipo ........................................
Per tensione nominale di V ..............................
Corrente di rottura nominale A ..........................
Corrente di chiusura nominale A .........................
Dati sperimentali ottenuti dal Laboratorio di ............
.........................................................

L'indicazione del laboratorio di prova nel quale sono stati desunti o controllati i dati di corrente indicati nella targa suppletiva è solo consentita ai costruttori quando sono state eseguite prove ampie rigorose e documentabili su un interruttore campione del tipo identico a quello a cui si riferisce la targa. Con la indicazione del laboratorio di prova il costruttore è tenuto a documentare le prove eseguite ed il loro risultato.

**3105.** Per gli interruttori tripolari la tensione nominale indica quella tra i conduttori di linea.

**3106.** La cassetta del comando elettrico se esiste deve portare una targa caratteristica indicante i dati essenziali per l'uso del comando stesso.

**3107.** L'interruttore può venire offerto e venduto per un servizio differente da quello risultante dai dati di targa; in questo caso per l'uso valgono i dati di garanzia specificati nella ordinazione.

## CAPITOLO IV.

## ISTRUZIONI PER LA DOMANDA L'OFFERTA E LA ORDINAZIONE DI UN INTERRUTTORE IN OLIO.

### 1°) Generalità.

**4101.** Le istruzioni che seguono sono intese ad indicare i dati necessari e sufficienti perchè l'interruttore sia ben definito per quanto riguarda il servizio che deve o può prestare.

**4102.** Se la domanda o la ordinazione di un interruttore contiene la clausola « l'interruttore deve essere conforme alle norme del C.E.I. » il venditore deve attenersi a tutte le prescrizioni delle presenti norme.

**4103.** I dati essenziali da tenere presenti nella domanda e nella offerta dell'interruttore sono:

*a*) il numero dei poli,
*b*) la tensione di esercizio,
*c*) la corrente nominale,
*d*) la prestazione,
*e*) la corrente di rottura nominale,
*f*) la corrente di chiusura nominale,
*g*) la corrente di sovraccarico,
*h*) la frequenza,
*i*) il numero delle casse o dei poli per cassa.

Tali elementi devono essere considerati tenendo conto delle istruzioni di cui agli articoli seguenti.

### 2°) Tensione nominale e tensione di esercizio.

**4201.** Nella scelta degli interruttori si deve avere avvertenza che la tensione di esercizio non sia superiore del 15 % alla tensione nominale dell'interruttore.

**4202.** La tensione nominale di un interruttore s'intende riferita ad interruttori funzionanti ad una quota inferiore ai 250 metri s. l. m.

Per funzionamento a quote superiori la tensione nominale indicata deve essere ridotta secondo i coefficienti seguenti:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| da | 250 | a | 500 | m | s.l.m. | 0,94 |
| » | 500 | » | 1000 | » | » | 0,89 |
| » | 1000 | » | 1300 | » | » | 0,87 |
| » | 1300 | » | 1700 | » | » | 0,85 |
| » | 1700 | » | 3000 | » | » | 0,75 |

**4203.** Per la scelta della tensione nominale di interruttori da istallarsi in locali particolarmente umidi, polverosi e contenenti vapori acidi o salini non valgono le presenti norme.

### 3°) Corrente nominale, corrente di sovraccarico, frequenza.

**4301.** Per tensioni di esercizio superiori ai 3000 Volta non si devono adottare interruttori con correnti nominali inferiori ai 150 ampère.

**4302.** L'indicazione della corrente di sovraccarico è necessaria soltanto se è previsto che l'interruttore debba funzionare per qualche secondo con intensità di corrente molto superiore alla corrente nominale.

**4303.** L'indicazione della frequenza è necessaria soltanto per frequenze non comprese tra i 15 ed i 100 periodi al secondo.

### 4°) Prestazione - Corrente di rottura nominale - Corrente di chiusura nominale.

**4401.** La corrente di rottura nominale e la corrente di chiusura nominale indicate dal costruttore indicano le massime intensità di corrente che l'interruttore può interrompere o chiudere con tutta sicurezza per prestazioni quali indicate ai nn. 2106 e 2107 quando l'apparecchio è in stato di regolare manutenzione specialmente per quanto riguarda il livello e la rigidità dielettrica dell'olio e la condizione dei contatti.

**4402.** Per garantire le correnti di rottura e di chiusura nominali, come detto al n. 4401, il costruttore è libero di scegliere i coefficienti di sicurezza che ritiene necessari sia nei riguardi dei fenomeni elettrici che di quelli meccanici ed elettrodinamici.

Però l'esercente non deve contare su tali coefficienti di sicurezza per interrompere o chiudere anche soltanto eccezionalmente correnti di intensità superiori a quelle garantite dal costruttore.

**4403.** Se trattasi di interruttori ultra rapidi per i quali è da ritenersi che la separazione dei contatti avvenga prima che la componente unidirezionale della corrente sia ridotta del 30 % del valore della componente alternata (n. 1307) occorre fare particolare menzione di tale circostanza.

**4404.** Qualora per particolari esigenze di servizio o per difficoltà di manutenzione si dovesse prevedere di non poter eseguire dopo ogni ciclo di lavoro o dopo ogni serie di operazioni equivalente ad un ciclo di lavoro la revisione necessaria per mantenere in efficienza l'interruttore, e cioè quando si dovesse prevedere una prestazione più gravosa di quella normale prevista dagli art. 2106 e 2107, si dovrà indicare la nuova prestazione necessaria.

Per evitare però che da quanto detto precedentemente derivi che interruttori identici vengano classificati diversamente secondo il tipo di utilizzazione per il quale vengono garantiti, resta invariata la prescrizione che la corrente di rottura o di chiusura nominale degli interruttori deve essere indicata secondo la intensità di corrente che loro compete in base alla prestazione normale fissata dagli art. 2106 e 2107.

**4405.** I valori della corrente di chiusura e di rottura nominali e della corrente di sovraccarico sono da intendersi con una approssimazione del ± 15 %.

**4406.** L'indicazione di una data corrente di rottura implica che l'interruttore stesso funzioni egualmente bene anche per tutti i valori inferiori di corrente.

### 5°) Varie.

**4501.** Salvo esplicita indicazione in contrario gli interruttori per tensioni nominali fino a 90 kV si intendono previsti per installazione in locale chiuso; gli interruttori invece per tensione nominale superiore ai 90 kV si intendono per installazione all'aperto.

**4502.** Se non indicato altrimenti negli interruttori multipolari a casse distinte i vari poli si intendono affiancati e manovrati con un unico comando; la trasmissione del comando ai vari poli deve essere assicurata in modo da avere praticamente la simultaneità di manovra in tutte le fasi.

**4503.** Se non indicato altrimenti gli interruttori si intendono senza resistenza di inserzione; in caso che questa fosse necessaria occorre indicare il valore della resistenza stessa ed il tempo che resta inserita.

**4504.** Se non specificato altrimenti gli interruttori si intendono offerti senza resistenza di protezione.

**4505.** Se non indicato altrimenti gli interruttori, anche per installazione all'aperto, sono previsti senza la resistenza di riscaldamento dell'olio. Però se è da presumersi che l'olio impiegato possa congelarsi l'acquirente deve richiedere esplicitamente tale resistenza indicando il salto di temperatura da raggiungersi e le caratteristiche della corrente di alimentazione della resistenza.

**4506.** Nella domanda ed ordinazione di un interruttore si deve indicare sempre se il comando deve essere fatto a mano o elettricamente o in altro modo.

Nel caso del comando elettrico devono essere indicate le caratteristiche della corrente di servizio; per quanto riguarda la tensione deve tenersi conto della caduta di tensione nei conduttori provocata dalla corrente richiesta dal comando stesso.

## CAPITOLO V.

## PROVE.

### 1º) Classificazione delle prove e generalità.

**5101.** Le prove riguardanti gli interruttori sono di due categorie:

*a*) le prove di tipo che hanno lo scopo di stabilire e controllare le caratteristiche principali dell'interruttore tipo;

*b*) le prove di verifica che hanno lo scopo di controllare la materiale esecuzione di ogni interruttore.

**5102.** Sono prove di tipo le seguenti prove:

*a*) di temperatura,
*b*) di isolamento,
*c*) di prestazione con:
 1) corrente di rottura nominale,
 2) » » chiusura »
 3) » » sovraccarico,
*d*) di pressione,
*e*) di resistenza meccanica.

**5103.** Sono prove di verifica le seguenti prove:

*a*) di isolamento,
*b*) di funzionamento,
*c*) la verifica di tipo.

**5104.** Salvo specificazione in contrario tutte le prove devono essere fatte su interruttori completi come devono trovarsi per l'uso normale.

**5105.** Salvo accordi in contrario le prove di tipo non sono comprese nei collaudi di fornitura.

### 2º) Prove di prestazione.

**5201.** Le prove di prestazione sono prove essenzialmente di tipo e servono per determinare la corrente di rottura e di chiusura nominale e la corrente di sovraccarico.

Norme dettagliate per la esecuzione di tali prove si potranno dare soltanto quando si disporrà di laboratori adeguati allo scopo.

Per intanto le norme consigliano in linea di massima per quei casi nei quali le prove si rendessero possibili di ripetere i cicli di lavoro indicati agli articoli n. 2106 e 2107 fino a tanto che non si possa ritenere di aver riscontrato in qualche caso un lavoro di rottura particolarmente elevato.

Per le misure dovranno usarsi oscillografi in modo da registrare almeno la corrente di fase, la tensione di fase, e la tensione alle estremità dei contatti; particolari cure dovranno aversi nella scelta dei riduttori di tensione per poter rilevare con la massima precisione sia le minime tensioni di arco che le tensioni di ritorno.

**5202.** La impossibilità di eseguire le prove di prestazione non esonera il costruttore dagli obblighi derivantigli dalle garanzie assunte per le prestazioni da lui indicate.

### 3º) Prove di temperatura.

**5301.** La prova di temperatura ha lo scopo di controllare il comportamento dell'interruttore agli effetti del riscaldamento sotto la corrente nominale (1306).

**5302.** Agli effetti della prova di temperatura le sovratemperature ammesse in un interruttore in olio rispetto all'aria ambiente, quando l'interruttore è provato con la corrente nominale di targa, non debbono superare i valori riportati nella tabella che segue, nella quale sono indicati anche i massimi valori assoluti di temperatura ammessi.

| | *Sovratemperature* | | *Temperature massime* | |
|---|---|---|---|---|
| *Correnti* | *olio* | *contatti* | *olio* | *contatti* |
| Fino a 2000 A ..... | 30° | 40° | 70° | 80° |
| Oltre a 2000 A ..... | 40° | 50° | 80° | 90° |

Per le parti degli interruttori costituite da avvolgimenti, bobine o simili valgono i limiti di temperatura fissati nelle Norme C.E.I. per i trasformatori in aria.

**5303.** Per gli interruttori che devono essere messi in servizio ad una altezza maggiore di 1000 metri s.l.m. i limiti di sovratemperatura di cui al n. 5302 devono essere diminuiti dell'1% per ogni 100 metri di altitudine eccedente i 1000 metri.

**5304.** La temperatura nell'interno dell'interruttore deve essere rilevata a mezzo di termometri o termo-coppie situati od applicati alle parti più calde.

La temperatura ambiente verrà rilevata prendendo la media delle misure di tre termometri situati a 2 metri di distanza dall'interruttore; uno di essi sarà situato all'altezza dei contatti e gli altri due m 0,50 più in alto e più in basso del precedente.

**5305.** La temperatura di regime è quella temperatura costante ottenuta in seguito alla applicazione per il tempo occorrente della corrente nominale alla frequenza di esercizio.

### 4º) Prova di isolamento.

**5401.** La prova di isolamento è una prova sia di tipo che di verifica ed ha lo scopo di controllare l'attitudine dell'interruttore a funzionare alla tensione nominale quale definita al n. 1303 e di verificare la bontà di tutto il materiale isolante.

**5402.** La tensione da applicarsi agli interruttori, sia per l'interno che per l'esterno, per la prova di isolamento deve essere uguale in valore efficace a due volte la tensione nominale più 1000 Volta con un minimo di 3000 Volta.

La tensione dell'arco a secco dei passanti provati isolatamente non deve essere però inferiore a 2,2 volte la tensione nominale più 20 000 Volta e la tensione dell'arco sotto pioggia per i passanti degli interruttori per esterno non deve essere inferiore a due volte la tensione nominale più 1000 Volta.

Questi valori delle tensioni di prova valgono anche se l'interruttore è impiegato per tensioni di esercizio del 15 % superiori alle tensioni normali, come detto al n. 4201.

**5403.** La tensione per la prova dell'interruttore completo deve essere applicata continuamente per 60 secondi e la sua frequenza potrà avere un valore qualunque compreso tra i 15 ed i 100 periodi e deve essere di forma sinusoidale secondo quanto è definito dalle Norme del C.E.I.

**5404.** L'applicazione e la misura della tensione di prova devono essere fatte secondo quanto prescritto in proposito nelle Norme C.E.I. per la prova di isolamento delle macchine.

La prova d'arco a secco e d'arco sotto pioggia deve essere invece fatta secondo le modalità fissate dalle Norme C.E.I. per le analoghe prove sugli isolatori.

**5405.** La prova di isolamento dell'interruttore deve farsi secondo le seguenti modalità:

1) Interruttore chiuso: fase contro massa,
2) » : » » fase,
3) » aperto: » » massa
4) » » tra i passanti dello stesso polo.

**5406.** Per gli interruttori per oltre 1000 Volta con isolamento in materia fibrosa oppure in materia ceramica con miscela di riempimento la prova di isolamento deve avere la durata di cinque minuti primi; dopo questa prova non si deve riscontrare alcun riscaldamento dei passanti.

### 5º) Prova di resistenza meccanica.

**5501.** La prova di resistenza meccanica è una prova di tipo che ha lo scopo di controllare che tutte le parti meccaniche dell'interruttore, comando compreso, siano sufficientemente robuste e adatte al compito cui sono destinate.

**5502.** Per la prova di resistenza meccanica l'interruttore completamente montato, come pronto per l'uso, deve venire aperto e chiuso successivamente 500 volte di seguito, previ accordi col costruttore sulle modalità della prova specie per quanto riguarda i comandi.

Nessun aggiustaggio o riparazione deve rendersi necessario durante tale prova.

### 6º) Prova di funzionamento.

**5601.** La prova di funzionamento da farsi ad interruttore installato ha lo scopo di controllare la regolarità del montaggio specialmente per quanto riguarda il funzionamento del comando e la contemporaneità di manovra nei vari poli.

### 7º) Verifica di tipo.

**5701.** La verifica di tipo ha lo scopo di controllare che tutti gli interruttori forniti siano identici all'interruttore tipo sul quale vennero fatte le prove di tipo.

8°) **Prova di pressione.**

**5801.** La prova della resistenza della cassa alla pressione interna è una prova essenzialmente di tipo ed è da farsi in seguito a particolari intese tra acquirente e costruttore.
La pressione di prova sarà pure da stabilire d'accordo tra le parti.

## CAPITOLO VI.

## PRESCRIZIONI VARIE.

**Generalità.**

**6101.** Ogni interruttore deve avere un indicatore del livello d'olio.

**6102.** In ogni interruttore deve essere indicato il livello che deve avere l'olio alla temperatura di 20°C.

**6103.** Ogni interruttore che contenga più di 100 kg di olio deve essere munito di saracinesca per lo scarico rapido dell'olio in caso di emergenza.

**6104.** I dispositivi di comando devono essere tali che l'equipaggio mobile non possa rimanere mai in posizione intermedia tra quelle estreme di apertura e di chiusura.

**6105.** Ogni interruttore deve avere un dispositivo che permette di riconoscere in ogni momento la posizione dell'interruttore stesso; tale posizione deve essere riconosciuta anche da tergo.

**6106.** I dispositivi automatici per la segnalazione della posizione dell'interruttore non devono dare indicazione di manovra effettuata se l'equipaggio mobile non ha compiuto 3/4 della corsa per raggiungere la posizione finale.

**6107.** Ogni cassa dell'interruttore deve essere munita di sfiatatoio per smaltire i gas formatisi nell'interno; tali sfiatatoi devono essere disposti in modo che la proiezione dei gas non avvenga in direzione degli isolatori passanti.

**6108.** Il comando dell'interruttore se fatto elettricamente deve poter funzionare anche se la tensione di servizio differisce dal suo valore nominale di $\pm 10\%$.

**6109.** Qualora si usassero resistenze di inserzione le varie spire di queste devono essere isolate in modo da non riportare danni per l'onda di tensione che si ha durante l'inserzione delle resistenze; queste poi devono essere proporzionate in modo da portare per la durata di due secondi la corrente di rottura.

**6110.** Le eventuali resistenze di riscaldamento, se destinate a venire in diretto contatto con l'olio, devono essere proporzionate secondo le Norme del C.E.I. in modo da non causare alcuna decomposizione dell'olio stesso.

**6111.** Per tutto quanto non indicato nelle presenti norme l'interruttore deve soddisfare alle Norme C.E.I. per le macchine elettriche, in quanto applicabili.

## APPENDICE.

## CALCOLO DELLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO COL METODO DELLE CADUTE PERCENTUALI DI TENSIONE.

Il procedimento consente la determinazione approssimata in difetto delle correnti di c. c. iniziali e permanenti per sistemi anche complessi ridotti a configurazione radiale.

1°) **Corti circuiti tripolari.**

A) *Corrente di c. c.*

La corrente di c. c. è data dalla formula

$$I_c = \frac{P_c}{E\sqrt{3}} \qquad (1)$$

essendo

$$P_c = n P_b \frac{100}{Z_r}$$

nelle quali:

$E$ è la tensione tra fase e fase del tronco di rete, per cui si calcola la corrente di c. c., espressa in kV;
$P_c$ è la potenza di c. c. puramente convenzionale;
$n$ è il rapporto tra la tensione del generatore a vuoto con eccitazione corrispondente a quella effettiva del servizio e la tensione normale ai morsetti; in mancanza di dati specifici supponiamo il generatore a pieno carico e $\cos\varphi = 0{,}8$ assumendo per $n$ il valore medio di 1,3;
$P_b$ è il valore di una potenza arbitraria presa come base, espressa in kVA;
$Z_r$ è la risultante delle impedenze percentuali dei singoli elementi del circuito riferite alla potenza base $P_b$ espresse in forma di cadute percentuali di tensione e riferite alla tensione di esercizio.

Qualora a monte e lontano dal punto di c. c. vi fossero dei notevoli carichi erogati le correnti di c. c. sarebbero un poco minori di quelle calcolate col presente metodo.

*a*) Corrente di c. c. permanente: la corrente ricavata dalla formula (1) deve intendersi permanente se nel calcolo della impedenza $Z_r$ si è considerata pel generatore la reattanza sincrona (reattanza di dispersione più reattanza per reazione di indotto) ricavata come in appresso.

*b*) Corrente di c. c. iniziale: la corrente ricavata dalla formula (1) deve intendersi iniziale (valore efficace della sola componente alternata) se nel calcolo della impedenza $Z_r$ si è considerata per il generatore la sola reattanza di dispersione.

*c*) Corrente di c. c. massima: il valore massimo istantaneo della corrente di c. c. iniziale indicando con $I_c$ la corrente di c. c. iniziale può ritenersi data da:

$$I_c \max = 1{,}8\sqrt{2}\, I_{ci}$$

B) *Calcolo delle impedenze.*

La composizione delle impedenze se gli elementi sono in serie si ottiene con la somma di quelle dei singoli elementi; se gli elementi sono in parallelo (si considerano in parallelo anche due rami convergenti) si ottiene con la formula:

$$Z_r = \frac{1}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \cdots\cdots}$$

Le impedenze percentuali dei vari elementi della rete riferite alla potenza base, agli effetti del presente sistema di calcolo, si determinano come segue.

*a*) Per i generatori.

Nei generatori le resistenze sono trascurabili e quindi le impedenze si riducono a reattanze che dipendono dalle condizioni di eccitazione.

Le Ditte costruttrici danno di solito il rapporto tra la corrente di c. c. iniziale e la corrente normale ed il rapporto tra la corrente di c. c. permanente e la corrente normale; in tal caso si hanno:

reattanza di dispersione $$x_d = n \frac{100}{\frac{I_{ci}}{I_n}} \frac{P_b}{P_x}$$

reattanza sincrona $$x_s = n \frac{100}{\frac{I_{cp}}{I_n}} \frac{P_b}{P_x}$$

reattanza per reazione di indotto $x_r = x_s - x_d$

essendo

$P_x$ potenza nominale del generatore in kVA,
$I_n$ corrente nominale relativa a $P_x$,
$I_{ci}$ » di c. c. iniziale per c. c. ai morsetti,
$I_{cp}$ » » permanente » » »

Se invece le reattanze di dispersione e sincrona fossero date dalle Ditte costruttrici in ohm si dovrebbero ridurre in per cento e riferire alla potenza base con la formula

$$x = x_0 \frac{P_b}{10\, E^2}$$

Se alla rete sono connessi dei condensatori rotanti questi in caso di c. c. funzionano da generatori e di ciò si deve tener conto nel calcolo delle impedenze.

Nelle macchine moderne il valore della reattanza di dispersione riferita alla tensione ai morsetti ed alla potenza delle macchine varia dal 12 al 23 %; il valore della reattanza sincrona varia dal 45 al 70 %.

*b*) Per i trasformatori.

L'impedenza è indipendente dal carico ed è data dalla tensione di c. c. $Z_0$ già espressa in per cento, da ridursi alla potenza base con la formula:

$$Z = Z_0 \frac{P_b}{P_c}$$

Nei trasformatori il valore di $Z_0$ può variare dal 4 al 12 %.

*c*) Per le linee.

L'impedenza è indipendente dal carico; si calcola in ohm e poi si riduce in per cento e si riferisce alla potenza base con la formula:

$$Z = Z_0 \frac{P_b}{10\,E^2}$$

essendo

$$Z_0 = \sqrt{r^2 + x^2}$$

$$r = \rho \frac{1}{s} \text{ ohm}$$

$$x = 2\pi f l \left(0{,}5 + 4{,}6 \log \frac{2D}{d}\right) 10^{-4} \text{ ohm}$$

dove

- $Z$ valore percentuale della impedenza riportata alla potenza base $P_b$;
- $Z_0$ impedenza espressa in ohm in funzione della resistenza e della reattanza per ogni fase;
- $E$ tensione di linea tra fase e fase in kV;
- $\rho$ resistenza del rame $\approx$ 17,5;
- $l$ lunghezza della linea in km;
- $s$ sezione del conduttore (equivalente in rame) in mmq;
- $f$ frequenza;
- $D$ distanza media tra i conduttori in cm;
- $d$ diametro del conduttore in cm.

2°) **Corti circuiti bipolari.**

Il c. c. tra due fasi presenta due casi principali:

1° Caso: Se i trasformatori hanno le connessioni primarie e secondarie dello stesso tipo il calcolo delle correnti di c. c. si fa con le stesse formule sopra riportate, moltiplicando però le impedenze percentuali calcolate pel c. c. tripolare per i seguenti coefficienti:

$\frac{1}{\sqrt{3}}$ per la reazione di indotto;

$\frac{2}{\sqrt{3}}$ » la reattanza di dispersione;

$\frac{2}{\sqrt{3}}$ » la impedenza dei trasformatori;

$\frac{2}{\sqrt{3}}$ » la impedenza delle linee.

2° Caso: Se vi è un trasformatore con connessioni stella triangolo oppure triangolo stella il c. c. bipolare al secondario si riporta al primario interessando le tre fasi; per le impedenze vale quanto è stato detto pel primo caso, mentre le intensità di corrente nei tratti a monte si calcolano per le tre fasi rispettivamente con le formule:

$$I_{c1} = \frac{P_c}{E\sqrt{3}} \frac{2}{\sqrt{3}}; \quad I_{c2} = \frac{P_c}{E\sqrt{3}} \frac{1}{\sqrt{3}}; \quad I_{c3} = \frac{P_c}{\sqrt{3}} \frac{1}{\sqrt{3}}.$$

3°) **Corti circuiti unipolari.**

Il c. c. tra una fase e la terra presenta due casi principali:

1° Caso: Se tutti i trasformatori sono coi collegamenti a stella coi due neutri a terra e se i generatori hanno pure la connessione a stella con neutro a terra il calcolo delle correnti di c. c. si fa con le stesse formule riportate pei c. c. tripolari, moltiplicando però le impedenze percentuali calcolate per il c. c. tripolare per i seguenti coefficienti:

$\frac{1}{3}$ per la reazione di indotto;

$\frac{\sqrt{3}}{2}$ » la reattanza di dispersione;

1 » la impedenza dei trasformatori.

Per le linee l'impedenza si potrà dedurre dalle formule approssimate sperimentali:

$$r = (r_c + r_t)\, l$$

$$r = 2\pi f l\,(3 - 0{,}46 \log d)\, 10^{-3}$$

essendo:

- $r_c$ resistenza di un conduttore in ohm per km;
- $r_t$ resistenza del terreno variabile da ohm/km 0,10 a 0,04 rispettivamente in montagna ed in pianura;
- $l$ lunghezza della linea in km;
- $d$ diametro del conduttore in mm.

Il passaggio al valore percentuale riferito alla potenza base si fa sempre con la formula:

$$Z = Z_0 \frac{P_b}{10\,E^2}$$

2° Caso: Se a monte del punto di c. c. unipolare si trova un trasformatore triangolo stella con neutro a terra, nel calcolo si introdurranno per le impedenze a valle del detto trasformatore (esso compreso) i valori già visti nel 1° caso; per le impedenze a monte i valori conosciuti per il c. c. tripolare moltiplicato per i seguenti coefficienti:

$\frac{1}{3}$ per la reazione di indotto;

$\frac{2}{3}$ » la reattanza di dispersione;

$\frac{2}{3}$ » la impedenza dei trasformatori;

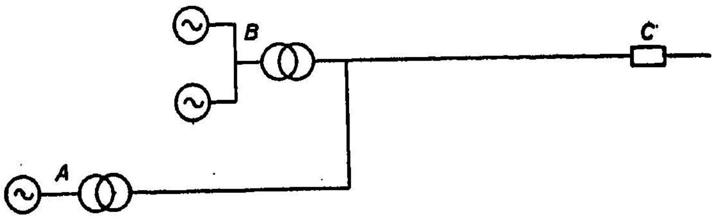
$\frac{2}{3}$ » la impedenza delle linee.

La corrente nei tratti a monte è data da $I_c = \frac{P_c}{3E}$ mentre nei tratti a valle è data da

$$I_c = \frac{P_c}{E\sqrt{3}}$$

**ESEMPIO DI CALCOLO DELLE CORRENTI DI C.C. TRIPOLARI.**

Dato lo schema indicato nella figura, determiniamo le correnti attraversanti l'interruttore in *C*.




1°) **Caratteristiche degli elementi del circuito.**

*a*) Centrale *A*

Alternatore 35 000 kVA - 10 000 V — *f* 45

rapporto $\frac{I_{ci}}{I_n}$ = 5,65

» $\frac{I_{cp}}{I_n}$ = 2,89

» $n$ = 1,3

trasformatore 35 000 kVA - 10/150 kV
tensione di c. c. 12%.

*b*) Linea *A* - *B*

Tensione 150 kV - lunghezza 128 km - sezione conduttore mmq 107 (equivalente in rame), diametro mm 18,3, distanza media tra i conduttori cm 605.

*c*) Centrale *B*

Alternatori 12 800 kVA - 6300 V
reattanza di dispersione ohm 0,713

rapporto $\frac{I_{cp}}{I_n}$ = 2,89

» $n$ = 1,3

trasformatore 24 000 kVA - 6,3/150 kV
tensione c. c. 12 %

*d*) Linea *B-C*

Tensione 150 kV - lunghezza km 187,1 - sezione conduttore mmq 155 (rame), diametro mm 19,5, impedenza totale di un conduttore ohm 73,4.

Supponiamo che tutto il carico venga erogato a valle del punto di c. c. e adottiamo una potenza base di 50 000 kVA.

2°) **Calcolo delle impedenze** (cadute percentuali di tensione).

*a*) Centrale *A*

reattanza di dispersione $x_d = 1{,}3\ \frac{100}{5{,}65}\ \frac{50\,000}{35\,000} = 32{,}9$

» sincrona $x_s = 1{,}3\ \frac{100}{2{,}89}\ \frac{60\,000}{35\,000} = 64{,}3$

impedenza trasformatore $12\ \frac{50\,000}{35\,000} = 17{,}2$

*b*) Linea *A-B*

$$r = 17{,}5\ \frac{128}{107} = \text{ohm } 21$$

$$x = 6{,}28 . 45 . 128 \left(0{,}5 + 4{,}6 \log \frac{2 . 605}{1{,}83}\right) 10^{-4} = 48{,}8 \text{ ohm}$$

$$Z = \sqrt{21^2 + 48{,}8^2} = 53{,}1 \text{ ohm}$$

$$Z = 53{,}1\ \frac{50000}{10 . 150^2} = 11{,}8 \text{ ohm}$$

*c*) Centrale *B*

reattanza di dispersione di un generatore $x_d = 0{,}713\ \frac{5\,0000}{10 . 6{,}3} = 89{,}8$

» » » del gruppo $x_d = \frac{89{,}8}{2} = 44{,}9$

» sincrona del gruppo $x_s = 1{,}3\ \frac{100}{2{,}89}\ \frac{50000}{2 . 12800} = 87{,}9$

impedenza trasformatore $12\ \frac{50000}{24000} = 25$

*d*) Linea *B-C*

Impedenza $Z = 73{,}4\ \frac{50000}{10 . 150^2} = 16{,}3$

*e*) Impedenze risultanti

$$\text{iniziale } Z_r = \frac{1}{\frac{1}{32{,}9+17{,}2+11{,}8} + \frac{1}{44{,}9+25}} + 16{,}3 = 49{,}1$$

$$\text{permanente } Z_r = \frac{1}{\frac{1}{64{,}3+17{,}2+11{,}8} + \frac{1}{87{,}9+25}} + 16{,}3 = 67{,}4$$

3°) **Calcolo delle correnti di c. c.**

*a*) Corrente di c. c. permanente

$$P_c = 1{,}3 . 50\,000 . \frac{100}{67{,}4} = 96\,450$$

donde

$$I_c = \frac{96450}{150\sqrt{3}} = 371 \text{ A (valore efficace)}$$

*b*) Corrente di c. c. iniziale

$$P_c = 1{,}3 . 50\,000 . \frac{100}{49{,}1} = 132\,400$$

donde

$$I_c = \frac{132400}{150\sqrt{3}} = 509{,}5 \text{ A}$$ (valore efficace componente alternata).

*c*) Corrente di c. c. massima

$$I_c \max = 1{,}8 . \sqrt{2} . 509{,}5 = 1296 \text{ A (valore istantaneo).}$$

# DIRITTO E GIURISPRUDENZA

**Fornitura di energia elèttrica - Fallimento dell'utente - Clausola di minimo consumo garantito.**

MASSIMA

*Il credito del fornitore della energia per il minimo consumo garantito fino a scadenza del contratto, è esistente sino dalla sua stipulazione, anche se dilazionato e rateato ne sia il pagamento.*

*Conseguentemente il credito stesso, divenuto esigibile col fallimento dell'utente* (*art.* 701 *Cod. Comm.*) *è ammissibile al passivo del fallimento stesso.*

*È incensurabile in Cassazione come apprezzamento di fatto quello della Corte di merito che ciò abbia ritenuto.*

Cassazione del Regno, Sezione prima, 16 gennaio - 4 marzo 1932, Pres. ed Est. Granello, in causa FALL. CREMERIA CORREGGESE (Avv.ti Silvestri e Bacchi) c. Soc. EMILIANA ESERCIZII ELETTRICI (Avv.ti Mars e Artoni).

FATTO.

Nel dì 9 agosto 1929 la Società Emiliana di Esercizi Elettrici chiese di essere ammessa, in via chirografaria, al passivo del fallimento della Ditta Rossi e Cattania di Correggio per la somma di lire 3119,05 residuo importo di energia elettrica somministrata nei mesi di giugno e luglio, più lire 34025,35 per i minimi contrattuali garantiti dal primo agosto 1929 al 30 aprile 1935, scadenza del contratto, deducendo dalla complessiva somma di lire 37144,40 il deposito di lire 1435 a titolo di garanzia avuto nel 25 maggio 1925. Il credito concernente i minimi contrattuali fu dal curatore del fallimento contestato col motivo «che l'anticipata risoluzione del contratto di fornitura era dovuta a forza maggiore». Tale eccezione ebbe ad essere accolta dal Tribunale di Reggio Emilia, che limitava l'ammissione della predetta Società al solo credito delle lire 3119,05, sul riflesso che il contratto dovesse considerarsi come risolto in forza della clausola contrattuale che contemplava appunto l'eventuale fallimento dell'utente. In contrario avviso andò invece la Corte di Appello di Bologna che, accogliendo il gravame della Società Emiliana Esercizi Elettrici, l'ammise al passivo in via chirografaria anche per il credito contestato concernente i minimi contrattuali garantiti. Il ricorso per cassazione denunciò: 1° - la violazione degli art. 360 N. 6, 361, n. 2 C. P. in relazione all'art. 1157 e 1158 C. C.; 2° - la violazione degli stessi articoli 360 n. 6, 361 n. 2 Cod. Proc. Civ. in relazione all'art. 758 e seguenti e 699 C. Comm.; 3° - la violazione sotto altro aspetto dei surripetuti articoli 360 n. 6, 361 n. 2 C. P. in relazione agli art. 699 e seguenti cod. comm.

DIRITTO.

Le censure che, sotto un triplice profilo, per difetto di motivazione *si muovono alla impugnata sentenza, sono infondate.* La Corte d'Appello, dopo avere giustamente avvertito che la clausola risolutiva espressa, quale era quella contenuta nell'art. 13 del contratto, non poteva operare automaticamente, ma soltanto a richiesta dell'una o dell'altra parte, ha con insindacabile constatazione di fatto, escluso che nè il curatore del fallimento attuale ricorrente nè la Società Emiliana avessero chiesto che il contratto fosse dichiarato risolto in forza del suaccennato patto risolutivo, essendosi l'uno limitato a chieder il rigetto della domanda di ammissione del credito contestato sul riflesso che la fallita Cremeria si trovava per forza maggiore nella giuridica impossibilità di eseguire il contratto, mentre l'altra, che non aveva bisogno od interesse a far funzionare la clausola risolutiva, non aveva fatto che insistere per l'ammissione del proprio credito: *ciò premesso, la Corte di Appello ha basato la propria decisione sul secondo e sull'undecimo articolo del contratto,* interpretando nel senso che ne risultasse a carico della fallita Ditta un definitivo e indefettibile impegno per il pagamento del fissato minimo di quantitativo di energia anche se per qualsiasi contingenza si fosse venuta a trovare nell'impossibilità di poterla usufruire, *onde la logica illazione che l'importo di cotesto minimo costituisse a favore della Società Emiliana di Esercizi Elettrici un credito originario perfezionatosi anteriormente alla dichiarazione del fallimento della Cremeria,* che non poteva quindi avere avuto per effetto di metterne in forse la irrevocabile sussistenza. Di questa sua interpretazione, *che come tale sfugge al sindacato della Corte di Cassazione,* la Corte di Appello ha dato adeguata ragione, *non senza avvertire* che se realmente si fosse trattato di credito futuro, la domanda di ammissione al passivo avrebbe dovuto essere respinta, ma che il Tribunale considerandolo come tale aveva scambiato la scadenza del credito col pagamento, mentre che, *se il canone corrispondente al minimo impegno, giusta l'art. ottavo doveva pagarsi a rate mensili, ciò non toglieva che il credito del canone corrispondente al minimo impegno non fosse esistente sin dall'origine del contratto, e quindi deducibile, come credito attuale, alla data della dichiarazione del fallimento per effetto della quale, giusta il disposto dell'art.* 701 *Codice Comm., i debiti a scadenza fissa obbligatoria a carico del fallito dovevano intendersi scaduti.* Essendo la decisione della Corte di Appello *il portato di un apprezzamento di fatto* basato sulla peculiare interpretazione del contratto interceduto fra le parti nel senso che il credito reclamato dalla Società Emiliana si fosse perfezionato nella sua consistenza anteriormente alla dichiarazione del fallimento della Cremeria e che per effetto della dichiarazione medesima fosse divenuto esigibile indipendentemente dalla contingenza che l'amministrazione fallimentare potesse ulteriormente usufruire quel minimo di energia elettrica per il quale la Ditta fallita erasi impegnata, torna vana ogni teoretica disquisizione in ordine all'effetto della dichiarazione di fallimento sui contratti aventi tratto successivo alla dichiarazione medesima.

P. Q. M. (*omissis*).

**Fornitura di energia elettrica - Fallimento dell'utente - Clausola della minima potenza impegnata.**

MASSIMA.

*È ammissibile al passivo del fallimento dell'utente di energia elettrica il credito del fornitore derivante dalle rate non ancora scadute della quota fissa stabilita a corrispettivo della minima potenza impegnata, quando la inadempienza dell'utente, che rende esigibili le quote stesse, si sia verificata anteriormente alla dichiarazione del fallimento.*

Appello Milano, 29 aprile - 13 maggio 1932, Pres. Pignatti, Est. Gallucci, in causa Soc. EDISON (Avv. Majno) c. FALL. SANGALLI (Avv. Ferrari).

FATTO.

Con domanda di insinuazione 6-5-1931, la Società Generale Italiana Edison di Elettricità chiedeva di essere ammessa al passivo del fallimento di Sangalli Cornelia (Monza), dichiarato con sentenza 16-4-1931 del Tribunale di Milano, per i seguenti crediti in dipendenza di contratto di energia elettrica:

1°) in via privilegiata, L. 49,50 per rifusione imposte e tasse;

2°) in via chirografaria L. 81,60 per consumo di energia e lire 1.616 quale importo «quota fissa» dovuta dall'utente a tenore del contratto.

Ma il Giudice delegato — mentre accoglieva l'istanza in ordine ai primi due crediti — quanto al terzo relativo alla quota fissa, l'ammetteva limitatamente all'importo di due rate in L. 64.

Con citazione 15-6-1931, la Edison adiva il Tribunale per ottenere che anche tale terzo credito fosse integralmente ammesso.

Ma il Tribunale, con sentenza 5-7 dicembre 1931, respingeva la domanda.

Appellava la Edison adducendo, nell'atto di impugnazione, che il Tribunale aveva « ingiustamente disatteso le esplicite pattuizioni contrattuali, perchè, in contrasto colla chiara dizione del contratto e con l'economia dello stesso, ha ritenuto che il credito insinuato fosse subordinato alla sussistenza di futuri prelievi di energia e rappresentasse il corrispettivo di detti prelievi, mentre trattavasi di somma dovuta per causale affatto estranea e indipendente dal consumo, costituente quindi un debito certo e liquido, sorto all'atto della stipulazione del contratto e solo dilazionato, quanto ai pagamenti, in un determinato numero di mensilità per comodo dell'utente ».

Ed — avanti questa Corte — all'udienza di spedizione i procuratori delle parti prendevano le conclusioni qui sopra in epigrafe richiamate.

DIRITTO.

Il gravame proposto dalla Società Edison si presenta fondato, e va quindi accolto, con conseguente riforma dell'appellata sentenza, per il motivo assorbente di che la Corte passa ad occuparsi.

Il Tribunale si trovò di fronte a due motivi, in base ai quali la Edison insisteva per la ammissione del vantato suo credito al passivo del fallimento Sangalli:

1°) l'inadempienza dell'utente Sangalli anteriore alla dichiarazione del fallimento;

2°) la clausola d'impegno da parte dell'utente a corrispondere una « quota fissa per minimo di potenza », acquisita alla stipulazione del contratto di fornitura di energia.

E disattese la domanda attrice:

1°) perchè, a suo avviso, la Edison non potesse pretendere risarcimento, per la ragione che, pur avendo « quesito il diritto alla risoluzione del rapporto anteriormente al fallimento », non aveva « proposto le azioni inerenti avanti la sua dichiarazione »;

2°) perchè ritenne che il patto relativo alla « quota fissa » sovra accennata non importasse un debito precostituito nel patrimonio della utente Ditta Sangalli.

I primi giudici, invece, avrebbero dovuto senz'altro accogliere la richiesta della Edison, a titolo di risarcimento di danni a seguito di inadempienza contrattuale da parte di essa Ditta Sangalli.

Può bensì considerarsi ormai acquisito, dopo varii contrasti, il principio sostenuto costantemente da questa Corte che il contraente inadempiente non può pretendere indennizzo in conseguenza di inadempimento da parte dell'altro contraente per sopravvenuta dichiarazione di fallimento di quest'ultimo.

Ma è pur stato ritenuto — anche e ripetutamente da questa Corte (vedi la sentenza più recente 15-29 aprile 1932 Stipel contro Società Edison) — che il contraente adempiente ha diritto ad essere risarcito nel caso che l'inadempienza contrattuale siasi verificata prima della dichiarazione del fallimento, foss'anche durante il periodo di cessazione dei pagamenti, ciò specialmente perchè a tale inadempienza diede luogo il debitore, quando ancora era nella libera disponibilità dei suoi beni e non il fallimento.

Questa stessa Corte, ebbe pure a ritenere — nella testè richiamata sua recentissima pronuncia, oltre che in altre precedenti — che, specialmente quando si abbia condizione risolutiva espressa, non occorre che il creditore faccia valere il suo diritto al risarcimento in via giudiziaria, prima della dichiarazione del fallimento. Il diritto, invero, alla risoluzione del contratto sorge anch'esso prima della pronuncia del fallimento, e la sentenza del magistrato non fa altro che dichiarare il diritto preesistente — siccome la condizione risolutiva espressa opera e porta i suoi effetti fin dal momento in cui si è verificata.

Ed è appena il caso di rilevare che la condizione risolutiva tacita opera *ex tunc*, ma per essere operativa agli effetti di cui trattasi occorre l'anteriore domanda giudiziale.

Nel concreto caso, è fuor discussione che la ditta Sangalli si rese inadempiente, col non pagare le rate scadute, fin da sei mesi prima della dichiarazione del suo fallimento, e cioè dal novembre 1930. Ciò nonostante che nel contratto fosse previsto:

*a*) che il pagamento dovesse avvenire al massimo entro 8 giorni da quello della presentazione delle bollette — patto 9° —;

*b*) che in caso di inosservanza dei patti la Edison avrebbe potuto ritenere « risolto di diritto il contratto di fornitura dell'energia elettrica con ogni conseguenza di legge » — patto 16 —.

I primi giudici ritenevano che « al contraente *in bonis* non spetti un diritto concorsuale al risarcimento del danno sofferto a motivo della cessazione del contratto, se non abbia quesito il diritto alla risoluzione del rapporto anteriormente al fallimento, e se non abbia proposte le azioni inerenti avanti la sua dichiarazione». In tal modo mentre si riconosceva che bisogna fare distinzione fra l'inadempienza dipendente dal fallimento e quella verificatasi anteriormente ad esso, si richiedeva che il creditore facesse valere il suo diritto prima della dichiarazione del fallimento con che:

*a*) si disconosceva il più esatto principio ritenuto già da questa Corte al riguardo;

*b*) e si metteva inoltre in non cale la condizione espressa contemplata dal contratto che importava la risoluzione di diritto indipendentemente da una declaratoria in giudizio.

Per quanto si è venuto considerando, in riforma dell'appellata sentenza, si deve accogliere la richiesta dell'appellante Società Edison ponendo a carico dell'appellato le spese tutte del doppio grado di giudizio.

P. Q. M. (*omissis*).

---

# Ancora sugli effetti del fallimento dell'utente in rapporto al patto del minimo consumo garantito

## NOTA

Le sentenze sopra riportate della Cassazione del Regno e della Corte di Appello di Milano ci costringono a ritornare, ancora una volta, sulla *vexata quaestio* della insinuabilità o meno al passivo fallimentare del credito derivante dai minimi di consumo contrattualmente garantiti fino a scadenza del contratto, e non usufruiti, per cagione dell'intervenuto fallimento, dall'utente fallito.

Chi ha seguito questa rubrica, conosce i precedenti della questione, che ebbero ampia trattazione più di una volta. Oltre alle molte sentenze pubblicate (e che avremo occasione di richiamare), si vedano, per i precedenti dottrinali e giurisprudenziali della questione: lo studio dell'Avv. Frattini (Le garanzie dei crediti per fornitura di energia elettrica) nell'annata 1928, pag. 1098; l'ampia trattazione dottrinale del compianto Avv. E. Petrone a pag. 413 dell'annata 1929; la pure ampia trattazione dell'Avv. Frattini (nel capitolo « Interruzione del contratto a cagione del fallimento dell'utente » del suo studio « Di alcune questioni legali riguardanti il contratto di fornitura di energia elettrica ») a pag. 983 dell'annata 1930. Si vedano pure le numerose note fatte seguire alle varie sentenze dall'autore di questa nota (1929, pag. 1057 - 1930, pag. 827 e pag. 1065 - 1931, pag. 340, pag. 431 e pag. 804).

Richiamiamo qui soltanto, per sommi capi, ed anche per *fare il punto* nello stato attuale della giurisprudenza, le grandi linee della questione.

***

Una prima corrente dottrinale e giurisprudenziale è quella che senz'altro ammette la proponibilità del credito corrisponden-

te ai minimi di consumo pattuiti, ed il suo ingresso nel concorso fallimentare, a titolo di *danno* da risarcirsi (sia pure in moneta fallimentare) al fornitore della energia, per la interruzione della somministrazione, causata dal fallimento.

Questa dottrina, che, malgrado i molti contrasti giurisprudenziali, non ha cessato dall'apparirci come la più ortodossa, la più aderente sia ai principi generali del nostro diritto, sia alle più specifiche disposizioni che regolano l'istituto fallimentare, si appoggia, sostanzialmente, su queste argomentazioni:

Per l'art. 1218 Cod. Civ. chi contrae una obbligazione deve adempierla, ed in difetto (art. 1227) è tenuto al risarcimento dei danni, anche per il mancato guadagno; ed i danni sono dovuti (art. 1165) anche quando la parte adempiente si valga della inadempienza dell'altro contraente per chiedere la risoluzione del contratto. Alla dichiarazione del fallimento preesiste una valida obbligazione contrattuale assunta dal fallito. E nella legge nulla vi è che autorizzi a considerare il fallimento come causa di risoluzione dei contratti o di estinzione delle obbligazioni; esso non è certo annoverato fra dette cause, tassativamente indicate dalla legge. Dove il legislatore ha ritenuto di consentire che le contrattazioni col fallito potessero non avere effetto, o venir meno, lo ha detto espressamente (art. 703 e 805 Cod. Comm.); ma tali disposizioni di *ius singulare* sono inestensibili; ed in ogni modo anche in quei casi è fatto salvo il diritto al risarcimento dei danni. Nè può distinguersi, per il diritto a risarcimento derivante dalla inadempienza, fra obbligazioni scadute e da scadere, sia perchè la inadempienza è sufficientemente accertata attraverso la impossibilità al pagamento constatata giudizialmente con la dichiarazione di fallimento; sia perchè il fallimento importa decadenza *ope legis* dal beneficio del termine (art. 701) e la scadenza di ogni debito del fallito. E cioè tanto più deve dirsi per ciò che riguarda la particolare materia del contratto di fornitura di energia elettrica, nel quale può ravvisarsi un contratto di *somministrazione* (art. 3 n. 6 Cod. Comm.) in cui le singole prestazioni successive aventi tratto alla sua esecuzione non debbono considerarsi come a sè stanti ed occasionali, bensì come elementi integrativi di una unica obbligazione.

Conseguentemente il fallimento dell'utente, se esonera la massa, ed in rappresentanza di essa il curatore, dall'adempimento specifico della obbligazione (ritiro e pagamento della energia) non la esonera dal risarcimento dei danni. Che il diritto a tale risarcimento sia acquisito sino dall'inizio della contrattazione è anche confermato dalla natura particolare della industria. La validità del patto di minimo canone dovuto indipendentemente dal consumo fu sempre riconosciuta anche in relazione alla suddetta particolarità; la fornitura della energia richiede infatti una spesa iniziale di impianti ed un attrezzamento di produzione (per potere tenere a disposizione dell'utente la potenza occorrente) per cui è dovuto un compenso, indipendentemente dal fatto che l'utente usufruisca o meno della energia posta a sua disposizione; e tale compenso giustamente è dovuto, anche se, invece di essere pagato in una sol volta, viene ripartito per tutto il tempo contrattualmente previsto per la fornitura; ciò tanto più in quanto la energia elettrica, a differenza di ogni altra merce, non è immagazzinabile, nè ritenibile, nè diversamente utilizzabile, ed una volta immessa nei fili a disposizione dell'utente, è perduta per il fornitore anche se quegli non ne usi.

Questi, succintamente, i principii accolti e variamente sviluppati dalle sentenze che hanno aderito alla tesi esposta più sopra.

Ricordiamo, fra le molte, quelle che furono pubblicate su questa rivista:

Giudice Delegato del Tribunale di Bologna, 1927, in causa Fall. Bandolfi c. Soc. Emiliana Esercizii Elettrici (1927, pag. 1354) - Tribunale Biella, 16-31 luglio 1928, in causa Fall. Vaglio c. Soc. El. Alta Italia (1928, pag. 1123) - Tribunale Alessandria, Giudice Delegato, 5-1-1928, in causa Fall. Cavallero c. Imprese Elettriche Piemonte Orientale (1929, pag. 1057 con nota) - Appello Torino, 26 giugno-12 luglio 1929, in causa Fall. Schierano c. Soc. An. Piemonte Centrale (1930, pag. 48) - Tribunale Vicenza, 25 luglio-3 ottobre 1930, in causa Fall. Cooperativa Lavoranti in Legno c. Industria El. Scledense (1930, pag. 1065, con nota) - Appello Torino, 20-3-1931, in causa Soc. Piemonte Centrale c. Fall. Cecchetti (1931, pag. 803).

Si vedano inoltre, per i richiami all'altra giurisprudenza in tal senso, le varie note alle dette sentenze, nonchè gli studi ed articoli ricordati in premessa.

***

Una seconda corrente giurisprudenziale è quella, a varie riprese affermata dalla Corte d'Appello di Milano, che nega ogni diritto alla ammissione del credito in questione, ritenendo che il fallimento sia causa di risoluzione di tutti i contratti a tratto continuativo, e che tale particolare causa di risoluzione, non implicando colpa della parte inadempiente, non dia luogo a risarcimento di danni.

Questa tesi si fonda, sostanzialmente, sui seguenti argomenti:

Manca, è vero, nella legge fallimentare, una deroga espressa agli articoli 1165 e 1218 Cod. Civ. Però tale deroga si dovrebbe implicitamente desumere da parecchie disposizioni, ad esempio da quella dell'art. 700 Cod. Comm., per il quale resta sospeso dal fallimento il corso degli interessi sui crediti; ora i danni per la interrotta esecuzione del contratto continuativo costituirebbero un credito sorto successivamente alla dichiarazione di fallimento, al pari degli interessi non ancora scaduti. Inoltre l'obbligo di risarcimento danni deriva sempre dalla colpa. Ma, in caso di fallimento, non è ravvisabile la colpa: non nel fallito, che è impossibilitato a continuare la prestazione, in quanto privato della amministrazione dei suoi beni (nè la colpa si può far consistere nel semplice fatto del fallimento, potendosi benissimo dare il caso di fallimento incolpevole); non nella massa che ha la facoltà, non l'obbligo, di continuare nel contratto. Lo stesso art. 703, stabilendo l'obbligo di un indennizzo per lo scioglimento delle locazioni, implicitamente statuisce che nessun indennizzo sia dovuto per la risoluzione degli altri contratti. Si invoca infine il principio generale concorsuale della procedura fallimentare, che arresta e polarizza lo stato patrimoniale del fallito nelle condizioni del momento del fallimento; e si richiamano le disposizioni del progetto del nuovo Codice di Commercio (art. 774 ed art. 777) che negano la insinuabilità del credito per danni che non siano già dovuti anteriormente al fallimento, o per la parte ancora ineseguita di una vendita a consegne ripartite.

A queste argomentazioni le risposte che si possono dare sono molte e le accenneremo brevemente.

Obbietteremo cioè:

*a*) Che la deroga al principio generale di diritto stabilito dagli art. 1165 e 1218 Cod. Civ., non può desumersi estensivamente nè analogicamente da disposizioni di diritto singolare (art. 4 delle preleggi) e tanto meno può estendersi il significato ben chiaro dell'art. 700 Cod. Comm., oltre quello fatto palese dalla sua formulazione (art. 3 delle preleggi). Nè vale la ragione addotta per equiparare i danni agli interessi, dato che il credito degli interessi, maturando col tempo, sorge dal momento del fallimento in poi, mentre il credito per danni, sorgendo dalla inadempienza, si concreta e si afferma in un momento unico, vale a dire all'atto della dichiarazione di fallimento.

*b*) Che è inesatta la affermazione per cui il diritto ai danni deriverebbe esclusivamente dalla colpa; ciò è vero in tema di responsabilità aquiliana, extracontrattuale (art. 1151 e segg. Cod. Civ.); ma, in tema contrattuale, la responsabilità è conseguenza immediata ed inderogabile della inadempienza, e può essere esclusa soltanto dalla dimostrazione e dalla prova (il

cui onere è a carico dell'inadempiente) del caso fortuito o della forza maggiore (art. 1226 Cod. Civ.).

*c*) Che la interpretazione data all'art. 703, si risolve, a nostro avviso in un sofisma. Il principio generale del diritto è che i contratti si debbano eseguire. L'art. 703, in un caso particolare, autorizza a liberarsi da un contratto, subordinando però tale eccezionale autorizzazione alla corresponsione di un indennizzo. Come si può dedurre da ciò che gli altri contratti si possano risolvere senza indennizzo? La disposizione di diritto singolare, che deroga alla norma, non sta già nell'obbligo dell'indennizzo, bensì nella facoltà, al tutto eccezionale, di risolvere il contratto.

*d*) Che infine i nuovi principii introdotti nel progetto del nuovo Codice di Commercio (rimasto sinora nel limbo dei non nati) non autorizzano a modificazioni della legge vigente, la sola che sia ad oggi applicabile. Ed anzi non pare illeggittimo ritenere che, se tali disposizioni esplicite furono introdotte nel nuovo progetto, si fu appunto nella intenzione di innovare e derogare alla diversa legge vigente.

Comunque la tesi di cui sopra è stata affermata dalle seguenti sentenze, pubblicate in questa Rivista:

Appello Milano, 22 giugno 1929, in causa Soc. Banfi c. Fall. Majer (1930, pag. 344) - Appello Milano, 30 luglio 1929, in causa Soc. Orobia c. Fall. Passoni (1930, pag. 344).

Si veda del pari (oltre agli articoli ed alle note sopra richiamati) la sentenza 17 dicembre 1928 della Cassazione (in: *Settimana della Cassazione*, 1929, pag. 106, n. 4528).

***

Una terza corrente giurisprudenziale ha infine ripiegato su di una terza tesi: il credito per danni sarebbe cioè insinuabile al passivo fallimentare solo quando esso sia sorto anteriormente alla dichiarazione del fallimento e non per effetto di questa; quando cioè la inadempienza ed insolvenza dell'utente (che è il titolo al risarcimento) sia stata precedente alla detta dichiarazione.

È la tesi affermata dalla sentenza 8 novembre - 17 dicembre 1928 della Cassazione, in causa Fall. Altieri c. Comune di Mottola (in questa Rivista, 1929, pag. 413) ed accolta dalla Corte d'Appello di Milano, in sentenza 10-14 marzo 1930 in causa Soc. Banfi c. Fall. Angelini (ivi, 1930, pag. 540, con nota).

All'accoglimento di questa tesi inducevano *a contrariis*, le stesse ragioni sopra esaminate in ordine alla inammissibilità del credito derivante dalla dichiarazione fallimentare; se infatti la inadempienza non è conseguenza del fallimento nè dello stato di generica insolvenza in cui venne a trovarsi il debitore dopo la sua dichiarazione di fallimento, ma la inadempienza si è verificata quando ancora il fallito aveva la disponibilità dei suoi beni, è chiaro che da quel momento sorge il diritto al risarcimento dei danni, ed il relativo credito grava già sul patrimonio del fallito, e come tale deve essere assunto e riconosciuto dalla massa.

***

Ma, dopo questo passo avanti, parve che la Corte milanese retrocedesse alquanto sulle prime posizioni.

Infatti, con sentenza 20-28 novembre 1930, in causa Banfi c. Arata (in questa Rivista, 1931, pag. 243, con nota), la Corte di Milano non si limitava più ad esigere, come condizione di ammissibilità del credito per danni, la priorità di tempo della inadempienza al contratto rispetto alla dichiarazione del fallimento. Ma pretese anche che il creditore avesse già proposto la azione giudiziaria per ottenere il risarcimento dei danni.

Non basta, argomentò sostanzialmente la Corte, che il creditore, per il fatto della inadempienza del debitore, abbia il *diritto di chiedere* la risoluzione del contratto, ed il risarcimento dei danni; solo dall'effettivo esercizio di questo diritto (che è una sua facoltà) sorge il credito vero e proprio, la azione proseguibile anche nei confronti della massa fallimentare.

La critica a questa restrizione può farsi con gli argomenti della stessa Corte d'Appello di Milano, che con la sentenza 29 aprile - 13 maggio 1932, in causa Edison c. Fall. Sangalli (pubblicata in questo stesso fascicolo) ha fatto ritorno alla sua precedente giurisprudenza asserendo bastare che la inadempienza contrattuale siasi verificata prima della dichiarazione del fallimento. Ed a quella sentenza rimandiamo il lettore, non senza rilevare come in essa si accenni anche ad altra sentenza recente ed in ugual senso della stessa Corte (15-29 aprile 1932 in causa S.T.I.P.E.L. c. Edison).

***

Da quanto sopra esposto appare chiaramente come, nel divario fra le due tesi principali (ammissibilità o non ammissibilità del credito *per danni*) la seconda abbia finito per prevalere nella giurisprudenza, affermandosi sempre più il concetto della non proponibilità in sede concorsuale di un credito non preesistente al fallimento, ma traente vita dalla dichiarazione del fallimento stesso.

Ed allora una nuova corrente giurisprudenziale più recente ha tentato di battere altra via, e cioè, facendo salvo tale principio di massima, di dimostrare ugualmente la ammissibilità dello speciale credito controverso.

È poi vero, si sono domandati alcuni dei nostri Tribunali e delle nostre Corti, che il credito per i minimi di consumo ancora da usufruirsi fino a scadenza del contratto, tragga origine dalla dichiarazione di fallimento, e non preesista alla stessa?

Esaminata la questione anche sotto questo aspetto, la risposta doveva essere negativa; e la ammissibilità del credito, uscita per la finestra- rientrava per la porta.

Fu osservato cioè (e la tesi ci sembra in linea di diritto impeccabile) che quando il fornitore della energia domanda il pagamento dei canoni minimi fissati in contratto, egli non domanda già un risarcimento di danni derivanti dalla risoluzione fallimentare; domanda soltanto il pagamento di un suo credito, originariamente fissato fino dalla stipulazione del contratto, credito che fin da allora incide sul patrimonio del debitore, anche se le rate future non siano ancora scadute e vengano a scadere soltanto per effetto di quella decadenza dal beneficio del termine che è una delle conseguenze del fallimento (art. 701 Cod. Comm.).

La clausola che sancisce l'obbligo per l'utente di pagare per un periodo determinato un minimo canone anche se non usufruisca della fornitura, non rappresenta un risarcimento di danni, un sostitutivo della prestazione contrattuale, bensì un obbligo portato dal contratto, della cui *esecuzione* e non della cui risoluzione si tratta.

Inutile quindi indagare se la massa sia tenuta a risarcire un danno in dipendenza dell'intervenuto fallimento. La questione è ben altra: si tratta cioè di decidere se la massa sia tenuta ad assumere quelle obbligazioni, scadute o non, che già fanno parte del patrimonio del fallito, per essere state validamente assunte in epoca anteriore a quella della sua decozione. E così posta la questione, la risposta non può che essere affermativa.

Si vedano, in questi sensi, le sentenze seguenti, pubblicate in questa Rivista:

Giudice Delegato Tribunale Alessandria, 5 gennaio 1928, in causa Fall. Cavallero c. Imp. Elett. Piemonte Orientale (1929, pag. 1057 con nota) - Tribunale Ancona, 20 giugno-15 luglio 1930, in causa Fall. Ferrari Ramini c. Unes (1930, pag. 827 con nota) - Tribunale Genova, 14 febbraio-4 marzo 1931, in causa Soc. Elett. Ligure Piemontese c. Fall. Cava Serpentina (1931, pag. 340, con nota) - Appello Bologna, 20-27 marzo 1931, in causa Soc. Emiliana Esercizii Elettrici c. Fall. Cremeria Correggese (1931, pag. 431, con nota) - Tribunale Teramo, 18-24 novembre 1931, in causa Unes c. Fall. Ricci (1932, pag. 356).

***

Anche portata la questione su questo terreno, sul quale sembrava insuperabile, si è naturalmente trovato, come è di ogni umana cosa e specie di ogni giuridica controversia, l'argomento opposto.

Ammesso cioè che l'obbligo portato dal contratto preesista al fallimento, e debba esser preso in considerazione anche quando si ritenga il fallimento causa di risoluzione dei contratti continuativi, si è tentato di togliere ogni portata pratica alla tesi col diminuire l'effetto della clausola attraverso l'interpretazione del suo contenuto e della sua portata.

Si è detto cioè: è ben vero che l'utente si obbliga a corrispondere un compenso minimo anche ove manchi in tutto od in parte il consumo: ma tale clausola ha per presupposto di sua applicabilità la continuazione della fornitura. Se la somministrazione cessi (come cessa in caso di fallimento dell'utente) tutto il rapporto vien meno, e con esso anche la applicabilità della clausola anzidetta.

Tale interpretazione pare a noi arbitraria ed artificiosa.

Arbitraria perchè tale non può essere stata la comune intenzione delle parti contraenti, le quali la stipularono appunto per prevenire ed impedire il caso che, sospendendosi la fornitura per causa non imputabile al fornitore, questi (che aveva fatto gli impianti e le relative spese) fosse tranquillamente piantato in asso.

Artificiosa perchè, per negare il chiaro significato delle parole (quando si parla del minimo da pagarsi anche nel caso di mancata utilizzazione *in tutto* della fornitura, si prevede appunto la *sospensione* della stessa) si deve riferirsi niente meno che a quella famosa teorica dei *presupposti contrattuali*, che così poca fortuna ha sempre trovato davanti alle nostre magistrature.

Comunque, si veda, in tal contrario senso, in questa Rivista, la sentenza 17-29 luglio 1931 della Corte d'Appello di Torino, in causa Ovesticino c. Fall. Piccinini (1931, pag. 804, con nota) tanto più notevole in quanto con essa la Corte Torinese abbandona tutta la sua precedente giurisprudenza, che era nel senso della ammissibilità del credito di cui trattasi, e passa, con armi e bagagli, nel contrario campo, respingendo e la tesi principale e la subordinata.

***

In tanta incertezza, quali lumi sono venuti dalla Suprema Corte regolatrice?

Per quanto concerne la questione, diremo così, principale (se il fallimento risolva o meno i contratti continuativi in corso) la Cassazione, come si è visto, si è quasi sempre dimostrata contraria alla tesi delle società elettriche.

Ma, per quanto concerne l'altra questione (se cioè il credito sia ammissibile in quanto esistente prima della dichiarazione fallimentare e derivante dalla esecuzione e non dalla risoluzione del contratto) la Suprema Corte, anzichè dirimere le incertezze, le aumenta.

Vi sono infatti due sentenze, della stessa data di pronuncia (16 gennaio 1932), della stessa data di pubblicazione (4 marzo 1932), della stessa sezione (la prima) sia pure con diversi componenti, le quali hanno deciso due analoghe fattispecie in senso perfettamente opposto.

La prima è la sentenza in causa Soc. An. Elettrica di Treviso, pubblicata nel fascicolo di aprile di questa Rivista, a pag. 358; la seconda è la sentenza in causa Soc. Emiliana Esercizii Elettrici c. Fall. Cremeria Correggese, pubblicata in questo stesso fascicolo (e che conferma la sentenza della Corte bolognese pubblicata nel 1931, a pag. 431, con nota).

Nella prima sentenza la Suprema Corte, aderendo alla teorica della continuazione della somministrazione quale presupposto contrattuale per la validità della clausola, dichiara che l'obbligo dell'utente di pagare il prezzo, consumando o no l'energia, ha sempre prevalentemente carattere di corrispettivo dell'energia stessa e presuppone che essa venga messa a sua disposizione (condizione che fa difetto dopo il fallimento). Nega poi che la causa del patto sia costituita dalle spese di produzione dell'energia, poichè queste non sono che un elemento della determinazione del prezzo, ma non l'oggetto della contrattazione per cui il prezzo viene stabilito.

Nella seconda (sia pure dichiarando la tesi incensurabile come apprezzamento di fatto) aderisce sostanzialmente all'assunto della Corte bolognese che il credito del canone corrispondente al minimo impegno, se anche pagabile a rate mensili, sia esistente sin dall'inizio del contratto e quindi deducibile come scaduto, ai sensi dell'art. 701, alla data della dichiarazione di fallimento.

***

Come può regolarsi, in tanta incertezza, il fornitore di energia elettrica, per far salvo, di fronte ai frequentissimi casi di fallimento, il proprio diritto?

Si spera che la giurisprudenza possa finalmente orientarsi ed affermarsi nel senso desiderato.

Ma intanto è opportuno che i fornitori di energia adeguino le pattuizioni contrattuali, anche nella formulazione, non solo alle tesi da sostenersi in giudizio, ma agli scopi sostanziali per cui il patto fu dettato.

Occorrerà chiarire nei contratti che il prezzo fissato per il minimo consumo non costituisce un corrispettivo per l'energia da fornirsi, ma solo un compenso, a priori fissato anche se rateato pei pagamenti, per gli impianti fatti dalla società, per l'impegno che questa assume di tenere la energia a disposizione dell'utente per tutta la durata del contratto; occorrerà precisare che tale somma è acquisita al fornitore dell'energia indipendentemente dal fatto che la fornitura non sia usufruita o sia sospesa per qualsiasi causa a lui non imputabile. Ed il fatto che il canone sia computato nel prezzo dei consumi futuri, si potrebbe spiegare dichiarando che fino a concorrenza di quella cifra, vengono abbuonati all'utente i canoni di consumo, sempre che tale cifra superino o raggiungano, in guisa che l'utente possa ricuperare attraverso il consumo ciò che a fondo perduto si obbliga a pagare per il solo fatto di richiedere la fornitura.

***

Parrebbe che un patto del genere di quello sopra consigliato dovesse eliminare ogni possibilità di discussione in sede giudiziaria.

Ma è lecito essere scettici anche su tale punto.

Se ne veda un esempio recente.

In una causa fra la Società Edison ed il Fallimento Sangalli (di cui pubblichiamo la sentenza di Appello in questo stesso fascicolo) si discuteva di una specie tutt'affatto particolare.

Vi era cioè un contratto per energia — forza in cui si stabiliva l'obbligo della società di tenere costantemente a disposizione dell'utente una determinata potenza. A corrispettivo di questa potenza impegnata, indipendentemente dal prelievo e dal consumo, era fissato a carico dell'utente l'obbligo di pagamento di una somma fissa (sebbene rateata in mensilità per la durata del contratto) precisandosi che essa era dovuta in pagamento della obbligazione della società di predisporre gli impianti di produzione e distribuzione, e di apprestare comunque i mezzi per tenere a disposizione dell'utente la potenza contrattuale.

Clausola quindi, come ognun vede, ben diversa da quella del minimo consumo: questa infatti rappresenta una obbligazione per l'utente, mentre il patto di minima potenza impegnata rappresenta una obbligazione per il fornitore, alla quale è giusto faccia fronte un congruo corrispettivo, indipendentemente dal prezzo della fornitura.

Ciò malgrado, il Tribunale di Milano, con sentenza 5-7 dicembre 1931, respinse la domanda di ammissione al passivo del fallimento anche per detta quota, con le solite argomentazioni, confondendo i due diversi patti ed equivocando con la clausola del minimo consumo.

In appello, la sentenza è stata riformata in pieno, ma senza che la Corte affrontasse la questione principale; la Corte infatti dichiarò assorbente e sufficiente per la richiesta ammissione del credito la considerazione che la inadempienza del fallito era stata anteriore alla dichiarazione di fallimento, onde il relativo credito era divenuto sin da allora attuale ed esigibile.

Così stando le cose, non resta che augurarsi che la patria giurisprudenza trovi alfine la sua via; e sia quella che finalmente consenta ai fornitori dell'energia di cautelarsi almeno in parte, dati gli oneri concreti e la effettiva prestazione che anche il solo inizio della fornitura comporta, contro il gravissimo danno della improvvisa interruzione del rapporto, causata dalla dichiarazione del fallimento dell'utente.

Avv. Alessandro Patrucco

---

# PRASSI AMMINISTRATIVA

257 - *Concessioni idroelettriche - Varianti al decreto originario - Riversibilità a favore del cessionario del primo titolare.*

Quando debbasi ratificare e sanzionare con nuovo decreto suppletivo una variante a una derivazione da esercitare con modalità diverse da quella originariamente autorizzata il nuovo decreto può essere rilasciato anche a favore del cessionario del diritto di derivazione.

D. R. 11 gennaio 1932. Concessione Menchini. Derivazione dall'Arno in Comune di Subbiano (Arezzo). Parere del Cons. Sup. dei LL. PP., n. 1588 del 30 maggio 1932. (*Boll. Min. LL. PP*, 1932, p. 931).

258 – *Derivazioni idroelettriche - Modifica del serbatoio - Necessità di nuovo decreto.*

Anche quando non implichi modifiche di derivazione l'attuazione di una modificazione al serbatoio relativo, nella specie per variarlo da settimanale a stagionale, occorre un nuovo decreto, con relativa istruttoria ed esame delle opposizioni eventualmente presentate da terzi.

D. R. 13 novembre 1931. (Concessione Soc. An. Acciaierie e Ferriere Lombarde. Derivazione dal torrente Armisa Superiore (Sondrio). Parere Cons. Sup. LL. PP., n. 909 del 1928 e 910 del 1930. (*Boll. Min. LL. PP*, 1932, p. 647).

259 – *Concessione idroelettrica con serbatoio - Autorizzazione successiva di altri serbatoi coordinati al primo - Data di decorrenza della concessione.*

Ove con un primo decreto sia stata autorizzata la costruzione di un serbatoio ed ove, con decreto successivo, sia stata accordata allo stesso titolare della prima concessione altra o altre concessioni, per derivazioni anche da altri corsi d'acqua, la decorrenza di queste ultime concessioni può essere fatta risalire alla data del primo decreto di concessione.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 649.

259 – *Impianti idroelettrici - Canali di carico - Inesistenza.*

Tra le particolarità costruttive di un impianto idroelettrico può esservi quello che non esista canale di carico e che le acque derivate, nella specie accumulate in un serbatoio, siano immesse direttamente nella condotta forzata dell'impianto a mezzo di apposite valvole, per essere poi restituite successivamente nell'alveo del corso d'acqua.

Come al Num. preceente, ivi, pag. 653 e 657.

260 – *Concessioni idroelettriche - Autorizzazione di varianti - Data di decorrenza - Istruttoria.*

Le varianti che non alterano sostanzialmente le opere di presa e di restituzione di acque pubbliche, ma modificano le condizioni di esercizio di un serbatoio compreso nell'impianto idroeletrico di utilizzazione, sono concesse previa nuova istruttoria.

La decorrenza del diritto di utilizzazione contemplato dal decreto che autorizza le varianti, è normalmente fissata con decadenza dalla data del primo decreto di connessione.

D. R. 13 novembre 1931. Concessione Soc. An. Acciaierie e Ferriere Lombarde. Derivazione dal Venino Inferiore (Sondrio). Parere Cons. Sup. LL. PP., n. 436 del 1926, n. 1066 del 1921 e n. 3724 del 1929. (*Boll. Min. LL. PP.* 1932, p. 673).

261 – *Concessione idroelettrica anteriore al 1919 - Rinnovazione - Obbligo di pagamento del canone secondo le leggi vigenti.*

Quando, con decreto emanato dopo il 1919, si concede rinnovazione a un decreto di anteriore concessione di derivazione di acqua pubblica, nella specie del 1878, cioè anteriore anche alla legge del 1885 sulle derivazioni il decreto di rinnovazione e il relativo disciplinare, contengono la clausola di inscrizione del canone, da corrispondersi secondo le leggi del 1919 e 1924.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 674.

262 – *Concessioni idroelettriche - Canale di carico - Modalità costruttive imposte nel disciplinare.*

Nel disciplinare di un decreto di concessione di utilizzazione di acqua pubblica, può essere inserito l'obbligo (nella specie riferibile alla ricostruzione per ampliamento) di esecuzione del canale di carico con « tutte le precauzioni indicate eventualmente dall'Amministrazione per impedire la infiltrazione delle acque e franamenti delle sponde».

Come al Num. precedente, pag. 675.

263 – *Sovracanone ai Comuni per l'energia trasportata fuori del territorio - Clausola di riferimento.*

La clausola del disciplinare di una concessione idroelettrica che prescrive l'imposizione di un sovracanone per l'energia prodotta che venga trasportata oltre 15 km dal territorio riguarda e benefica tutti i Comuni che siano compresi, per il loro territorio, fra « il punto ove ha termine praticamente il rigurgito a monte della presa e il punto di restituzione ».

Come al Num. precedente, ivi, pag. 683.

264 – *Sovracanone ai Comuni e Provincie* (art. 40 legge 1919) - *Decorrenza.*

Il sovracanone ai Comuni e alle Provincie, applicato a norma dell'art. 40 della legge del 1919, per il quantitativo di energia elettrica trasportato fuori del territorio, può avere la stessa decorrenza del canone demaniale a favore dello Stato.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 683.

265 – *Concessione idroelettrica - Opposizione alla concessione su motivi generici - Inammissibilità.*

Quando, in sede istruttoria di una domanda di concessione di derivazione d'acqua, vengono presentate opposizioni generiche e tali sarebbero: 1°) quelle del disagio derivante dal carattere, dall'entità e vastità degli espropri resi necessari per effetto della costruzione del nuovo impianto idroelettrico; 2°) la generica racomandazione di tutela di ogni diritto che potesse riuscire leso; il decreto di concessione può dichiarare inammissibili tali opposizioni in quanto dirette alla tutela di diritti, cui provvedono adeguatamente le vigenti disposizioni.

D. R. 14 dicembre 1931. Concessione Soc. Idroelettrica Cisalpina. Derivazione dal Liro (Soncrio). Parere Cons. Sup. LL. PP. N. 867 del 1924, n. 1526 del 1925 e n. 800 del 1928. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1932, p. 873).

266 – *Rinuncia al canone di invaso - Conseguente esonero del canone demaniale.*

Quando durante l'Istruttoria di una concessione idroelettrica il titolare della domanda dichiara di aver rinunciato alla sovvenzlone governativa per l'acqua dell'invaso compreso nell'impianto e chiede conseguentemente l'esonero dal canone per la potenza prodotta con l'acqua dell'invaso, la domanda stessa può essere respinta col decreto di concessione, quando la richiesta agevolazione non risulti necessaria per assicurare un'equa rinumerazione del capitale investito nell'impianto.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 782.

A. G.

# NOTE E RIASSUNTI

## IL DOPPIO PORTALE CON PIEDRITTI INCASTRATI ALLE DUE ESTREMITÀ

Le strutture a portale, costituite da membrature in ferro a traliccio, si prestano assai bene per la costruzione delle grandi sottostazioni di trasformazione all'aperto.

L'opportunità però di avere le membrature verticali prive di rastrematura per facilitare l'attacco delle travi secondarie come pure di tenere per le stesse dimensioni perimetrali non eccessive per avere maggiore disponibilità di spazio utile, rendono talora poco conveniente l'adozione di strutture staticamente determinate e cioè con piedritti completamente incastrati alla base, i quali richiedono pure la costruzione di blocchi di fondazione di notevoli dimensioni.

Appare pertanto più conveniente l'adozione di strutture a portale staticamente indeterminate.

Queste ultime possono essere realizzate:

— o da piedritti incernierati alla base e incastrati alla loro sommità colle travi di chiusura dei portali;

— oppure da piedritti incastrati alla base e identicamente incastrati alla loro sommità colle travi di chiusura dei portali.

La seconda soluzione, oltre a prestarsi a un più agevole montaggio, permette di meglio sfruttare le sezioni resistenti dei profilati, data l'impossibilità di realizzare in pratica una variazione continua delle sezioni stesse.

Io mi sono proposto pertanto di risolvere il sistema iperstatico costituito da un doppio portale con piedritti incastrati alle due estremità, soggetto a un tiro orizzontale applicato alla sommità dei piedritti, secondo lo schema seguente:

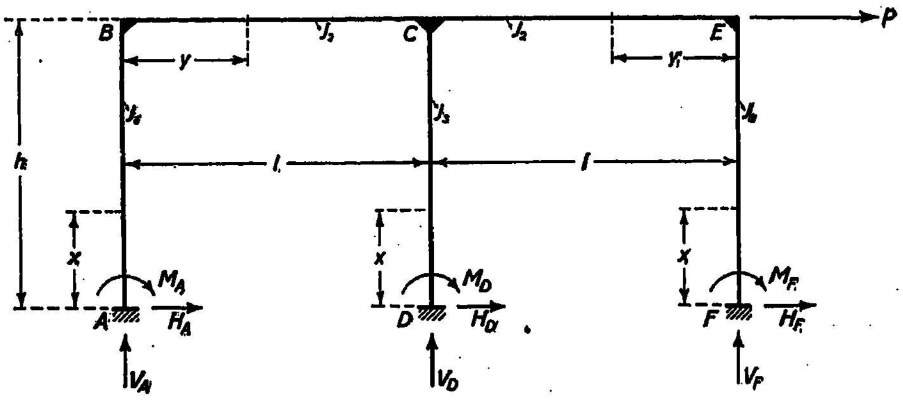



Fig. 1.

Ho scelto la condizione di carico di un tiro applicato orizzontalmente come quella che normalmente dà luogo alle maggiori sollecitazioni e alla quale si può ridurre anche l'azione del vento sull'intera struttura metallica.

Le reazioni dei vincoli, in numero di nove, sono costituite:

dalle tre reazioni verticali: $V_A$ ; $V_D$ , $V_F$

dalle tre reazioni orizzontali: $H_A$ ; $H_D$ , $H_F$

dai tre momenti d'incastro: $M_A$ , $M_D$ , $M_F$

Le equazioni generali di equilibrio della statica mi permettono di ricavare tre delle nove reazioni:

Infatti:

$$V_A + V_D + V_F = 0$$
$$H_A + H_D + H_F + P = 0$$
$$M_A + M_D + M_F + Ph + 2\,V_A\,l + V_D\,l = 0$$

Da cui:

$$V_A = -V_D - V_F$$
$$H_A = -P - H_D - H_F$$
$$M_A = -M_D - M_F - Ph - 2\,V_A\,l - V_D\,l$$

Rimangono come incognite:

$$V_D\,,\ V_F\,,\ H_D\,,\ H_F\,,\ M_D\,,\ M_F$$

Per la determinazione delle equazioni risolutive di queste sei incognite, sono ricorso al metodo delle derivate dei lavori virtuali; ho cioè determinato i lavori virtuali dovuti agli sforzi agenti nelle singole membrature, derivando rispetto a cadauna delle incognite e integrando successivamente.

Le sei equazioni risolutive sono risultate le seguenti:

$$1)\ -6\,x_1 M_D - 3\,M_D - 6\,x_1 M_F - 3\,M_F + 3\,x_1 H_D h + 3\,H_D h + 3\,x_1 H_F h + 3\,H_F h + 6\,x_1 V_D l + 2\,V_D l + 12\,x_1 V_F l + 5\,V_F l - 3\,x_1 Ph = 0;$$

$$2)\ -12\,x_1 M_D - 9\,M_D - 12\,x_1 M_F - 12\,M_F + 6\,x_1 H_D h + 9\,H_D h + 6\,x_1 H_F h + 12\,H_F h + 12\,x_1 V_D l + 5\,V_D l + 24\,x_1 V_F l + 16\,V_F l - 6\,x_1 Ph = 0;$$

$$3)\ -3\,x_1 M_D - 3\,x_2 M_D - 6\,M_D - 3\,x_1 M_F - 6\,M_F + 2\,x_1 H_D h + 2\,x_2 H_D h + 6\,H_D h + 2\,x_1 H_F h + 6\,H_F h + 3\,x_1 V_D l + 3\,V_D l + 6\,x_1 V_F l + 9\,V_F l - x_1 Ph = 0$$

$$4)\ -3\,x_1 M_D - 6\,M_D - 6\,x_1 M_F - 12\,M_F + 2\,x_1 H_D h + 6\,H_D h + 4\,x_1 H_F h + 12\,H_F h + 3\,x_1 V_D l + 3\,V_D l + 6\,x_1 V_F l + 12\,V_F l - x_1 Ph = 0;$$

$$5)\ 2\,x_1 M_D + 2\,x_2 M_D + 2\,M_D + 2\,x_1 M_F + 2\,M_F - x_1 H_D h - x_2 H_D h - 2\,H_D h - x_1 H_F h - 2\,H_F h - 2\,x_1 V_D l - V_D l - 4\,x_1 V_F l - 3\,V_F l - x_1 Ph = 0;$$

$$6)\ 2\,x_1 M_D + 2\,M_D + 4\,x_1 M_F + 4\,M_F - x_1 H_D h - 2\,H_D h - 2\,x_1 H_F h - 4\,H_F h - 2\,x_1 V_D l - V_D l - 4\,x_1 V_F l - 4\,V_F l + x_1 Ph = 0;$$

in cui: $x_1 = \dfrac{J_2}{J_1}\,\dfrac{h}{l}$ e $x_2 = \dfrac{J_2}{J_3}\,\dfrac{h}{l}$

La risoluzione del sistema delle sei suddette equazioni a sei incognite implicherebbe un lavoro laboriosissimo da certosino: ho dovuto pertanto ricorrere a una esemplificazione, ammettendo che:

$$x_1 = x_2 = 1$$

con che, il sistema delle sei equazioni risolutive diventa il seguente:

$$1)\ -9\,M_D - 9\,M_F + 6\,H_D h + 6\,H_F h + 8\,V_D l + 17\,V_F l - 3\,Ph = 0;$$

$$2)\ -21\,M_D - 24\,M_F + 15\,H_D h + 18\,H_F h + 17\,V_D l + 40\,V_F l - 6\,Ph = 0;$$

$$3)\ -12\,M_D - 9\,M_F + 10\,H_D h + 8\,H_F h + 6\,V_D l + 15\,V_F l - Ph = 0;$$

$$4)\ -9\,M_D - 18\,M_F + 8\,H_D h + 16\,H_F h + 6\,V_D l + 18\,V_F l - Ph = 0.$$

$$5)\ 6\,M_D + 4\,M_F - 4\,H_D h - 3\,H_F h - 3\,V_D l - 7\,V_F l + Ph = 0.$$

$$6)\ 4\,M_D + 8\,M_F - 3\,H_D h - 6\,H_F h - 3\,V_D l - 8\,V_F l + Ph = 0.$$

Riconosco che colla semplificazione sopra accennata, il problema che mi sono proposto non viene risolto nel senso più generale; può tuttavia avvenire che, per ragioni costruttive il rapporto fra $h$ e $l$ sia tale da rendere i valori di $x_1$ e $x_2$ sensibilmente uguali all'unità, e però confido che il presente studio possa servire ugualmente a qualcuno.

Anzichè ricorrere ai determinanti, ho preferito risolvere il sistema di queste sei equazioni col metodo corrente per sostituzione.

Ho ottenuto pertanto i seguenti risultati:

$$M_D = -M_F + \frac{8}{9}\,V_D l + \frac{17}{9}\,V_F l + \frac{2}{3}\,H_D h + \frac{2}{3}\,H_F h - \frac{1}{3}\,Ph$$

$$M_F = -\frac{5}{9}\,V_D l + \frac{1}{9}\,V_F l + \frac{1}{3}\,H_D h + \frac{4}{3}\,H_F h + \frac{1}{3}\,Ph$$

$$H_D = \frac{19}{9}\,V_D\,\frac{l}{h} + \frac{22}{9}\,V_F\,\frac{l}{h} - \frac{4}{3}\,H_F - \frac{4}{3}\,P$$

$$H_F = \frac{4}{3}\,V_D\,\frac{l}{h} - \frac{11}{3}\,V_F\,\frac{l}{h} + \frac{1}{2}\,P$$

$$V_D = -\frac{16}{3}\,V_D + \frac{7}{6}\,P\,\frac{h}{l}$$

$$V_F = \frac{7}{32}\,P\,\frac{h}{l}.$$

Sostituendo il valore di $V_F$, che risulta in funzione unicamente del termine noto, nell'equazione di $V_D$: indi i valori così trovati di $V_F$ e di $V_D$ nell'equazione di $H_D$ e così di seguito, ho ricavato, per le sei incognite, i seguenti valori:

$$V_A = -\frac{7}{32} P \frac{h}{l} \; ; \quad V_D = \text{zero} \quad ; \; V_F = \frac{7}{32} P \frac{h}{l}$$

$$H_A = -\frac{29}{96} P \quad ; \; H_D = -\frac{19}{48} P \; ; \; H_F = -\frac{29}{96} P$$

$$M_A = -\frac{17}{96} Ph \quad ; \; M_D = -\frac{5}{24} Ph \; ; \; M_F = -\frac{17}{96} Ph$$

Riassumendo, il diagramma dei momenti risulta come segue:

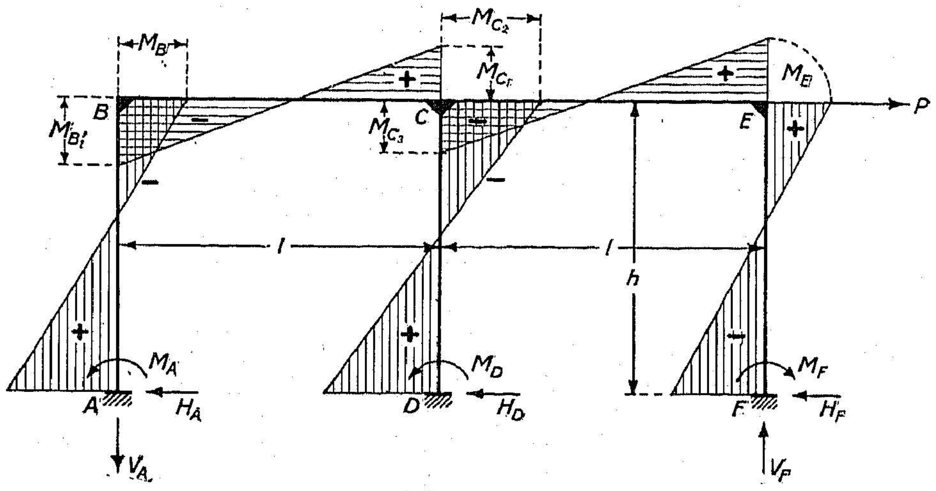



Fig. 2.

$$M_A = \frac{17}{96} Ph \quad ; \; M_D = \frac{5}{24} Ph \quad ; \; M_F = -\frac{17}{96} Ph$$

$$\left.\begin{matrix} M_B \\ M_E \end{matrix}\right> = \mp \frac{1}{8} Ph \quad ; \quad \left.\begin{matrix} M_{C1} \\ M_{C3} \end{matrix}\right> = \pm \frac{3}{32} Ph$$

$$M_{C2} = 2\, M_{C1} = \frac{3}{16} Ph$$

$$V_A = V_F = \frac{7}{32} P \frac{h}{l} \quad ; \quad V_D = \text{zero}$$

$$H_A = H_F = \frac{29}{96} P \quad ; \quad H_D = \frac{19}{48} P$$

Le sezioni di momento nullo nelle singole membrature si verificano per i seguenti valori delle progressive di $x$ e di $y$:

Tratto $A$-$B$ : $x = \frac{17}{29} h$ a partire da $A$

» $B$-$C$ : $y = \frac{4}{7} l$ » » » $B$

» $D$-$C$ : $x = \frac{10}{19} h$ » » » $D$

» $C$-$E$ : $y = \frac{4}{7} l$ » » » $E$

» $E$-$F$ : $x = \frac{17}{29} h$ » » » $F$

A. Corniani.

---

## L'ELETTRIFICAZIONE RURALE AGLI STATI UNITI

Un interessante articolo dell'« Electrical World », puntata del 28 maggio, fornisce ampie notizie sull'elettrificazione rurale agli S. U.

Al 31 dicembre 1931 su 6 288 648 fattorie esistenti nella Confederazione, 698 786, ossia l'11,1% erano allacciate. La cifra può sembrare piccola, ma è invece notevole se si considerano le difficoltà dovute alla grande vastità del paese ed alla coltura estensiva in uso in gran parte di esso. Alla fine del 1930 si avevano soltanto 649 919 fattorie allacciate: l'aumento nel 1931 è stato del 7,5 %, percentuale considerevole se si considerino le vicende finanziarie ed economiche dell'anno considerato.

Il maggior numero di fattorie allacciate trovasi naturalmente negli Stati a popolazione più densa; New York (51 439 fattorie) California (86 548), Ohio (45 730), Pennsylvania (41 467).

La seguente tabella fornisce i dati relativi alla suddivisione degli impianti e dei consumi per le varie applicazioni:

| Applicazioni | N. utenti nel 1930 negli Stati Uniti (Migliaia) | Energia consumata dagli utenti (Migliaia di kWh) |
|---|---|---|
| *Generali* | | |
| Elettropompe | 279 | 35 600 |
| Botteghe rurali | 35 | 1 570 |
| Motori per usi generali | 56 | 41 800 |
| » » sollevamento fieno | 7 | 349 |
| *Fattoria del latte* | | |
| Macchine per mungere | 77 | 53 760 |
| Frigoriferi per la latteria | 14 | 16 750 |
| Scalda-acqua per la latteria | 7 | 8 370 |
| Scrematrici centrifughe | 97 | 4 880 |
| Ventilatori per granaio | 7 | 4 185 |
| Tosatrici per mucche e cavalli | 35 | 876 |
| » » pecore | 7 | 104 |
| Macchine per il governo degli animali | 7 | 209 |
| *Impianto alimentazione* | | |
| Trincia-foraggi | 35 | 7960 |
| Scalda-acqua con serbatoio | 14 | 3 490 |
| Molino per grano | 35 | 3 490 |
| Elevatore per grano | 7 | 209 |
| *Fattoria del pollame* | | |
| Incubatrici | 28 | 111 600 |
| Pollaio per chioccie | 7 | 5 235 |
| Illuminazione pollaio | 35 | 8 730 |
| Scalda-acqua per il pollaio | 7 | 1 395 |
| Allarme per ladri | 7 | 35 |
| *Fattoria della frutta* | | |
| Pompe fisse tipo chiuso | 21 | 20 950 |
| Impianto irrigazione | 7 | 55 800 |

È interessante constatare che il consumo italiano di energia per sollevamento d'acqua (circa 54 milioni di kWh nel 1931) non fa cattiva figura in confronto delle cifre americane (35,6 milioni per uso generale, comprese quindi le acque potabili e gli impieghi di fattoria e di cascina, e circa 76 milioni di kWh per irrigazione di orti e frutteti). Se si considera che gli impianti censiti in Italia sono 18 635 contro 279 000 negli S. U., si rileva che con un rapporto 6,7 del numero degli impianti il consumo è soltanto doppio. Il che significa che trattasi in grande prevalenza di piccoli sollevamenti, cosicchè le cifre attribuibili alla sola irrigazione assai probabilmente non sono molto discoste. Se si tiene conto della grande differenza fra le superfici, le popolazioni e le risorse dei due paesi, l'Italia può certamente vantare una considerevole superiorità relativa.

L'articolo rileva come sia difficile stabilire dei costi d'impianto (linee, trasformatori, apparecchi di misura). Cita alcuni casi nei quali con tre utenti per miglio di linea si hanno costi variabili fra 534 e 400 dollari per utente: in altri casi si scende a 291 e perfino a 199 dollari. Troppo variabili sono le circostanze perchè si possa stabilire una norma generale.

Si hanno agli S. U. le stesse nostre perplessità, sia dalla parte delle imprese che dagli agricoltori, sulla convenienza di queste applicazioni.

Le conclusioni a cui giunge l'articolo sono per altro le seguenti:

L'elettrificazione rurale procede per sua natura lentamente.
Il mercato « potenziale » da essa offerto è assai importante.
È necessario studiare mezzi coi quali venga ridotto il costo degli impianti.

La riduzione dei costi dell'energia per l'agricoltura verrà automaticamente con la diffusione del suo impiego.

Le tariffe sono fuori questione.

C.

---

## LE APPLICAZIONI DOMESTICHE IN INGHILTERRA

La diminuzione dei consumi d'energia dovuti alle attuali condizioni economiche ha consigliato alle Imprese elettriche inglesi di cercare un compenso sulle applicazioni domestiche di riscaldamento, piccoli motori, ecc.

A quanto scrive A. S. Windett sul « World Power » il risultato ottenuto è stato buono. Negli ultimi anni l'incremento di tali applicazioni è stato dal 20 al 40 % annuo. Lo scrittore esamina in tutti i suoi dettagli le caratteristiche del problema e le sue difficoltà basandosi su dati statistici forniti da 144 Imprese, che rappresentano circa la metà del carico ed i 5/8 del consumo di tutto il Regno Unito.

La potenza complessiva degli apparecchi e delle lampade installata presso gli utenti era stimata a 6 207 migliaia di kW, delle quali 1.887 migliaia di kW dovuti ad applicazioni domestiche varie non di illuminazione, rappresentanti una percentuale del 30,5 %. Tale percentuale però è variabilissima da Impresa ad Impresa, come dice il prospetto seguente:

| *Percentuale* | *Numero di Imprese* |
|---|---|
| meno del 10 % | 24 |
| dal 10 % a meno del 20 % | 34 |
| » 20 % » 30 % | 21 |
| » 30 % » 40 % | 23 |
| » 40 % » 50 % | 20 |
| » 50 % » 60 % | 14 |
| » 60 % » 70 % | 3 |
| » 70 % in più | 5 |

Un particolare esame fu eseguito su dodici Imprese che offrivano percentuali superiori al 20 % ma inferiori al 50 %, e che si possono ritenere tipiche. Risultò che queste dodici Imprese vendettero 444,8 milioni di kWh dei quali soltanto 70,3 impiegati per luce, 169,5 per forza motrice, 61,9 per riscaldamento e cucine, 51,5 per usi misti di luce e riscaldamento, 58,4 per usi di luce, forza e riscaldamento. La distinzione non potè esser fatta altrimenti per i vari modi coi quali dalle varie Imprese sono misurati i consumi. Queste cifre però sono sufficienti a dare una idea dell'importanza dei consumi domestici diversi dall'illuminazione rispetto al totale.

Si noti che i prezzi per riscaldamento e cucina variano da L. 0,52 a L. 0,31 se si valuta la sterlina alla pari e da L. 0,41 a L. 0,24 calcolando la sterlina carta al valore odierno.

Le singole applicazioni, quali erano censite alla fine di marzo 1931 sono illustrate dalla seguente tabella:

| Apparecchio | N. Società | Potenza totale allacciata kW | Potenza media per apparecc. kW | N. apparecchi (calcolati) | N. utenti domestici | Potenza med. allacc. per utente kW | N. medio apparecchi per 10 utenti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cucine | 40 | 119 055 | 4,4 | 27 100 | 375 497 | 0,32 | 0,72 |
| Stufe | 27 | 107 750 | 1,4 | 77 000 | 145 000 | 0,74 | 5,32 |
| Altri apparecchi | 27 | 60 278 | 1,– | 60 000 | 197 000 | 0,31 | 3,05 |
| Tutti gli apparecchi | 56 | 576 317 | 1,4 | 411 000 | 519 497 | 1,11 | 7,90 |

Si noti che l'ultima linea, dedicata a tutti gli apparecchi, non rappresenta la somma delle cifre delle tre linee superiori, perchè il numero di Imprese censito non è uguale per tutte e quattro le classi.

Il consumo medio delle cucine in Inghilterra varia fra 1500 e 1600 kWh annui, contro 1400 consumati in Germania e 2000 consumati analogamente agli Stati Uniti. In Inghilterra il massimo assoluto per grandi cucine fu di 2700 kWh annui. Le medie sono date per i diversi apparecchi dalla tabella seguente:

| | Potenza media kW | Consumo medio annuo energia kWh | Utilizzazione media annua h |
|---|---|---|---|
| Cucine | 4,4 | 1 600 | 363 |
| Stufe | 1,4 | 1 400 | 1 000 |
| Scalda-acqua | 0,7 | 3 000 | 4 300 |
| Frigoriferi | 0,2 | 300 | 1 500 |
| Lavabiancheria | 3,5 | 450 | 129 |

Le altre applicazioni non nominate (aspirapolvere, ferri da stiro, apparecchi per abbrustolire, apparecchi radio) si calcola che consumino in media meno di 100 kWh annui per apparecchio.

I dati sui consumi medi di energia e sulle utilizzazioni sono dati per l'Inghilterra dalla tabella seguente:

| | Percento apparecchi in uso | Potenza media kW | Potenza allacciata kW | Utiliz. media annua h | Consumo totale kWh |
|---|---|---|---|---|---|
| Lavabiancheria | 1 | 3,5 | 3,5 | 130 | 455 |
| Cucine | 4 | 4,4 | 17,6 | 360 | 632 |
| Stufe | 12 | 1,4 | 16,8 | 1000 | 16 800 |
| Altre applicazioni | 20 | 0.9 | 18,– | 100 | 1 800 |
| Totali e medie | — | — | 55,9 | 350 | 19 687 |

L'utilizzazione media generale delle applicazioni domestiche, esclusa l'illuminazione, si valuta in 350 ore.

In complesso si calcola che per tutto il Regno Unito il consumo domestico per luce e quello pure domestico per altri scopi, quasi si equivalgono, con una media di 380 kWh annui per utente per la luce e di 370 kWh per le altre applicazioni. Poco meno del 10 % degli utenti hanno impianti domestici importanti (cucina, tre radiatori ed un altro apparecchio come media) e circa il 20 % hanno due apparecchi: il 70 % non ne ha affatto.

C.

## OSSERVAZIONI SUL FUNZIONAMENTO DI UNA CUCINA ELETTRICA PER ALBERGO

In un ristorante di Ancona è installata una cucina elettrica avente le seguenti caratteristiche:

| | | | |
|---|---|---|---|
| N.º 1 | piastra del diametro di 300 mm | consumo W | 3000 |
| » 1 | » » » » 220 » | » » | 1800 |
| » 1 | » » » » 220 » | » » | 1600 |
| » 1 | » » » » 220 » | » » | 1500 |
| » 1 | » » » » 180 » | » » | 1000 |
| » 2 | forni delle dimensioni di mm 320 × 240 × 450 del consumo di W 1800 cad. | » | 3600 |
| | Consumo totale della cucina | W | 12500 |

Sono inoltre installati:

N.º 1 scaldacqua da litri 100 con termostato regolato sulla temperatura di 90° e con elemento riscaldante della potenza di 750 W.

N.º 1 armadio frigorifero della capacità di dmc 350 assorbente una potenza di 250 W.

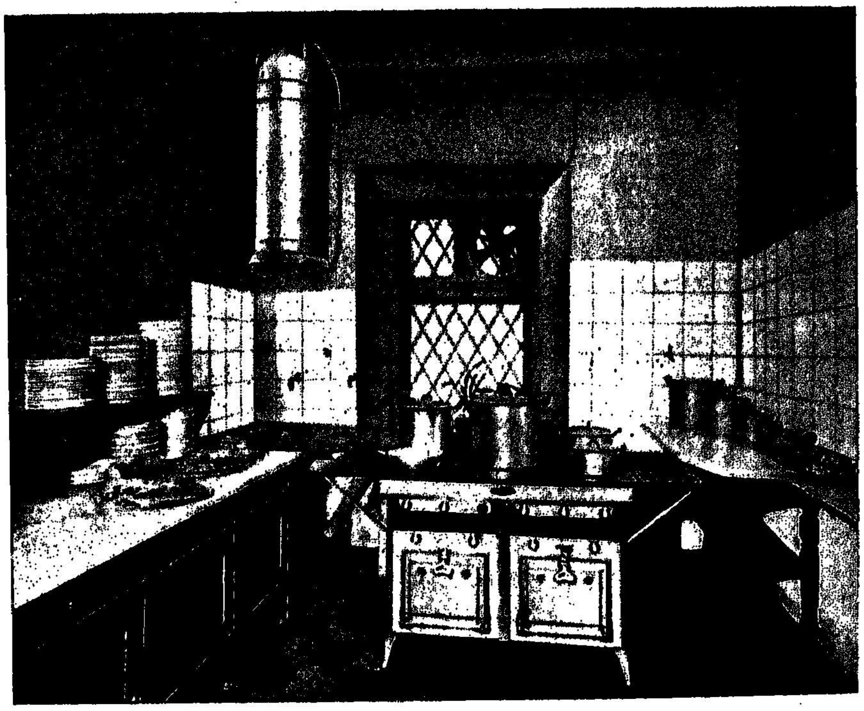


Fig. 1. - Un aspetto della linda cucina del ristorante.

La cucina è corredata di una serie completa di attrezzi di alluminio a forte rigidità di fondo (9 mm di spessore) per assicurare un buon contatto fra il fondo dell'utensile e la placca; condizione questa essenziale per assicurare una buona trasmissione del calore.

Il tipo di tariffa adottato è a contatore semplice, senza diversità fra l'energia ceduta con orario diurno e quella con ora-

rio notturno; il prezzo concordato con l'Utente è 30 cent. per ogni kWh. Il consumo di tutti gli apparecchi utilizzatori viene registrato da un unico contatore.

L'acqua calda fornita dallo scaldacqua viene adoperata indifferentemente per la lavatura delle stoviglie e per riempire le pentole per l'uso di cucina (cottura di verdure, minestre, etc.). Viene anche usato l'accorgimento di recuperare il calore residuo delle placche quando si sono ultimati i normali servizi di cucina. Tale calore viene utilizzato per il riscaldamento di acqua da usare, in sussidio di quella proveniente dallo scalda acqua, per la pulizia delle stoviglie.

È opportuno rilevare che nel ristorante fra le vivande richieste con maggiore frequenza è la frittura di pesce che tiene costantemente impegnate, durante i pasti, una o due delle piastre da 220 mm. Da notare che, contrariamente al luogo comune troppe volte ripetuto non essere, cioè, la cucina elettrica adatta ai fritti, i fritti ottenuti sono perfetti e hanno nulla da invidiare a cotture eseguite con altri sistemi.

Per compiere le osservazioni sotto riportate è stato installato un vattmetro registratore e sono state eseguite giornalmente letture dei contatori e controlli sul numero dei pasti serviti, Durata del periodo di osservazione giorni 10.

Il numero dei pasti giornalieri va da un minimo di 132 nel giorno di domenica ad un massimo di 175 nel giorno di mercato; mediamente si possono considerare serviti 150 pasti al giorno; infatti complessivamente nei 10 giorni sono stati serviti 1500 pasti.

Il diagramma di carico medio giornaliero è quello riportato qui sotto.

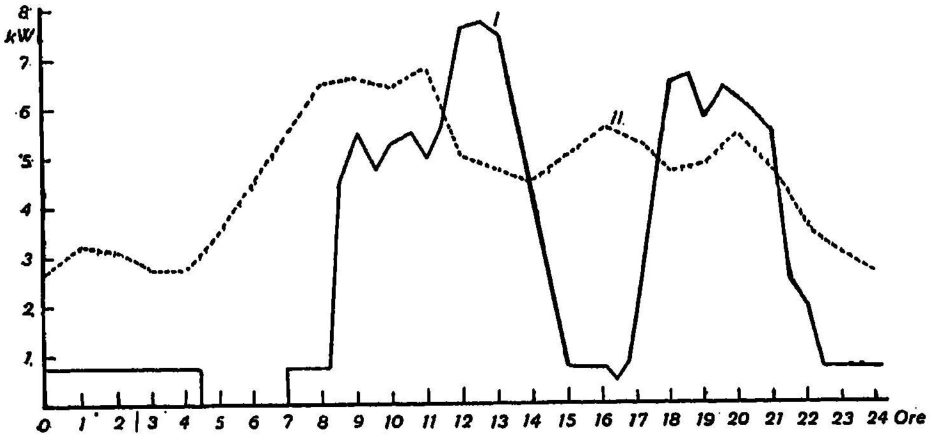



Fig. 2.

I - Diagramma medio giornaliero di carico delle installazioni del ristorante fra il giorno 11 ed il 20-9-1931.

II - Diagramma di carico della città di Ancona (moltiplicare l'ordinata per 500) nel giorno 11-9-1931.

I carichi massimi si sono verificati: per il pasto di mezzogiorno fra le 11,30 e le 13,30; per quello serale fra le 17,30 e le 21.

La punta massima si è riscontrata alle ore 12,30 con un carico di W 7700 pari al 57% della potenza installata; la punta serale, verificatasi alle ore 18,30, è minore e precisamente di W 6500 pari al 48% della potenza installata.

Sul diagramma è stata indicata con linea punteggiata la curva rappresentante il carico della città di Ancona nel giorno 11 settembre 1931 coincidente con il primo giorno di osservazione della cucina. Si rileva così che la punta diurna delle installazioni nel ristorante si è verificata nelle ore di diminuzione del carico generale, mentre la punta serale si è effettuata durante le ore di massimo carico della rete. Questo fenomeno di sovrapposizione dei carichi avviene soltanto durante alcuni mesi dell'anno perchè, mentre la punta determinata dalla cucina all'incirca si verifica sempre nelle stesse ore, la punta del carico della rete di distribuzione si sposta secondo le stagioni.

Fig. 3. - Particolari nell'interno della cucina.

Complessivamente nei 10 giorni di osservazione la installazione del ristorante ha assorbito 700 kWh per 1500 pasti serviti, corrispondenti a giornalieri 70 kWh per i 150 pasti medi di ogni giorno.

Le ore di utilizzazione sulla massima potenza richiesta risultano di $\frac{70 \times 365}{7{,}700} = 3325$ ore annue circa.

Il consumo specifico per ogni pasto risulta di kWh 0,466 con una spesa unitaria di cent. $30 \times 0{,}466 = $ cent. 13,9 per pasto, pari cioè all'incirca alla spesa di bollo della nota di ogni pranzo.

Il proprietario del ristorante dichiara di aver ottenuta una economia del $(25 \div 30)$ % sulla preesistente cucina a legna e carbone. Inoltre ha ottenuto il vantaggio di poter utilizzare (per la grande pulizia e la proprietà dell'installazione elettrica) il locale cucina per servire il pranzo a numerosi clienti nei giorni di grande affollamento.

I risultati conseguiti con i bassi consumi specifici riscontrati non hanno bisogno di commento. È fuori discussione che la grande, media e piccola cucina per albergo è una interessante utilizzazione dell'energia elettrica, interessante per il distributore e moltissimo, se non di più, per l'albergatore.

Lo sforzo che stanno compiendo le Società elettriche per la diffusione della cucina e dello scalda acqua nelle famiglie merita di essere integrato dalle applicazioni nel campo alberghiero. I primi modesti tentativi sono tali da incoraggiare esperimenti di maggiore importanza.

ING. B. BIANCHI.

# RASSEGNA TECNICA

## a) ORIGINE, NATURA E UTILIZZAZIONE DELLE FORZE EOLICHE

*Science et Industrie*, marzo 1932. - M. A. Metral.

Le forze eoliche rappresentano un notevole potenziale energetico, la cui intensità media nel tempo può ritenersi approssimativamente costante e quindi suscettibile di una utilizzazione razionale e, come l'articolo si propone di dimostrare, economica. Dopo aver caratterizzate le grandi correnti aeree, i venti alisei ed i monsoni, l'A. espone una teoria sulla struttura interna dei venti, mostra poi in quali condizioni l'energia eolica può essere utilizzata ed infine passa a trattare degli aereomotori, accennando alla possibilità di una teoria completa al riguardo, che potrebbe dar luogo a soluzioni molto convenienti.

È bene premettere che il volo a vela non potrà avere applicazioni estese, nel senso industriale della parola; esso infatti non può essere considerato che un eccellente strumento di ricerche aereologiche e aereodinamiche ed uno sport utile da effettuarsi con apparecchi studiati scientificamente, da persone provette.

Le forze eoliche si identificano con la spinta che si esercita sui corpi che vengono opposti alle correnti aeree formatesi in conseguenza di rapide condensazioni dei vapori contenuti nell'atmosfera, di differenze di pressioni e di temperature da punto a punto ecc. Così la differenza di temperatura fra i poli ed i tropici determina i venti alisei, la costanza dei quali è dovuta alla permanente diversa distribuzione del calore solare nelle regioni del nostro globo. Allo stesso modo la differenza delle temperature periodiche fra le stagioni estreme, determina i monsoni i quali, a differenza dei venti alisei che sono marittimi, sono specialmente venti terrestri e spirano particolarmente nelle Indie per la favorevole situazione di queste regioni, riferita alle altre terre ed al movimento del sole; le correnti così provocate hanno evidentemente per la durata di sei mesi una direzione in un senso e per altri sei mesi, quella opposta.

Oltre le correnti dovute all'azione diretta del sole, come sopra esposto, ed a cui si aggiungono i venti contro-alisei, si hanno quelle dovute all'azione degli oceani, le principali delle quali sono rappresentate dalla corrente « Kouro Sivo » del Pacifico del Nord, e dalla corrente del «gulf stream», dell'Atlantico del Nord.

Alle cause preponderanti che determinano le grandi correnti aeree si aggiungono però delle cause perturbatrici che hanno origine dalla formazione di depressioni nei grandi circuiti aerei

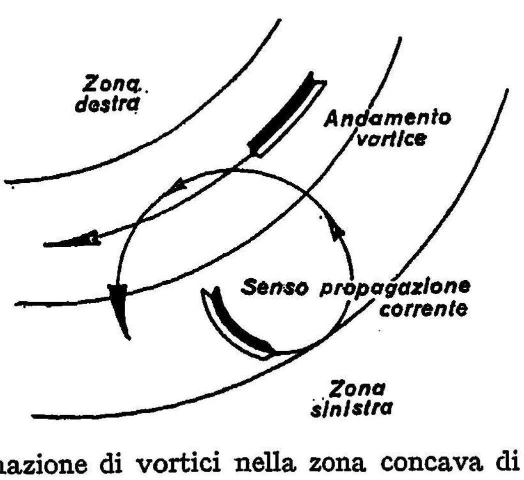



Fig. 1. - Formazione di vortici nella zona concava di una corrente aerea.

e che si chiamano cicloni o turbini. Queste depressioni hanno origine quasi sempre sul margine sinistro di un grande circuito aereo; è su questa zona concava infatti che la corrente presenta la massima velocità e sul bordo si formano i vortici che danno origine alla depressione stessa. Come si è notato, la maggiore velocità del vento ciclonico raggiunge i 250 km all'ora nella regione media, mentre al centro si osserva una calma quasi completa.

Le teorie matematiche sulla struttura dei venti, tuttora in fase di esperimento e di studio, costituiscono un capitolo molto importante sui fluidi, denso di brillanti promesse in quanto la meccanica si è già impadronita con successo, delle azioni degli spostamenti aerei. Così da classiche esperienze eseguite sul mare sui monti, nei deserti è emerso il concetto della *turbolenza cinematica* del vento, secondo il quale la velocità istantanea in un dato punto sarebbe, in intensità e direzione, una funzione periodica del tempo: il vento quindi non ha mai una velocità uniforme. Ciò si verifica non solo nella troposfera come era ritenuto una volta, ma anche nella stratosfera come ha dimostrato il professor Piccard dopo il suo viaggio colà avvenuto: il carattere turbolento dell'atmosfera è quindi generale.

Le forze eoliche sono utilizzate da secoli per il movimento dei mulini a vento e secondo i calcoli dell'Arrhénius, l'energia prodotta dal vento in un anno sulla superficie del globo, rappresenta un valore che si può eguagliare a 5000 volte l'energia prodotta dai combustibili bruciati, sempre in un anno. Si arriverebbe quindi alla conclusione che le forze eoliche, denominate talvolta poeticamente, « carbone azzurro », saranno le sole su cui potranno sicuramente contare le generazioni future.

I paesi che oggi maggiormente utilizzano l'energia del vento sono: l'America del Nord, la Russia, l'Argentina i paesi scandinavi e alcune colonie dell'Africa fra cui in particolare la Tunisia, con la precedenza delle zone litoranee, appunto perchè i venti marini presentano la maggiore uniformità di struttura.

Dal punto di vista statistico si può notare che nella Russia Europea esistevano nel 1921, 167720 mulini sviluppanti una potenza media di circa 713 308 HP, corrispondente appena al 9,53 % dell'energia del vento che attraversa annualmente quel paese.

L'A. riferendosi ai risultati di precedenti esperienze attraverso le quali si è giunti alla determinazione che un aereomotore può liberarsi con una velocità media del vento di m 2,50/sec, conferma la disponibilità di ingenti quantità di energia che potrebbero venire eventualmente utilizzate. Infatti in base ai dati rilevati all'osservatorio ufficiale del Parco di S. Maur, presso Parigi, si trova una media di 450 ore al mese, su 720, in cui tale velocità si riscontra; ciò potrebbe rappresentare quindi un'utilizzazione probabile del 62,5 %. Tutta quest'energia pertanto oltre ad azionare i mulini per la macinazione del grano, può essere utilizzata per il sollevamento dell'acqua, per l'irrigazione, per il prosciugamento delle paludi, per produzione di energia elettrica con dinamo compound ecc.

Vengono poi richiamate le esperienze del Lacour, Joukowoski ecc., sulla forma e profili più opportuni da assegnare alle pale o alle ali degli aeromotori, e da tutte emerge che il massimo rendimento si ottiene orientando la ruota con la faccia in direzione perpendicolare al vento. In tali condizioni la pressione in kg/m² è data dalla espressione:

$P = 0{,}11\ S^{1,1}\ d\ v^2$, dove $S$ è la superficie in m²; $v$ è la velocità del vento in m/sec; $d$ il peso di un mc d'aria in kg.

L'A. infine accenna all'interessamento che le forze eoliche suscitano anche nella navigazione non a vela, dove qualche felice esperimento è stato già tentato.

Ru.

## ESPERIMENTI DI CAVITAZIONE SU DI UN MODELLO DI ELICA

*Engineering*, 1° aprile 1932. - Dr. G. Kempl.

Le costruzioni navali hanno di mira sempre maggiori velocità e maggiori potenze per gli alberi portaeliche: da qui l'aumento dei pericoli della cavitazione e la necessità di effettuare preventivamente prove su modelli ridotti. Questa nota si occupa appunto di alcuni esperimenti eseguiti da una Casa costruttrice, la quale ha espressamente installato un tunnel metallico a circuito chiuso, con l'asse in un piano verticale. Come si osserva dalla fig. 1, nella parte inferiore, un'elica, comandata da un motore da 102 HP, fa circolare l'acqua, che nella parte superiore del tunnel attraversa un condotto di sezione ridotta, entro il quale è situato il modello da esperimentare. Opportune luci a vetro, ricavate sulle pareti del tunnel, consentono di osservare l'andamento della corrente con i relativi fenomeni di cavitazione. Gli esperimenti furono eseguiti alla velocità costante di 6 m/sec, la metà circa di quella che poteva essere realizzata nel tunnel, mentre la pressione era regolata da una pompa predisposta per il vuoto. Il modello in prova riproduceva precisamente un'elica di cinque metri di diametro, relativa ad un piroscafo veloce, ridotta nella scala di 1/20, cioè di 250 mm di dia-

metro. È da notare che precedenti esperimenti erano stati eseguiti, in condizioni isolate, su di un modello ad 1/30 della stessa elica, in una vasca aperta, alla pressione atmosferica, ad una velocità corrispondente a 30 nodi all'ora. E lo scopo degli ultimi esperimenti era quello di determinare le variazioni della velocità e della potenza dell'elica effettiva, in dipendenza dei fenomeni di cavitazione.

I calcoli effettuati nelle prove erano stati riferiti alla pressione che si verificava sul modello, occorreva quindi stabilire le variazioni correlative della potenza e della velocità dell'elica reale e qui è stato supposto che la spinta essendo stata calcolata per una data velocità, in condizioni normali, non verrà modificata dalla cavitazione. Come accennato, durante le prove la velocità della corrente fu tenuta costante in 6 metri, mentre la velocità del modello veniva variata. La pressione era regolata in modo che nei punti dello spigolo esterno delle pale si aveva un rapporto fra la pressione statica a quella idrodinamica uguale a quello che si verificava per l'elica navale, e ciò fu riscontrato gradualmente con velocità di 27, 28, 29 e 30 nodi.

La velocità effettiva di entrata non essendo costante nè conosciuta si opera sulla velocità di avanzamento che rimane in un rapporto costante con le altre grandezze. In queste condizioni il numero dei giri, la spinta ed il momento torcente dell'elica vengono calcolati coi metodi normali.

Le misure sul modello dell'elica, esperimentato nel tunnel, furono effettuate nelle stesse condizioni di pressione che si verificavano per lo stesso modello nella scàla 1/30, esperimentato nella vasca, e il confronto fra i due metodi mostra l'identità dei risultati ottenuti dalle prove. Rimane quindi da stabilire il rapporto per il passaggio dalla cavitazione che si riscontra sul modello a quella che si ha sull'elica reale.

Com'è noto la pressione $p$, su di un punto di una superficie immersa, varia proporzionalmente al quadrato della velocità, l'espressione quindi $\frac{p}{q}$, dove $q$ è la pressione idrodinamica data da $\frac{\gamma}{2}\,\frac{v^2}{g}$, non varia al variare della velocità. Poichè il fenomeno di cavitazione interviene alla tensione $e$ del vapore, l'espressione che a noi interessa è $\frac{p-e}{q}$; da qui si ricava il valore della pressione sullo spigolo esterno della pala del modello dell'elica.

Se $v_1$ è la velocità della corrente nel tunnel, $v_2 = v_8\,(1-w)$, la velocità assoluta della nave diminuita di quella dovuta all'effetto di scia, $e_1$ la tensione del vapore nel tunnel ed $e_2$ nel mare, noi abbiamo:

$$\frac{p_1-e_1}{q_1} = \frac{p_2-e_2}{q_2};\ p_1 = (p_2-e_2)\,\frac{v_1^2}{v_2^2} + e_1$$

$p_2 = b_0+\gamma h$; dove $b_0$ = 10 330 kg per mq; $\gamma$ = 1,025; $h$=3,4 m
$e_1 = e_2$ a 17°C = 200 kg per mq; $p$ = 13 820 kg per mq
$p_2 - e_2$ = 13 620 kg per mq

La tabella seguente fornisce gli elementi per quattro differenti valori di velocità della nave.

| $v_8$ nodi | $w$ | $v_2=v_8\,(1-w)$ m per secondo | $v_1$ m per sec | $e_1=e_2$ kg/mq | $p_1$ kg/mq |
|---|---|---|---|---|---|
| 27 | 0,15 | 11,80 | 6 | 200 | 3715 |
| 28 | 0,15 | 12,23 | 6 | 200 | 3482 |
| 29 | 0,15 | 12,66 | 6 | 200 | 3265 |
| 30 | 0,15 | 13,10 | 6 | 200 | 3060 |

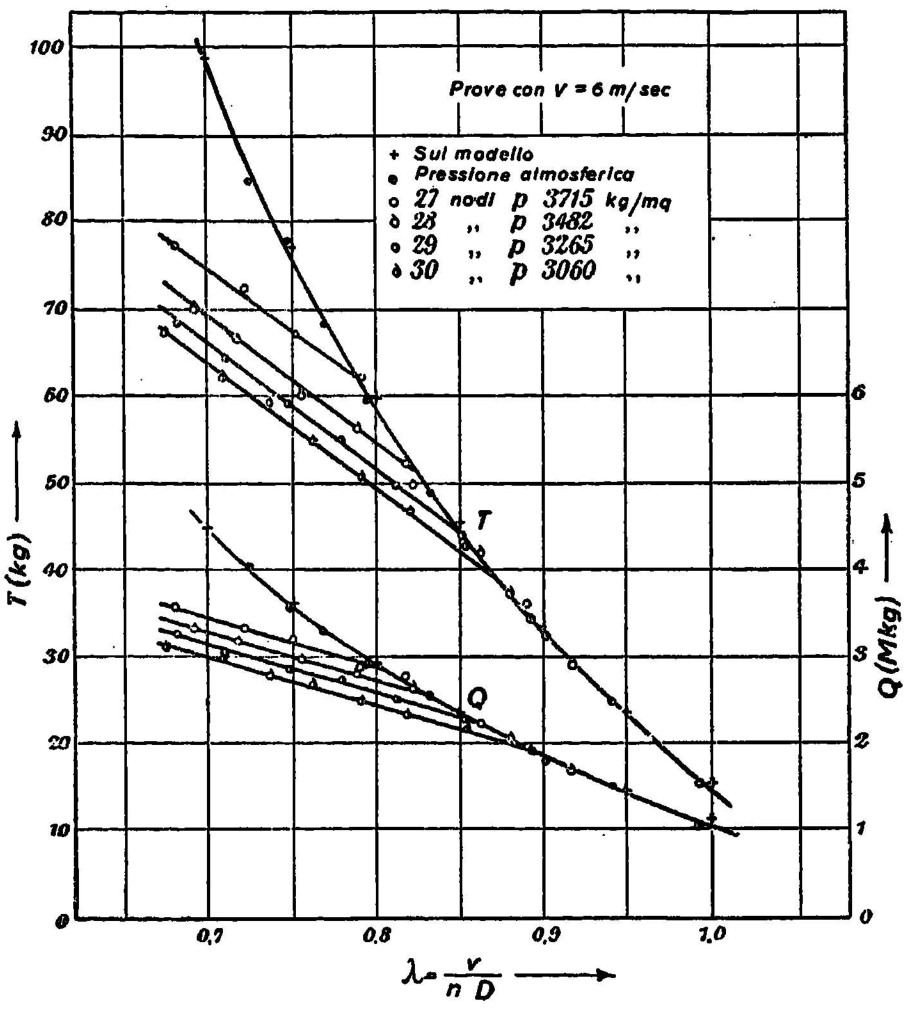



Fig. 2. - Curve di variazione della spinta $T$ e del momento torcente $Q$.

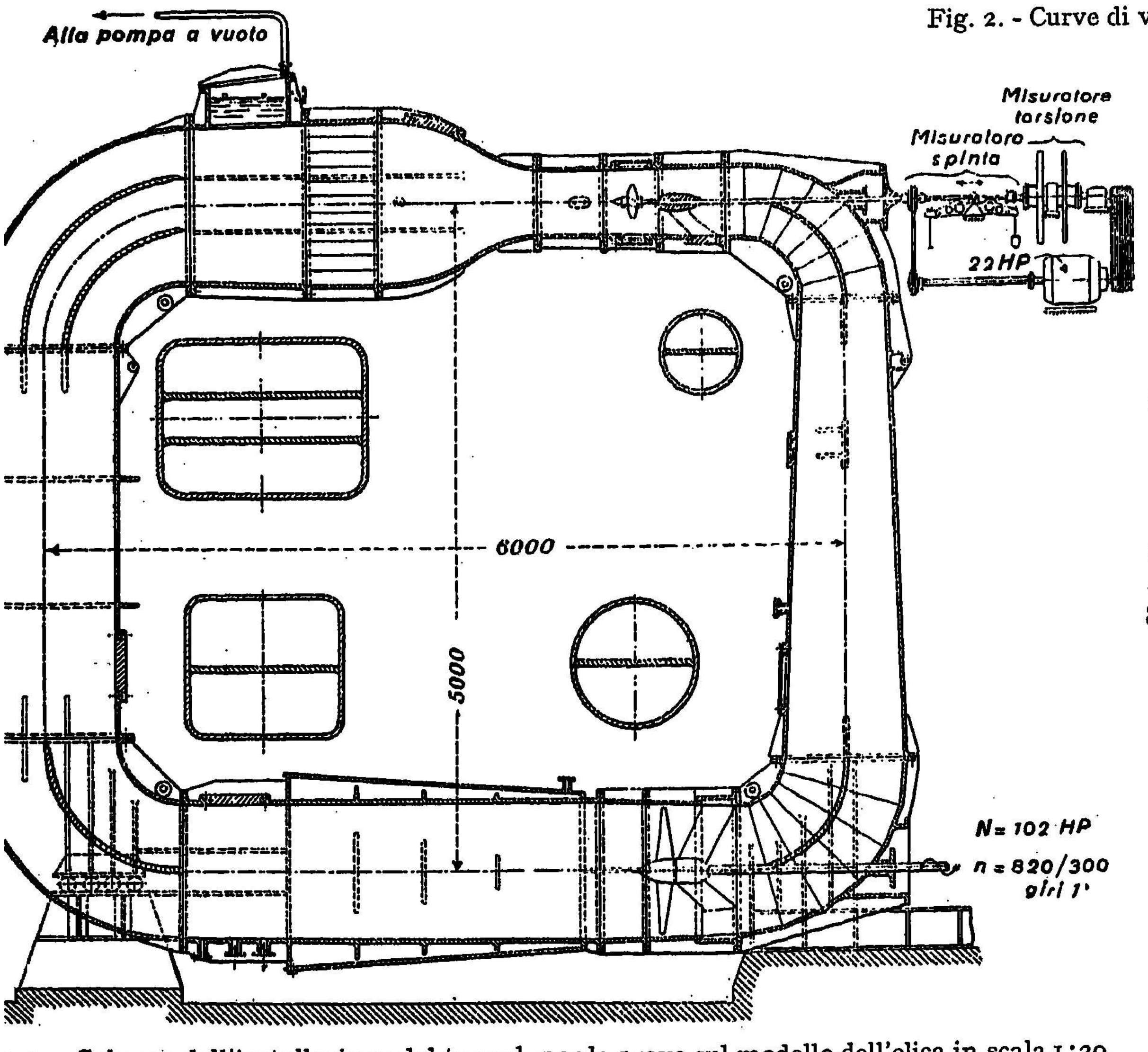



Fig. 1. - Schema dell'installazione del tunnel, per le prove sul modello dell'elica in scala 1:20.

Nelle curve in fig. 2 sono stati riportati i valori della spinta $T$ e del momento torcente $Q$, misurati in funzione delle diverse pressioni e dei valori dell'avanzamento: $\lambda = v/nD$, dove $v$ = cost = 6 m/sec. e $n$ è il numero dei giri, variabile. Le curve in fig. 3 mostrano invece l'andamento dei rendimenti

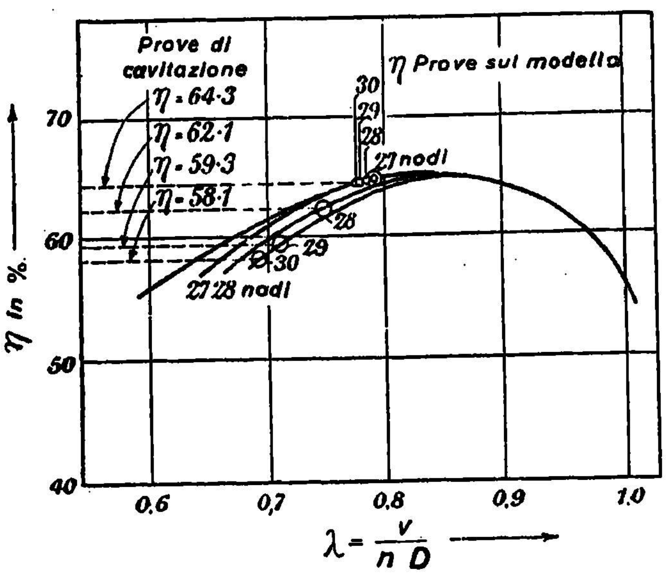



Fig. 3. - Curve di rendimento.

in funzione delle diverse velocità della nave, e dei corrispondenti valori caratteristici λ.

Gli esperimenti hanno mostrato che la cavitazione al suo inizio provoca un lento abbassamento del rendimento fino alla com-

pleta estensione al dorso delle pale, dopo di che sembra che l rendimento non si abbassi ulteriormente e resti costante anche con l'aumentare della velocità.

Le prove sui modelli inoltre consentono di localizzare la posizione della corrosione ed il suo estendersi, e sembra pure accertato che la spinta ed il momento torcente vengono influenzati solo dopo che la cavitazione e la corrosione stessa abbiano avuto inizio.

Ru.

## c) SULLA SIMILITUDINE DEGLI STRAMAZZI A CONTRAZIONE LATERALE

*Science et Industrie*, maggio 1932. – CAMICHEL, ESCANDE e SABATHE.

L'adozione di traverse di sbarramento con paratoie sovrapposte, conduce alla presenza di pile che talvolta creano notevoli contrazioni della corrente defluente. La nota si occupa appunto di stramazzi di questo tipo e mostra l'applicazione della legge di similitudine di Reech-Froude. La fig. 1 da le dimensioni di un grande modello, riproducente nella scala 1/10, uno sbarramento in progetto, mentre la fig. 2 mostra il deflusso e l'importanza delle contrazioni laterali, con un carico di m 0,75 sulla

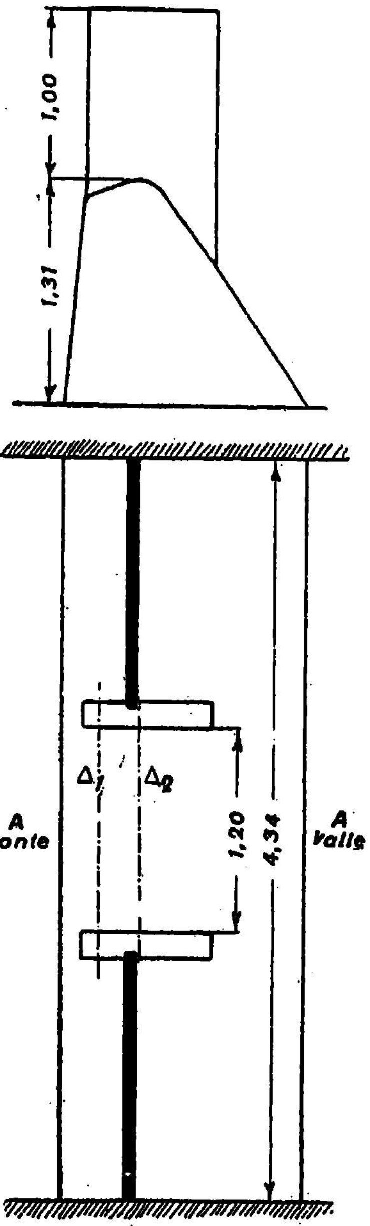



Fig. 1. - Modello di prova di una traversa, nella scala 1:10.

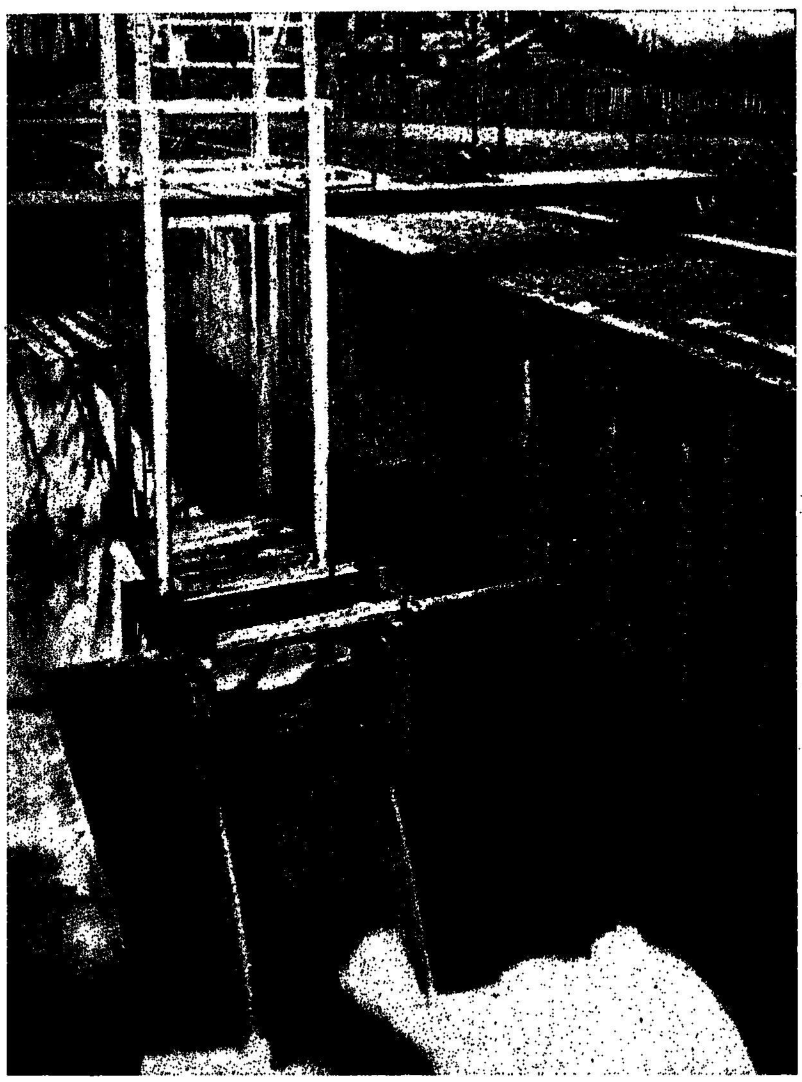


Fig. 2. - Andamento della lama defluente sulla traversa di prova.

soglia, che si verificano sperimentando sul modello stesso. Altre misurazioni sono state pure effettuate su altri modelli, del tutto simili al precedente, ma in scala di 1/29,3, 1/100, 1/150 e 1/300. Il controllo delle portate era ottenuto col metodo della vasca, oppure con uno stramazzo Bazin. I risultati mostrano che la legge di similitudine è molto approssimativamente verificata; i modelli più piccoli danno luogo a portate leggermente superiori e ciò è dovuto al fatto che nei modelli in grande scala si ha una contrazione più accentuata. La fig. 3 rende evidente la cosa: in essa sono rappresentati i profili della superficie libera nei piani verticali $\Delta_1$ e $\Delta_2$, rilevati per il modello in scala 1/10 e per quello in scala 1/150.

Questi esperimenti inoltre hanno mostrato che fino ad un certo carico (m 0,55) la lama fluente si distacca dalla parete a valle e diventa libera, perchè l'aria viene aspirata sotto la vena. Nei casi in cui non si ha contrazione laterale il distacco non si produce perchè la corrente impedisce all'aria di accedere nella zona in cui vi è la depressione, a meno che con un mezzo qualsiasi non si metta tale zona in comunicazione con l'atmosfera.

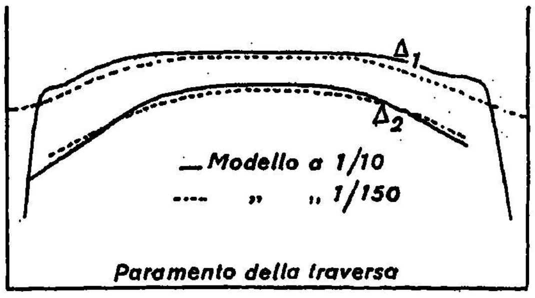



Fig. 3. - Profili delle superfici libere riferite ai modelli in scala 1:10 e 1:150.

Da quanto esposto emerge quindi che lo studio su modelli ridotti fornisce elementi praticamente esatti per la determinazione del coefficiente di efflusso di queste opere.

Ru.

## d) CONTRIBUTO AL PROBLEMA DEI GIUNTI DI RIPRESA

*Der Bauingenieur*, 4 settembre 1931. – H. BRANDT.

Le costruzioni in calcestruzzo sono, nella generalità dei casi, costituite da blocchi monolitici separati fra di loro da giunti di dilatazione. Ma non è sempre detto che i singoli blocchi siano stati gettati di seguito, poichè si possono avere delle sospensioni di lavoro o per l'impossibilità di poter provvedere al rifornimento delle materie prime, o per le condizioni metereologiche, o infine per la necessità di dover preparare o spostare le armature. Si vengono in tal modo a formare dei giunti di ripresa che possono avere una influenza molto nociva sulla compagine dell'opera in costruzione.

Questi giunti di ripresa sono sempre dei punti deboli del manufatto; possono infatti costituire delle zone di minor resistenza alle sollecitazioni e sono spesso rivelate da efflorescenze superficiali o da filtrazioni dovute alla permeabilità.

Appunto dalla forte permeabilità in questi giunti ne consegue una azione distruttrice per opera del gelo. In caso poi di forte riscaldamento del conglomerato durante un incendio e di oscillazioni durante terremoti i giunti di ripresa possono facilmente diventare dei punti di maggior pericolo.

Numerosi casi pratici hanno confernato quanto sopra ed anche in opere di difesa militare i giunti di ripresa si sono caratterizzati per le loro proprietà nocive.

Ma essi hanno sopratutto una influenza dannosa nelle costruzioni di cemento colato: infatti durante la sedimentazione dei materiali, sulla superficie della parte ultima gettata si forma un trasudamento di boiacca; la successiva ripresa porta a contatto di questa boiacca indurita un impasto in cui (sempre per ragione di sedimentazione) prevalgono i materiali a grana grossa. Sicchè si forma una vera e propria soluzione di continuità nella isotropia del conglomerato. Si rimedia a questo inconveniente o costruendo i giunti a denti triangolari oppure annegando

sbarre o tondini di ferro o anche solo dei massi ben lavati nelle superfici terminali.

Le riprese di getti in calcestruzzo vanno molto curate dal punto di vista della composizione dell'impasto impiegato: la ripresa deve essere piuttosto ricca di acqua e di sabbia fine. Inoltre la superficie della parte già gettata deve essere rigorosamente pulita dalle impurità, dalla neve, ecc. Questa operazione di pulitura può avvenire meccanicamente a mezzo di aria compressa o a mezzo di getti di vapore. In entrambi i casi può però formarsi un velo d'olio superficiale prodotto dalle minute particelle di lubrificante trasportate col getto fluido, velo che a sua volta costituisce un inconveniente alla buona formazione del giunto di ripresa.

Speciali avvertenze si devono anche avere per lavori subacquei dove si dovrebbe addirittura, nel limite del possibile, cercare di evitare questi giunti.

Per studiare gli accorgimenti più opportuni a migliorare le deficienze dei giunti di ripresa il « Department of Scientific and Industrial Research, Building Research » di Londra ha eseguito delle inchieste in merito ed ha fatto eseguire numerose esperienze in proposito. In base a queste ultime si sono consigliate parecchie misure precauzionali.

Anzitutto si è constatato che il miglior modo di riattivare la superficie del calcestruzzo già indurito è quello di di scalpellarla e di ripulirla successivamente con spazzole d'acciaio. Se tuttavia il cemento già in opera non aveva già fatta una presa sufficiente, operando in tal modo si forma un punto di minor resistenza non più nel giunto stesso, ma a circa 2 cm di distanza da esso.

Se il calcestruzzo in opera è già stato gettato da più di un mese le condizioni di aderenza con le gettate successive sono assai pregiudicate. Giova in tal caso mescolare al cemento di ripresa opportuni preparati chimici che si trovano in commercio.

Si è constatata la inutilità dell'impiego di soluzioni acide per ravvivare le superfici di ripresa. Più consigliabile invece è l'impiego di un violento getto di sabbia, specie dove esistono complicate armature di ferri.

Risultato non lusinghiero si ebbe sperimentalmente foggiando i giunti di ripresa a gradoni oppure annegando nelle superfici del calcestruzzo in opera dei tondini metallici perpendicolari al piano del giunto.

Per la buona riuscita della ripresa si è constatato essere conveniente, che le successive gettate siano plastiche e non troppo asciutte per permettere una sufficiente aderenza. Di contro non devono neanche essere troppo bagnate per non incorrere nel pericolo di forti ritiri successivi.

Una altra condizione che si è potuto stabilire per migliorare la resistenza del giunto consiste nel tenere magro di cemento la superficie del blocco prima gettato. Poi, durante la ripresa, si consiglia di iniziare con latte di cemento (2 parti di cemento ed una di sabbia) e successivamente con uno strato di 2 parti di sabbia ed uno di cemento. Quest'ultimo è bene che sia a lenta presa.

Si è poi constatato che il fatto di fare gettate successive con altre qualità di cemento non pregiudica affatto la resistenza.

Dato poi che nei giunti di ripresa il materiale non è praticamente in grado di sopportare delle sollecitazioni di trazione e di taglio, mentre può resistere assai bene alla pressione, è bene predisporre detti giunti laddove il taglio è minimo ed in modo da avere le superfici di ripresa perpendicolari alla risultante delle pressioni.

G. R. M.

---

## e) L'APPROVVIGIONAMENTO DEL CARBONE ALLA CENTRALE DI ARRIGHI

*La Revue Industrielle*, aprile 1932. – ING. J. VENNIN.

La centrale di Vitry-Sud, in onore del suo ideatore e progettista Jean Antoine Arrighi de Casanova, ha preso il nome di « Centrale Arrighi ». Questo impianto è già stato ampiamente descritto dalle varie riviste tecniche industriali, che ne mettono in evidenza le caratteristiche per le quali esso risulta un complesso di grande elasticità di esercizio, potendo pienamente rispondere ad un servizio alterno di rapide fermate, e funzionamento con forti variazioni di carico. Il vapore, generato alla pressione di 35 atm e 425°, alimenta 4 gruppi, che diventeranno 8 ad impianto ultimato, da 55 000 kW ciascuno ruotanti alla velocità di 1500 giri, per produzione di energia elettrica alla frequenza di 50 periodi e tensione di 13 500 Volt.

Per la grandiosità dell'impianto e per le prerogative che presenta, il servizio di approvvigionamento del carbone offre un interesse tutt'affatto speciale. La centrale essendo situata sulle rive della Senna, i trasporti del combustibile possono essere effettuati sia per via di acqua come per ferrovia: da ciò la costruzione di due grandi scali, di cui uno per lo scarico dei barconi, l'altro adibito per lo scarico dei vagoni. L'imponenza dei mezzi occorrenti è messa in evidenza dal fatto che la produzione dei 500 000 kW richiederà un consumo di 3000 tonn di carbone al giorno, e, pur tenuto conto della superficie del parco di deposito, che risulta di 18 000 mq, la riserva possibile di 80 000 tonn, che esso può accogliere, è appena sufficiente per un funzionamento normale dell'impianto, di 25 giorni.

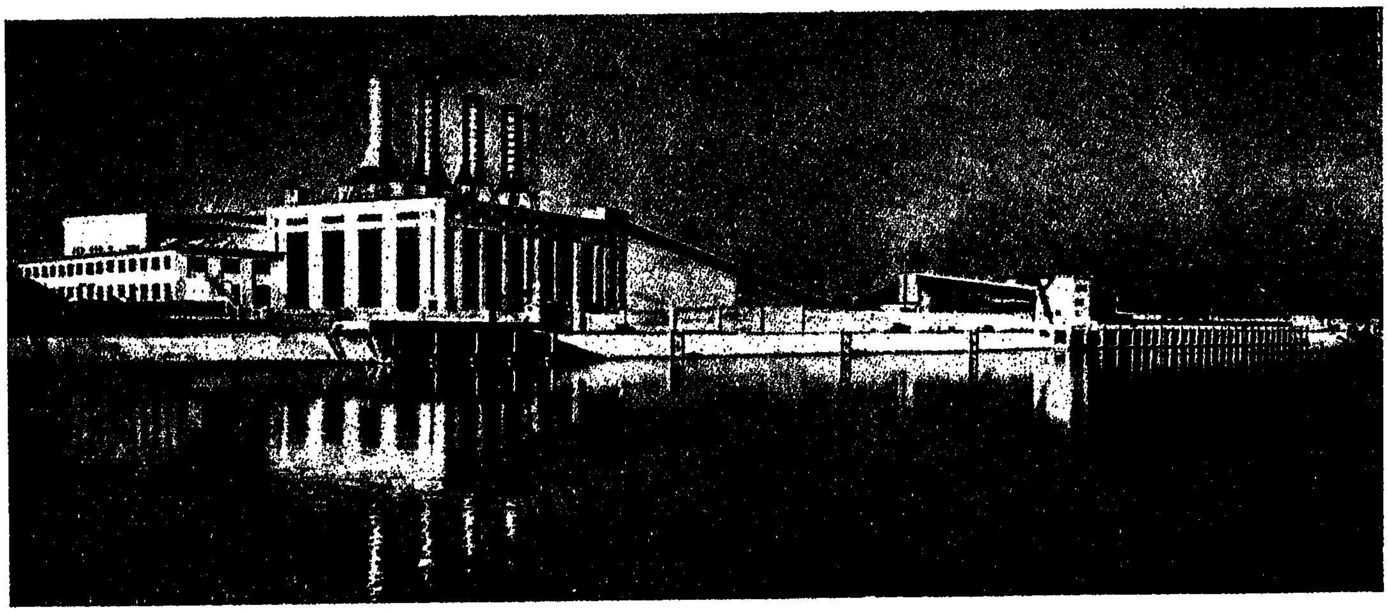


Fig. 1. - Vista d'insieme della centrale di Arrighi.

Lo schema in figura 2 riporta le indicazioni relative alle installazioni dei posti di scarico, ai lunghi nastri trasbordatori per il collegamento al posto centrale e da qui alle caldaie, ecc.

Lo scarico dei vagoni avviene sotto un hangar metallico, ed il carbone, nei tipi di vagone normalmente usati, cade direttamente su tramogge continue, sottostanti al binario; e da qui, mediante l'azionamento di un motore, passa sul nastro del trasbordatore N. 1, il quale, partendo dal sottosuolo, va al posto del relais N. 1, dove il carbone cade sul nastro del trasbordatore N. 2 che, come si vede dalla fig. 2, è collegato col posto centrale di smistamento. L'installazione consente lo scarico contemporaneo di due treni, dal carico utile complessivo di 3000 tonn, aventi il tipo di vagone a scarico laterale automatico, nel tempo di una giornata lavorativa. La pesatura avviene su un ponte bilancia della portata di 120 tonn, all'ingresso della zona di scarico, il quale, automaticamente, registra il valore corrispondente ad ogni vagone.

Lo scarico dei trasporti per via di acqua avviene su di un molo in cemento armato, lungo 160 metri, col piano al disopra del livello di massima piena. Esso consente le manovre con trasporti da 300 a 3000 tonn, quali possano essere i carichi provenienti dalle coste inglesi: questa grande variazione ha richiesto la costruzione di una grue speciale che si prestasse ad avere il massimo grado di libertà di manovra. A tale uopo si è ricorso ad una torre a traliccio con un'imboccatura servita da una benna da 2000 litri, che lascia cadere il carbone su tramogge disposte ai piedi della torre stessa da cui passa sul trasbordatore a nastro N. 3, il quale si svolge lungo il molo. All'estremità di esso si ha il posto relais N. 2, dove avviene lo scarico del combustibile sul trasbordatore 4, che, come il trasbordatore 2, è collegato al posto centrale. In queste condizioni con un abile operaio, che comanda le manovre dalla torre, si può arrivare ad una portata oraria di 200 tonn, largamente convogliata dai trasbordatori 3 e 4, dimensionati per una capacità di 300 tonn orarie.

Il posto centrale è il nodo delle installazioni, esso è costituito da una torre in cemento, alta m 28, di cui m 8 in sottosuolo: alla parte superiore fanno capo i trasbordatori 2 e 4, da cui il carbone passa sopra sottostanti tramogge e poi viene disposto

nel parco mediante un servizio di benne. Se il carbone deve andare alle caldaie passa sul trasbordatore 5, mediante spostamenti con benne e tramogge che lo versano all'estremità di tale trasbordatore, situata nel sottosuolo della torre. Il tragitto continua poi sul trasbordatore 6, disposto orizzontalmente e perpendicolarmente alle caldaie, da cui passa nei silos. Il posto centrale rappresenta quindi il centro di manovra dell'impianto per il servizio del carbone; in esso l'automaticità è stata spinta al massimo grado, con l'adozione di tutti i dispositivi ed accorgimenti a riguardo suggeriti dalla tecnica moderna. Può forse convenire di mettere in evidenza come i trasbordatori sono costituiti da una cinghia larga 915 mm, formata da bande di tela di cotone e caoutchouc, coperta da 5 mm di gomma sulla superficie di trasporto e da 1,6 mm di gomma sulla superficie opposta; l'insieme è poi convenientemente vulcanizzato.

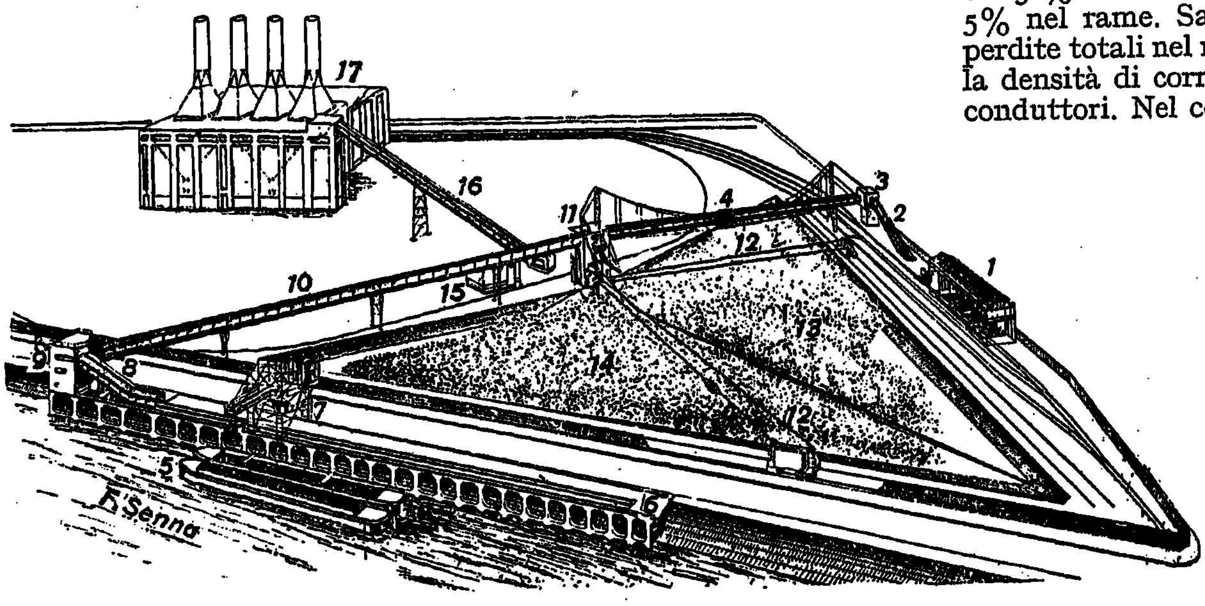



Fig. 2. - Schema di servizi per l'approvigionamento del carbone alla Centrale di Arrighi.

1 - scalo ferroviario; 2 - trasbordatore n. 1; 3 - posto relais n. 1; 4 - trasbordatore n. 2; 5 - barconi; 6 - molo; 7 - grue di scarico; 8 - trasbordatore n. 3; 9 - posto relais n. 2; 10 - trasbordatore n. 4; 11 - posto centrale; 12 - vagoncino di guida per il dragaggio carbone; 13 - parco A; 14 - parco B; 15 - locale argani manovra; 16 - trasbordatore n. 5; 17 - sala caldaie.

Il parco del carbone, di forma triangolare, della capacità di 80 000 tonn, è diviso in due parti quasi uguali: una destinata a ricevere i trasporti per ferrovia, l'altra quelli provenienti lungo la Senna. Ciascuna di esse possiede un'installazione automatica per il deposito in loco del carbone proveniente dai posti di scarico, o per l'invio del combustibile al posto centrale e quindi alle caldaie. L'installazione comprende pertanto una draga, che si sposta sul carbone, comandata da un argano a mezzo di cavi che si svolgono ed avvolgono su tamburi, con un vagoncino speciale corrente lungo i bordi del parco, di grande peso e che serve di sostegno e di guida per i cavi. La capacità di una draga è di 7500 litri, cioè 6 tonn, con una velocità di spostamento di m 1,50 con carico, e di m 3 vuota; l'argano di comando richiede una potenza di 300 HP.

Il carbone arriva alle caldaie sostando entro silos di riserva, opportunamente protetti dall'umidità, e dove può rimanere un tempo variabile, in dipendenza del maggiore o minor bisogno di attivare i focolai.

Da tutto quanto esposto si nota come la razionalità dell'ubicazione delle varie installazioni, dia luogo ad un complesso in condizioni di facile sorveglianza, di agevole esercizio e minima manutenzione, in modo quindi che le eventuali cause per inconvenienti sono ridotte al minimo. L'automatismo e la centralizzazione dei vari comandi, consentono infine di poter effettuare le manovre con un personale estremamente ridotto.

Ru.

---

## f) IL TRASFORMATORE CON NUCLEO AD EVOLVENTE

*E. u. M.*, 24 aprile 1932. – VIDMAR.

Come è noto, nei trasformatori ha grande importanza economica la buona utilizzazione del ferro per il nucleo e la riduzione al minimo della quantità del rame. Gli avvolgimenti del trasformatore sono effettuati soltanto su una parte del nucleo magnetico e precisamente sulle cosidette colonne. Non è indifferente che la sezione di esse abbia una certa forma geometrica piuttosto che un'altra. Evidentemente se si potesse dare alle colonne una sezione circolare, si otterrebbe lo scopo di avere, a parità di sezione di circuito magnetico, il minimo sviluppo complessivo degli avvolgimenti.

Praticamente è difficile realizzare queste condizioni di *optimum*; il nucleo magnetico è formato, come è noto, di lamierini, che vengono tagliati a contorni rettilinei, cosicchè si può soltanto avvicinarsi più o meno al nucleo circolare, sostituendolo con forme poligonali inscritte, come è indicato nelle figg. 1 e 2. Si vede però che in questo modo vi è dello spazio inutilizzato, cosicchè si è ben lontano dalla soluzione teorica suddetta. Anche nei grandi trasformatori si può ritenere, secondo l'A., che si perda sempre almeno da 1/6 a 1/10 della sezione circolare. Praticamente ci si è adattati a tale inconveniente, utilizzando gli spazi vuoti nel modo migliore: per condotti di ventilazione, per collegamenti od altro.

Se si potesse realizzare una migliore utilizzazione del 10 % nella sezione geometrica delle colonne, si potrebbe diminuire del 5 % il diametro di esse e realizzare un risparmio di circa il 5% nel rame. Sarebbero per conseguenza anche diminuite le perdite totali nel rame stesso e perciò potrebbe essere aumentata la densità di corrente, riducendo ulteriormente il diametro dei conduttori. Nel complesso si può contare che si arriverebbe ad un risparmio del 10 % nel peso di rame, oltre ad un risparmio non trascurabile nel peso del ferro.

L'A. descrive un nuovo tipo costruttivo, ideato da un ingegnere austriaco, che permette di ottenere colonne a sezione circolare piena. Lo scopo è raggiunto foggiando i lamierini secondo una curva evolvente di circolo avente come base un circolo posto nel mezzo della sezione della colonna stessa.

La sezione della colonna assume allora l'aspetto indicato nella fig. 3, realizzando effettivamente i vantaggi prima enunziati, circa la riduzione del peso di rame e di ferro. Vi è bensì una perdita di spazio, ma essa riesce relativamente piccola e può essere inoltre opportunamente utilizzata come canale di ventilazione con un effetto molto efficace, in quanto che ciascuno dei lamierini che compone la colonna viene ad essere direttamente lambito dall'aria di raffreddamento.

Come è indicato nella fig. 4 si raggiunge anche un altro vantaggio, cioè quello di impedire che si formino fra un lamierino e l'altro dei ponti di contatto dovuti alle sbarrature delle lamiere. Nella nuova costruzione infatti le elevature terminali riescono tutte esterne al pacco di lamierini.

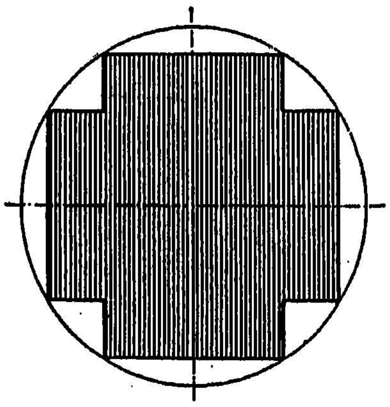


Fig. 1.

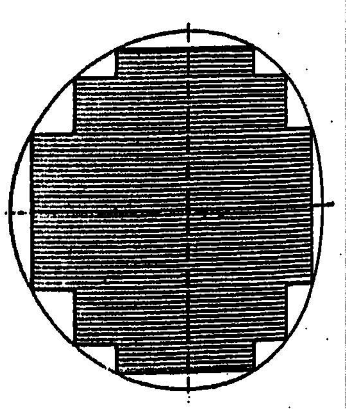


Fig. 2.

Grazie alla efficace ventilazione interna delle colonne, esse possono, senza pericolo, essere esternamente rivestite o con legature o con cilindri isolanti, ecc. Nei grandi trasformatori la cavità assiale delle colonne può anche essere opportunamente

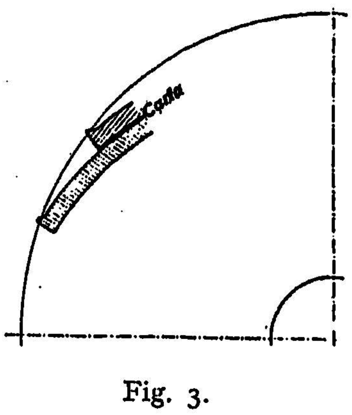


Fig. 3.

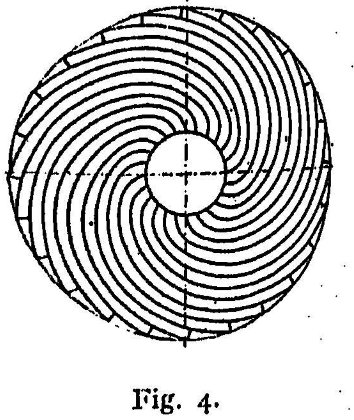


Fig. 4.

utilizzata per dei tiranti di collegamento dei gioghi.

L'A. non si nasconde che vi sono delle difficoltà costruttive per realizzare questo tipo di nucleo ad evolvente. Ritiene però che col diffondersi di questo genere di costruzione le difficoltà potranno essere superate. Anche il collegamento fra colonne e gioghi riesce piuttosto difficile.

Per trasformatori monofasi si può costruire il giogo in forma di cilindro circolare, che avvolge la colonna e l'avvolgimento posto su di essa. All'estremità della colonna il collegamento può venir effettuato mediante lamierini speciali, che hanno

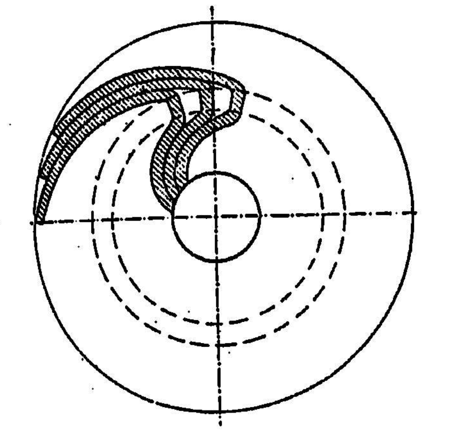


Fig. 5.

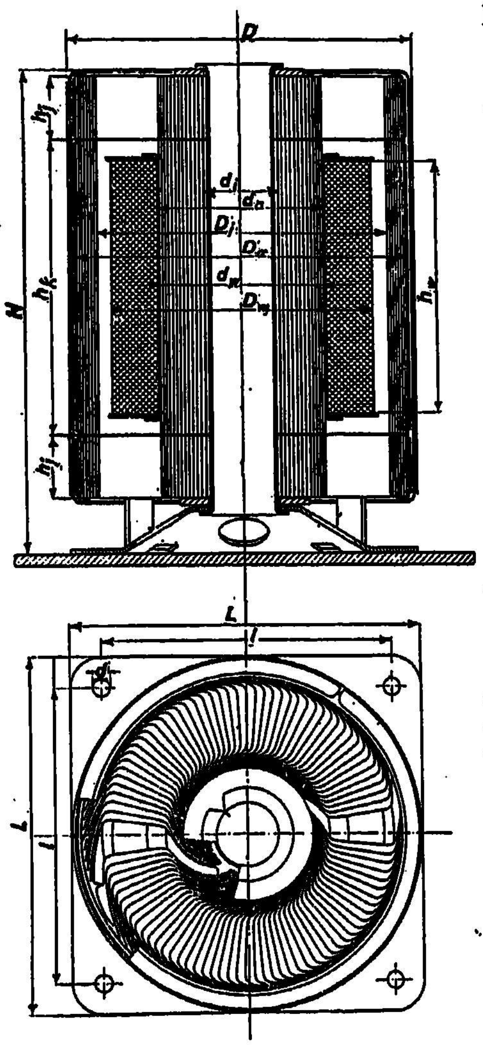


Fig. 6.

una parte foggiata ad evolvente e appartengono alla colonna, una parte radiale di collegamento ed una parte terminale pure foggiata ad evolvente e appartenente al giogo; quest'ultimo viene così ad assumere anch'esso una struttura ad evolvente. Il dispositivo è indicato nelle figg. 5 e 6. Fra i tratti radiali di collegamento terminale rimangono delle aperture che permettono una ventilazione molto efficace dello spazio interno occupato dagli avvolgimenti.

Questo tipo di trasformatore è già stato costruito in piccole unità per applicazioni radiotecniche, ma si prevede che la sua costruzione potrà essere opportunamente estesa alle grandi unità.

Ri.

---

## g) L'EQUILIBRAMENTO DEI SISTEMI TRIFASI

*Elektrotechnik und Maschinenbau*, N. 6 - 7 febbraio 1932. – G. Hauffe.

In una rete trifase, caratterizzata da un sistema simmetrico di tensioni al punto di alimentazione, gli utilizzatori monofasi — ohmici e reattivi — applicati in un punto qualsiasi danno luogo, in generale, ad uno squilibrio che si manifesta con una deformazione del triangolo delle correnti e delle tensioni. Un tale sistema squilibrato è assai pregiudizievole per il funzionamento dei motori trifasi, per cui sono assai opportuni gli accorgimenti per modificare il triangolo delle tensioni di linea in modo tale da equilibrare completamente il sistema delle correnti. In ogni caso, con l'inserzione di convenienti utilizzatori supplementari, è possibile raggiungere questo scopo.

*Il collegamento a triangolo di utilizzatori diseguali.*

Se i tre utilizzatori applicati alla rete rappresentata nella fig. 1 sono caratterizzati dalle impedenze $Z_1$, $Z_2$ e $Z_3$, le correnti di linea risultano espresse da:

$$I_1 = I_{12} + I_{13} = I_{12} - I_{31} = \frac{U_{12}}{Z_3} - \frac{U_{31}}{Z_2}$$

$$I_2 = I_{23} + I_{21} = I_{23} - I_{12} = \frac{U_{23}}{Z_1} - \frac{U_{12}}{Z_3}$$

Tenendo presente che il sistema delle tensioni concatenate $U_{12}$, $U_{23}$, $U_{31}$ è simmetrico, si ha notoriamente:

$$U_{23} = a^2 U_{12} \quad , \quad U_{31} = a U_{12}$$

laddove

$$a = -\frac{1}{2} + j\,\frac{\sqrt{3}}{2}$$

Sostituendo nelle formule precedenti, si ottiene tosto:

$$I_1 = U_{12}\left(\frac{1}{Z_3} - \frac{a}{Z_2}\right)$$

$$I_2 = U_{12}\left(\frac{a^2}{Z_1} - \frac{1}{Z_3}\right)$$

Il sistema delle correnti è simmetrico se $I_2 = a^2 I_1$ ossia se

$$a^2 Z_2 (Z_3 - Z_1) = Z_1 (Z_3 - Z_2)$$

Nel caso particolare $Z_3 = \infty$, quest'equazione diventa

$$a^2 Z_2 = -Z_1$$

e dimostra che l'equilibramento delle correnti, quando è applicato un solo utilizzatore $Z_2$, è possibile mercè l'aggiunta di un utilizzatore supplementare $Z_1$ (fig. 2)

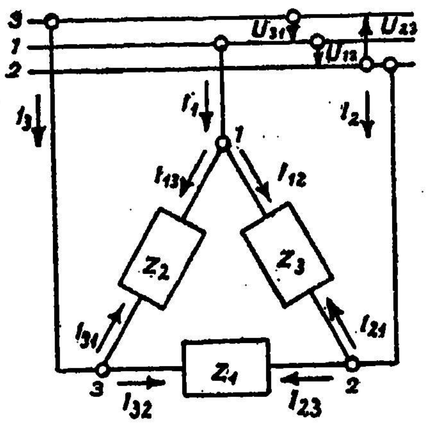



Fig. 1. - Schema d'inserzione di tre carichi monofasi.

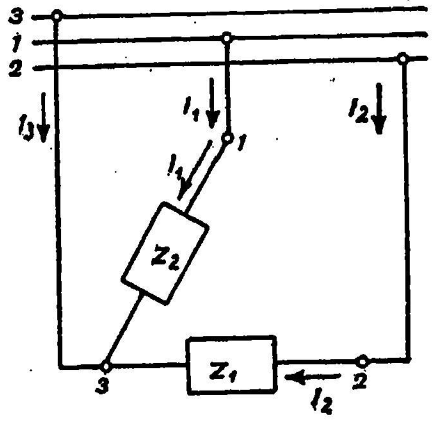



Fig. 2. - Equilibramento mediante un carico supplementare.

*Equilibramento mediante un utilizzatore supplementare.*

Posto
$$Z_1 = R_1 + j X_1 = R_1 (1 + j \operatorname{tg} \varphi_1)$$
$$Z_2 = R_2 + j X_2 = R_2 (1 + j \operatorname{tg} \varphi_2)$$

si ricavano la reattanza e la resistenza dell'utilizzatore supplementare, in funzione delle caratteristiche dell'utilizzatore applicato, dalla relazione $a^2 Z_2 = -Z_1$, ottenendo facilmente:

$$R_1 = \frac{1}{2} R_2 (1 - \sqrt{3} \operatorname{tg} \varphi_2)$$

$$X_1 = \frac{1}{2} R_2 (\operatorname{tg} \varphi_2 + \sqrt{3})$$

Si deduce che, nel caso esaminato, l'equilibramento è possibile se $R_1 > 0$ ossia se $\operatorname{tg} \varphi_2 < \frac{1}{3}$ oppure $\varphi_2 < +30^0$. È necessario, pertanto, che l'utilizzatore applicato non sia soverchiamente induttivo. Un utilizzatore capacitivo è sempre equilibrato a meno che la sua resistenza ohmica non sia nulla.

Sono, inoltre, interessanti i seguenti elementi, facilmente deducibili:

sfasamento dell'utilizzatore supplementare:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{X_1}{R_1} = \frac{\operatorname{tg} \varphi_2 + \sqrt{3}}{1 - \sqrt{3} \operatorname{tg} \varphi_2}$$

potenza attiva di $Z_1$:

$$N_{w1} = \frac{U^2}{Z_1^2} R_1 = \frac{U^2 (R_2 - \sqrt{3} X_2)}{2 (R_2^2 + X_2^2)};$$

» » di $Z_2$:

$$N_{w2} = \frac{U^2}{Z_2^2} R_2 = \frac{U^2 R_2}{R_2^2 + X_2^2};$$

potenza reattiva di $Z_1$:

$$N_{b1} = \frac{U^2 X_1}{Z_1^2} = \frac{U^2 (X_2 + \sqrt{3}\, R_2)}{2\,(R_2^2 + X_2^2)};$$

» » di $Z_3$:

$$N_{b3} = \frac{U^2 X_3}{Z_3^2} = \frac{V^2\, X_2}{R_2^2 + X_2^2};$$

rapporto delle potenze attive:

$$q_w = \frac{N_{w1}}{N_{w2}} = \frac{R_2 - \sqrt{3}\, X_2}{3\, R_2} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,\varphi_2;$$

rapporto delle potenze reattive:

$$q_b = \frac{N_{b1}}{N_{b2}} = \frac{X_2 + \sqrt{3}\, R_2}{2\, X_2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{3}\cot\,\varphi_2;$$

sfasamento delle correnti simmetriche di linea rispetto alle tensioni concatenate ($I_1$ rispetto a $U_{12}$):

$$\mathrm{tg}\,\varphi'_1 = \frac{X_2 + \sqrt{3}\, R_2}{R_2 - \sqrt{3}\, X_2} = \frac{\mathrm{tg}\,\varphi_2 + \sqrt{3}}{1 - \sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,\varphi_2} = \mathrm{tg}\,\varphi_1;$$

La discussione delle formule ricavate dianzi porta ai risultati contenuti nella seguente tabella.

TABELLA I

| $\varphi_2$ | $R_1$ | $X_1$ | $\varphi_1 = \varphi'_1$ | $q_w$ | $q_b$ | Osservazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $> 30^0$ | $< 0$ | — | — | — | — | equilibramento impossibile |
| $30^0$ | 0 | $+\frac{2}{3}\sqrt{3}\,R_2$ | $90^0$ | 0 | $+2$ | $Z_1$ semplicemente induttivo |
| 0 | $\frac{1}{2} R_2$ | $+\frac{1}{2}\sqrt{3}\,R_2$ | $60^0$ | $+\frac{1}{2}$ | $+\infty$ | $Z_1$ induttivo |
| $-30^0$ | $R_2$ | $+\frac{1}{3}\sqrt{3}\,R_2$ | $30^0$ | $+1$ | $-1$ | $Z_1$ induttivo |
| $-60^0$ | $2\,R_2$ | 0 | $0^0$ | $+2$ | 0 | $Z_1$ semplicemente ohmico |
| $-90^0$ | $\infty$ | $-\infty$ | — | — | — | equilibramento impossibile |

Poichè $q_w > 0$ per $-90^0 < \varphi_2 < 30^0$, risulta che l'equilibramento di un utilizzatore mediante un altro è sempre ottenuto con apparecchi che assorbono energia.

*Equilibramento mediante due utilizzatori.*

Volendo ottenere l'equilibramento delle correnti nella rete cui è applicato l'utilizzatore $Z_2 = R_2 + j\, X_2$ mediante due utilizzatori supplementari non assorbenti energia: $Z_1 = j\, X_1$, $Z_3 = j\, X_3$, le reattanze $X_1$ ed $X_3$ che caratterizzano questi ultimi si potranno dedurre facilmente dall'equazione generale di equilibrio. Si otterranno, con calcoli elementari, le relazioni

$$X_1 = \sqrt{3}\, R_2\, \frac{1 + \mathrm{tg}^2\,\varphi_2}{\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,\varphi_2 + 1}$$

$$X_3 = \sqrt{3}\, R_2\, \frac{1 + \mathrm{tg}^2\,\varphi_2}{\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,\varphi_2 - 1}$$

le quali dimostrano che l'equilibramento in questo caso è sempre possibile, qualunque sia la natura del carico monofase applicato.

Altri risultati interessanti sono:

rapporto delle reattanze dei due utilizzatori di equilibrio:

$$\xi_b = \frac{X_1}{X_3} = \frac{\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,\varphi_2 - 1}{\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,\varphi_2 + 1};$$

rapporto delle potenze reattive dei medesimi:

$$q_{b13} = \frac{N_{b1}}{N_{b3}} = \frac{X_3}{X_1} = \frac{1}{\xi_b};$$

altri rapporti delle potenze:

$$q_{b21} = \frac{N_{b2}}{N_{b1}} = \frac{\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,\varphi_2}{\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,\varphi_2 + 1},$$

$$q_{b23} = \frac{N_{b2}}{N_{b3}} = \frac{\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,\varphi_2}{\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,\varphi_2 - 1},$$

$$q_{w2b1} = \frac{N_{w2}}{N_{b1}} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,\varphi_2 + 1},$$

$$q_{w2b3} = \frac{N_{w2}}{N_{b3}} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,\varphi_2 - 1};$$

sfasamento delle correnti simmetriche di linea rispetto alle tensioni concatenate ($I_1$ rispetto ad $U_{12}$):

$$\mathrm{tg}\,\varphi'_1 = \frac{3\sqrt{3}\,\mathrm{tg}\,\varphi_2 + 1}{\sqrt{3} - 3\,\mathrm{tg}\,\varphi_2}$$

La tabella seguente riassume i risultati ottenuti.

TABELLA II

| $\varphi_2$ | $X_1$ | $X_3$ | $q_{b13}$ | $q_{w2b1}$ | $q_{b21}$ | $\varphi'_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $-90^0$ | $X_2$ | $X_2$ | $+1$ | 0 | $+1$ | $-60^0$ |
| $-60^0$ | $-2\sqrt{3}\,R_2$ | $-\sqrt{3}\,R_2$ | $+\frac{1}{2}$ | $-\frac{1}{2}\sqrt{3}$ | $+\frac{3}{2}$ | $\sim -49^0$ |
| 30 | $+\infty$ | $-\frac{2}{3}\sqrt{3}R_2$ | 0 | $+\infty$ | $-\infty$ | $-30^0$ |
| $0^0$ | $+\sqrt{3}\,R_2$ | $-\sqrt{3}\,R_2$ | $-1$ | $+\sqrt{3}$ | 0 | $+30^0$ |
| $+30^0$ | $+\frac{2}{3}\sqrt{3}\,R_2$ | $\infty$ | $\infty$ | $+\frac{1}{2}\sqrt{3}$ | $+\frac{1}{2}$ | $+90^0$ |
| $+60^0$ | $+\sqrt{3}\,R_2$ | $+2\sqrt{3}\,R_2$ | $+2$ | $+\frac{1}{4}\sqrt{3}$ | $+\frac{3}{4}$ | $\sim +109^0$ |
| $+90^0$ | $X_2$ | $X_2$ | $+1$ | 0 | $+1$ | $+120^0$ |

Nel caso particolare in cui il carico utile è semplicemente ohmico, i due carichi supplementari devono essere rispettivamente induttivo e capacitivo

*Equilibramento di due e di tre utilizzatori.*

Due carichi utili $Z_1$ e $Z_2$ possono essere equilibrati mediante un carico supplementare $Z_3$ con impedenza deducibile dalla equazione di equilibrio ed espressa da:

$$Z_3 = \frac{Z_1\, Z_2\, (1 + a^2)}{Z_1 + a^2\, Z_2}$$

Il carico equilibrante è puramente ohmico se il numero complesso $Z_3$ è eguale al suo coniugato, ossia se

$$\left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)^2 = \frac{\sqrt{3}\, R_1 + X_1}{\sqrt{3}\, R_2 - X_2};$$

il carico supplementare è, al contrario, puramente induttivo quando $Z_3$ è eguale e di segno contrario al suo coniugato, ossia se

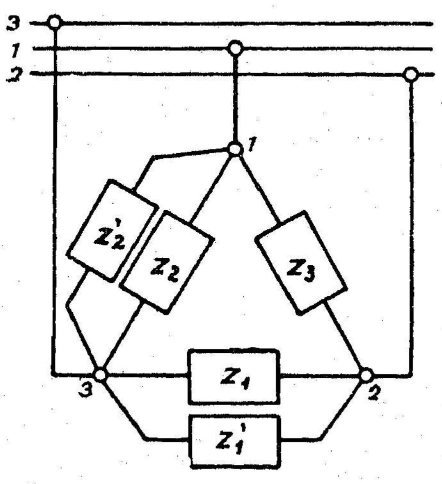


Fig. 3. - Equilibramento di tre utilizzatori.

$$\left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)^2 = \frac{\sqrt{3}\, X_1 - R_1}{\sqrt{3}\, X_2 + R_2}.$$

L'equilibramento di tre utilizzatori è realizzato quando

$$Z_1 = Z_2 = Z_3$$

ossia quando sono soddisfatte le quattro equazioni reali nelle quali si può scomporre la doppia equazione complessa. Questo scopo può essere raggiunto collegando in parallelo a due dei carichi utili un carico supplementare (fig. 3).

d. m.

## h) I VANTAGGI ECONOMICI DEGLI IMPIANTI DI RIFASAMENTO CON PARTICOLARE RIGUARDO A QUELLI CON CONDENSATORI STATICI

*Elektrotechnik und Maschinenbau*, N. 10/11, 6/13 marzo 1932. – S. SCHWARZ.

L'A. espone i criteri che devono guidare alla scelta dei sistemi più convenienti per il rifasamento degli impianti in corrispondenza delle tariffiazioni più comuni dell'energia elettrica.

Premesso che l'installazione di un impianto di rifasamento si può basare su considerazioni di carattere puramente tecnico-regolazione della tensione e distribuzione del carico reattivo fra reti collegate — oppure tecnico-economico — diminuzione delle perdite ohmiche ed aumento di potenzialità degli impianti non più caricati dalla corrente reattiva — od, infine, puramente economico —, risparmio di energia reattiva —, il dimensionamento dei rifasatori varia, naturalmente, con le condizioni di esercizio e, sopratutto, con le tariffe vigenti per il computo dell'onere imposto per il consumo di energia reattiva.

L'importo annuo $C$, che rappresenta il risparmio realizzabile installando un complesso rifasatore, è una funzione della potenza $N_c$ di quest'ultimo. Graficamente $C$ può essere rappresentata da una curva generica $a$ (fig. 1) con ascisse $N_c$. Poichè

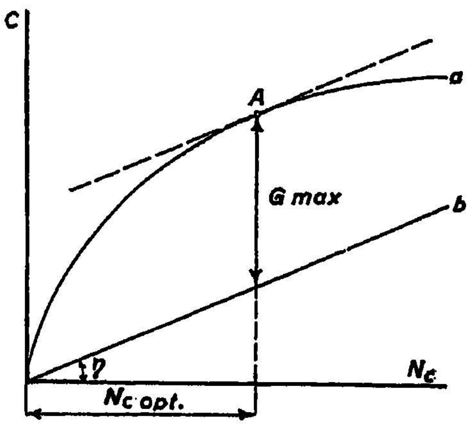



Fig. 1. - Spese, risparmi e guadagni con rifasatori di diversa grandezza.

si può indicare con $kN_c$ l'onere annuo che l'impianto di rifasamento comporta, dove $k$ rappresenta la quota riferita ad 1 $kVA_r$ per interessi, ammortamento, esercizio, ecc., l'economia netta viene espressa dalla relazione $G = C - kN_c$, ossia dalla differenza fra le ordinate della curva $a$ e della retta $b$ con ordinate $kN_c$ e coefficiente angolare $k = \operatorname{tg} \eta$. L'installazione di un rifasatore è, pertanto, economica se la sua potenza reattiva $N_c$ è tale che l'ordinata della curva $a$ supera quella della retta $b$; l'economia è massima per la potenza reattiva $N_{c\,ott.}$ che soddisfa all'equazione:

$$d\,C = k.d\,N_c \qquad (1)$$

*Confronto economico fra i vari sistemi di rifasamento.*

Trascurando le spese di esercizio e sorveglianza, il costo specifico $k$ di un impianto di compensazione si può esprimere con la formula:

$$k = \frac{\alpha K + \varepsilon a h}{100} \qquad (2)$$

dove:

$\alpha$ = quota per interesse ed ammortamento in %,
$K$ = capitale d'acquisto per 1 $kVA_r$,
$\varepsilon$ = fattore di perdita in % della potenza reattiva (per condensatori è $\varepsilon < 0{,}35\%$; per condensatori sincroni $\varepsilon$ varia fra 8 e 3 %),
$a$ = prezzo di 1 kWh di energia attiva,
$h$ = utilizzazione annua in ore.

Le curve della fig. 2 esprimono, naturalmente soltanto con approssinazione, $k$ in funzione di $h$. Le linee continue presuppongono un ammortamento in 4 anni; le linee tratteggiate un ammortamento in 10 anni. Le curve $a$, $b$, $c$ si riferiscono precisamente a:

$a$: batteria di condensatori statici per una tensione di esercizio variabile da 500 a 6000 V,

$b$: condensatore sincrono di potenza reattiva maggiore di 1000 $kVA_r$,

$c$: compensatore accoppiato al rotore di una macchina asincrona.

Come criterio di massima, si può, pertanto, affermare che per piccoli impianti — fino a 100 $kVA_r$ — il condensatore statico è da preferire agli altri rifasatori; per potenze reattive da 100 a 1000 $kVA_r$, i compensatori di fase rotanti vengono vantaggiosamente impiegati; condensatori sincroni entrano utilmente in considerazione per alte potenze reattive (> 1000 kVAr).

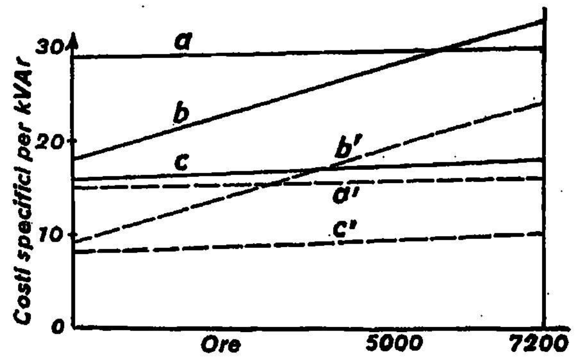



Fig. 2. - Utilizzazione e costi specifici di dispositivi compensatori. $a$, $b$, $c$ per ammortamento in 4 anni; $a'$, $b'$, $c'$ per ammortamento in 10 anni.

All'impiego di rifasatori separati è senza dubbio preferibile la compensazione con le macchine installate stesse — generatori o motori sincroni oppure motori autocompensati —; ciò, però, a condizione che le esigenze del rifasamento non comportino un dimensionamento troppo accentuato delle stesse macchine.

*Scelta delle caratteristiche del rifasatore più economico.*

1. *Tariffiazione in base alla potenza apparente.* — Oltre al pagamento dell'energia attiva misurata in kWh, l'utente è tenuto a pagare una quota fissa proporzionale alla punta massima di carico apparente che si verifica durante l'anno. Se a questa punta massima corrisponde una potenza attiva $N$ ed un fattore di potenza $\cos\varphi$, e se $A$ è la quota fissa unitaria per kVA di punta apparente, la quota annua che l'utente dovrebbe pagare sarebbe:

$$\frac{N}{\cos\varphi}.A$$

Se con l'installazione di un dispositivo rifasatore, il fattore di potenza corrispondente al carico apparente massimo viene migliorato da $\cos\varphi$ a $\cos\psi$, la diminuzione di quota fissa annua diventa:

$$A.N\left(\frac{1}{\cos\varphi} - \frac{1}{\cos\psi}\right)$$

Poichè l'impianto di compensazione va dimensionato per una potenza

$$N_c = N\,(\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\psi),$$

il risparmio effettivo annuo, realizzabile con l'impianto del rifasatore, diventa:

$$AN\left(\frac{1}{\cos\varphi} - \frac{1}{\cos\psi}\right) - kN\,(\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\psi)$$

ossia, riferito ad 1 kW di punta di carico attivo,

$$A\left(\frac{1}{\cos\varphi} - \frac{1}{\cos\psi}\right) - k\,(\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\psi).$$

Il risparmio diventa massimo quando

$$\operatorname{sen}\psi = \frac{k}{A} \qquad (3)$$

Talvolta, la tariffiazione del carico apparente viene applicata alla potenza apparente fittizia dedotta dividendo la punta massima di carico attivo per il $\cos\varphi$ medio. In questo caso, il risparmio annuo effettivo diventa analogamente:

$$b.A.\left(\frac{1}{\cos\varphi_m} - \frac{1}{\cos\psi_m}\right) - k\,(\operatorname{tg}\varphi_m - \operatorname{tg}\psi_m)$$

dove $b$ rappresenta il rapporto fra la potenza attiva massima e media assorbite durante l'anno. Le migliori condizioni per rifasamento si hanno per

$$\operatorname{sen}\psi_m = \frac{k}{b.A}.$$

Dalle formule citate dianzi risulta ovvio che il miglioramento del fattore di potenza è economicamente conveniente allorquando:

$$\cos \varphi < \sqrt{1 - \left(\frac{k}{A}\right)^2}$$

e, rispettivamente,

$$\cos \varphi < \sqrt{1 - \left(\frac{k}{bA}\right)^2}$$

2. *Tarifficazione in base all'energia reattiva.* – Tale tarifficazione presuppone il pagamento di una penale sulla energia reattiva quando il fattore di potenza $\cos \varphi$ è inferiore ad un limite determinato $\cos \psi$. Misurati in ogni istante i kW attivi ed i kVA*r*, è possibile tracciare un diagramma con le ascisse rappresentanti l'utilizzazione in ore/anno ed avente per ordinate le differenze (kVA*r* — kW tg $\psi$). L'area limitata dalla curva 2-3 del diagramma (fig. 3), dall'asse delle ascisse, da quello delle ordinate e dall'ordinata estrema rappresenta l'energia reattiva sulla quale va pagata la penale.

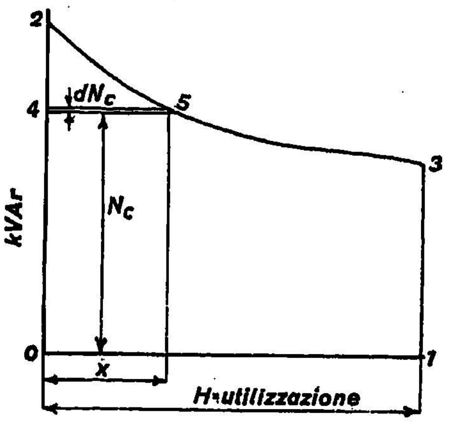



Fig. 3. - Diagramma delle differenze di potenza reattiva.

Per calcolare il valore della potenza ottima dell'impianto rifasatore, si deve notare che un impianto di compensazione di potenza $N_c$ porta ad uno spostamento eguale ad $N_c$ della fondamentale del suddetto diagramma, la quale passa dalla posizione o 1 all'altra 45. L'energia reattiva da conteggiare diventa, pertanto, proporzionale all'area del diagramma 245. È ovvio che ad un aumento di $N_c$ corrisponde una diminuzione dell'energia reattiva soggetta a penalità; è pur vero, però, che questa diminuzione è accompagnata da un aumento dell'onere annuo per l'impianto del rifasatore. Si hanno le condizioni ottime quando ad un incremento elementare $d\,N_c$ corrisponde un decremento della quota annua per l'energia reattiva — espresso in funzione della utilizzazione $x$ corrispondente ad $N_c$ e della tariffa base $c$, dalla relazione $dC = x\,c\,d\,N_c$ — eguale all'incremento di spesa annua $k\,dN_c$. Dalla condizione $xc\,dN_c = k\,dN_c$, consegue l'utilizzazione $x$

$$x = \frac{k}{c} \qquad (4)$$

e la corrispondente potenza reattiva ottima dell'impianto di compensazione. Se l'energia reattiva non viene calcolata coi valori momentanei (kVA*r* — kW. tg $\psi$) ma in base a valori medi di tale differenza, riferiti ad intervalli di tempo determinati, la curva che limita il diagramma di utilizzazione $H$ (kVA*r*) è una spezzata con lati alternativamente orizzontali e verticali. I valori ottimi di $x$ e di $N_c$ si ottengono, per altro, con lo stesso criterio citato dianzi.

3. *Tariffícazione in base all'energia reattiva, con premio.* – Questo sistema di tariffícazione comporta il pagamento di una penale, con tariffa base $c$, per l'energia reattiva assorbita con $\cos \varphi$ inferiore ad un limite determinato $\cos \psi$, compensata da un premio, con tariffa base $c/2$, per l'energia swattata assorbita con $\cos \varphi > \cos \psi$. Nel diagramma della fig. 4 la curva 2-3 abbia per ordinate (kVA*r* — kW tg $\psi$) e la 45 per ordinate kVA*r*, in funzione della utilizzazione annua. Con ragionamento analogo a quello fatto nel caso precedente, si trova che la utilizzazione $x$, corrispondente alla potenza ottima, è espressa da

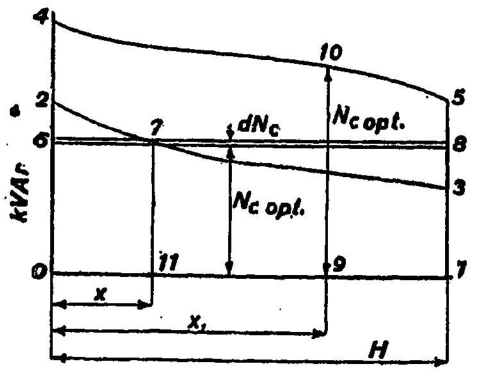



Fig. 4. - Diagramma delle differenze di potenza reattiva e della potenza reattiva.

$$x = \frac{2\,k}{c} - H \qquad (5)$$

se $\frac{2\,k}{c} > H$. Se $\frac{2\,k}{c} = H$ si ha $x = 0$.

Nel caso in cui $\frac{2\,k}{c}$ è minore di $H$, si dimostra che il risparmio annuo, realizzabile con l'installazione del rifasatore, cresce con la potenza reattiva $N_c$. Poichè i contatori di energia reattiva sono provvisti di dispositivo che impedisce la rotazione inversa dell'equipaggio misuratore, si hanno le condizioni ottime quando $\cos \varphi$ diventa eguale ad 1. Ne consegue l'utilizzazione:

$$x_1 = \frac{2\,k}{c} \qquad (6)$$

cui corrisponde la potenza reattiva ottima.

4. *Tariffícazione generica in base all'energia reattiva.* – In questo caso la potenza reattiva ottima si deduce nel modo seguente. Si calcola, per valori diversi della potenza reattiva $N_c$, il risparmio annuo $C = f\,(N_c)$ e si traccia il diagramma che ha per ordinate $C$ e per ascisse $N_c$. Il punto di contatto (fig. 1) della tangente alla curva ($C$), parallela alla rete passante per l'origine ed avente per coefficiente angolare $\text{tg}\,\eta = k$, ha per ascissa la potenza ottima.

*I condensatori statici impiegati come rifasatori.*

L'impiego dei condensatori statici negli impianti di rifasamento ha avuto inizio da pochi anni, ossia da quando i progressi realizzati nella tecnica degli isolanti ne hanno consentita una costruzione corrispondente alle esigenze di esercizio e di economia degli impianti stessi.

Secondo i tipi che vengono più diffusamente costruiti oggidì, i condensatori sono costituiti da rotoli di carta speciale impregnata, con intercalati fogli metallici sottilissimi, posti in bagno d'olio allo scopo di aumentare la rigidità dielettrica e di favorire l'eliminazione del calore. La cassa contenente l'olio viene scelta con caratteristiche tali da impedire che l'accumularsi del calore in qualche punto della massa interna abbia a favorire la scarica di qualche elemento condensatore. Per impianti all'aperto si impiegano casse speciali con recipiente di espansione.

Alcune case costruttrici limitano l'allestimento di pochi tipi normalizzati ed ottengono le potenze reattive necessarie caso per caso collegando i vari elementi in parallelo. I singoli elementi sono muniti di valvole accessibili dall'esterno le quali permettono l'esclusione dei condensatori avariati in caso di necessità. I singoli rotoli dei condensatori vengono, dopo l'allestimento, sottoposti ad un processo di essicamento e di impregnamento e quindi provati per misurare la rigidità dielettrica e le perdite. Sui condensatori pronti viene poi eseguita una prova per la misura della capacità, della rigidità dielettrica con tensione eguale ad un multiplo di quella normale, dell'angolo di perdita, del riscaldamento alla tensione nominale.

Altre case costruttrici allestiscono elementi nei quali i rotoli dei condensatori sono posti entro involucri in lamiera riempiti di compound. I singoli elementi sono collegati fra loro esternamente per costituire le batterie di capacità conveniente. A parità di altri elementi, le batterie di questi condensatori sono più costose e più ingombranti delle altre a più elementi riuniti in cassa unica. Altri tipi di condensatori: con riempimento di azoto, elettrolitici ecc. non possono aspirare alla diffusione che hanno trovato i tipi citati dianzi.

Il collegamento dei condensatori alla rete va fatto mediante interruttori largamente dimensionati e capaci di sopportare i colpi di corrente che si verificano durante l'inserzione. L'entità dei colpi di corrente è dipendente dalla resistenza ohmica in gioco e può raggiungere, nelle peggiori condizioni, un valore eguale a 10 volte la corrente normale. Onde evitare sovratensioni pericolose all'inserzione delle batterie di grande potenza sono impiegate opportune resistenze di protezione. Altre resistenze sono necessarie per scaricare le cariche statiche all'atto della disinserzione, quando i condensatori non sono già normalmente collegati con gli avvolgimenti di macchine attraverso i quali le cariche statiche defluiscono naturalmente.

L'esperienza di esercizio ed i risultati di prove fatte in officina durante parecchi anni hanno dimostrato in modo decisivo

timori di fenomeni di risonanza, che per qualche tempo ınnero tali da causare sovratensioni pericolose e perdite ementari nelle reti a cui i condensatori sono applicati, non ›raticamente giustificati. Per quanto riguarda le armoniche mentali, i condensatori hanno un comportamento che ifferisce da quello degli altri compensatori di fase. Un di- comportamento si manifesta sotto l'influenza delle ar- :he superiori: in questo caso, rientrano nel campo delle pos- à tensioni di risonanza, le quali non possono essere, per nè frequenti, nè troppo temibili. Negli impianti trifasi, i, si riscontrano le armoniche di ordine 5, 7, 11, ecc., la equenza raramente può eguagliare quella di risonanza dei ti cui i condensatori appartengono. Inoltre, è noto che le lenze dei circuiti oscillanti formati dalle capacità e dalle tanze delle linee e delle macchine variano ad ogni inser- o disinserzione oppure variazioni di carico e che la fre- :a delle armoniche superiori è soggetta a variazioni al va- del grado di saturazione delle macchine. Ne consegue che risonanza acuta del circuito oscillante con un'armonica iore non può verificarsi che durante frazioni di tempo ıe.

ratensioni si possono verificare quando un condensatore iegato per migliorare il fattore si potenza di un generatore. capacità del condensatore è rilevante rispetto alla potenza lternatore, una repentina mancanza di carico dà luogo :aelevazioni di tensione a causa del carico capacitivo della ıina stessa. L'eccitazione per opera del condensatore può re, inoltre, a funzionamento instabile del generatore, a fenomeni di autoeccitazione. In tal caso, è necessario ı batteria possa essere disinserita, in funzione del fattore tenza dell'alternatore.

i effetti dei corti circuiti nella rete, il comportamento dei ınsatori risulta ovvio se si calcolano le impedenze che li- ıo le correnti di cortocircuito. Si dimostra, con considera- elementari, che se la perturbazione avviene in un circuito rallelo con le batterie dei condensatori, la presenza di 'ultimo ha per conseguenza una diminuzione della corrente tocircuito del generatore ed un aumento della corrente che ɜ al punto di contatto. La disinserzione dell'interruttore a ma più prossimo al luogo del cortocircuito risulta, pertanto, ita. L'influenza dei condensatori risulta, al contrario, se il cortocircuito ha luogo in corrispondenza di un punto diatamente prossimo al condensatore oppure situato nella ra condensatore e generatore.

d. m.

---

## TMETRI PER CORRENTE MONOFASE A PIÙ ARMONICHE

:.Z., N. 12, 24 marzo 1932. – G. RASCH.

*alità.*

ı. suppone che sulla bobina voltmetrica di un wattmetro ı una tensione, la cui ennesima armonica sia:

$$u = f\, U_n \sqrt{2}\ \text{sen}\,(n\,\alpha + n\,\beta), \qquad (1)$$

:e la bobina ampermetrica è percorsa da una corrente ennesima armonica:

$$i_x = I_x \sqrt{2}\ \text{sen}\,(n\,\alpha + n\,\gamma - \varphi_x). \qquad (2)$$

seguito l'indice $n$ dell'ennesima armonica viene omesso: i valori delle tensioni e delle intensità di corrente, nonchè ostamenti di fase delle seconde rispetto alle prime, si ri- ono all'armonica ennesima: $f$ è un coefficiente da deter- :e caso per caso, $\alpha = \omega t$ è la funzione di tempo, pari alla ità angolare dell'onda base per il tempo; $\beta$ e $\gamma$ sono per le ısi, $R$, $S$, $T$ rispettivamente 0°, 120° e 240°. Le tensioni misurate fra i morsetti $R$, $S$, $T$ e il punto neutro: si riten- uguali per tutte e tre le fasi. Questo non corrisponde alla ., ma è accettabile, perchè le differenze di tensione, anche ›rti squilibri, sono piccole. Per la potenza $N$, indicata dal netro, si ha:

$$N = f\, U\, I_x \cos\,(n\,\beta - n\,\gamma + \varphi_x). \qquad (3)$$

:chè $n$ è sempre numero intero, sen $n$ 180° è sempre eguale ɔ e

$$\cos n\, 240^\circ = \cos n\, 120^\circ \qquad (4)$$

$$\text{sen}\, n\, 240^\circ = -\,\text{sen}\, n\, 120^\circ \qquad (5)$$

Se non vi è nessun conduttore neutro si ha:

$$I_R\ \text{sen}\,(n\,\alpha - \varphi_R) + I_S\ \text{sen}\,(n\,\alpha + n\,120^\circ - \varphi_S) + + I_T\ \text{sen}\,(n\,\alpha + n\,240^\circ - \varphi_T) = 0$$

donde si ottiene:

$$\left.\begin{aligned} I_T \cos\varphi_T &= -I_R \cos\,(n\,240^\circ + \varphi_R) - I_S \cos\,(n\,120^\circ + \varphi_S) \\ I_T\ \text{sen}\,\varphi_T &= -I_R\ \text{sen}\,(n\,240^\circ + \varphi_R) - I_S\ \text{sen}\,(n\,120^\circ + \varphi_S) \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

Vengono considerati alcuni schemi di misura.

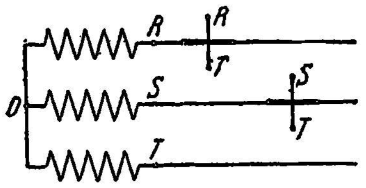


Fig. 1. - Schema Aron per la misura della potenza attiva.

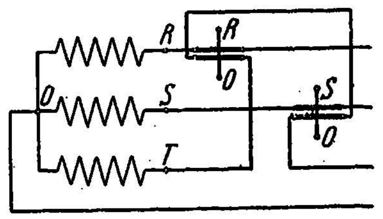


Fig. 2. - Altro schema per la misura della potenza attiva.

*Schema Aron.*

L'A. mostra che lo schema Aron per la misura della potenza attiva dà risultati esatti anche per corrente con più armoniche. Nella fig. 1 le bobine ampermetriche sono indicate orizzontalmente, quelle voltmetriche verticalmente. Ai morsetti delle bobine voltmetriche delle lettere indicano i punti del circuito, coi quali si suppone siano collegate. Al meccanismo superiore del wattmetro si trova pure applicata la bobina voltmetrica $RT$. La tensione è perciò geometricamente così espressa: $RT = RO - TO$, cioè si può pensare una bobina voltmetrica sostituita da due bobine differenziali, che sono collegate a $RO$ e $TO$, e per il secondo meccanismo a $SO$ e $TO$. Le grandezze necessarie al calcolo sono riassunte nella tabella seguente:

| Bobine | $f$ | $\beta$ | $I_x$ | $\gamma$ | $\varphi_x$ | Potenze secondo la (3) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $RO$ | +1 | 0 | $I_R$ | 0 | $\varphi_R$ | $U\, I_R \cos\varphi_R$ |
| $TO$ | −1 | 240° | $I_R$ | 0 | $\varphi_R$ | $-U\, I_R \cos\,(n\ 240^\circ + \varphi_R)$ |
| $SO$ | +1 | 120° | $I_R$ | 120° | $\varphi_R$ | $U\, I_R \cos\varphi_S$ |
| $TO$ | −1 | 240° | $I_R$ | 120° | $\varphi_R$ | $-U\, I_R \cos\,(n\ 120^\circ + \varphi_S)$ |

La somma delle diverse potenze rappresenta l'effetto esercitato dall'ennesima armonica sulla potenza attiva: essa si può esprimere come segue:

$$N_{w,n} = U\ [I_R \cos\varphi_R + I_S \cos\varphi_S + I_T \cos\varphi_T]$$

*Altro schema per la misura della potenza attiva.*

La fig. 2 dà un altro schema, che consente, per sistemi trifasi con quattro conduttori, di adottare solo due strumenti, provvisti ciascuno di una bobina voltmetrica e di due bobine ampermetriche. La prima delle bobine ampermetriche è percorsa dalla corrente $I_R$ rispettivamente $I_S$, la seconda dalla corrente $I_T$, e questa agisce in opposizione alle prime.

Anche qui si ottiene:

$$N_{w,n} = U\,[I_R \cos\varphi_R + I_S \cos\varphi_S + I_T \cos\varphi_T] \qquad (7)$$

per armoniche che non contengono il fattore 3. Se invece $n = 3$ o ad un multiplo di 3:

$$\begin{aligned} M_{w,n} &= U\,(I_R \cos\varphi_R + I_S \cos\varphi_S - 2\, I_T \cos\varphi_T) = \\ &= U\,(I_R \cos\varphi_R + I_S \cos\varphi_S + I_T \cos\varphi_T - 3\, I_T \cos\varphi_T) \end{aligned} \qquad (8)$$

Perciò in questo caso la potenza misurata è inferiore al valore effettivo: per apprezzare l'errore di misura bisognerebbe conoscere le ampiezze delle armoniche e le impedenze dei circuiti.

Secondo le critiche fatte da Krukowski a questo schema, si trova che esso, per corrente a una sola onda, dà risultati esatti quando è osservata la condizione che la somma geometrica delle tre tensioni di fase sia zero, cioè che il triangolo delle tensioni sia chiuso.

*Schema per la misura della potenza reattiva.*

L'A. considera poi lo schema per la misura della potenza reattiva seggerito da Lengel e pubblicato nell'*E.T.Z.* del 1924, pag. 973, fig. 8. Le bobine voltmetriche di ambedue i wattmetri sono connesse coll'intermediario di un trasformatore di tensione, che in entrambi i lati è collegato a triangolo (vedi fig. 3). Si supponga che le lettere $M$, $N$, $P$, $Q$, ai punti di collegamento degli avvolgimenti secondari, indichino contemporaneamente i potenziali di questi punti; allora si ha:

$$M - N = \frac{R - 2S + T}{2} \qquad (9)$$

$$P - Q = \frac{2R - S - T}{2} \qquad (10)$$

e secondo la (1)

$$M - N = -2U\sqrt{2}\,\text{sen}^2 n 60^\circ\,\text{sen}(n\alpha + n120) \qquad (11)$$

$$P - Q = 2U\sqrt{2}\,\text{sen}^2 n 60^\circ\,\text{sen}\, n\alpha. \qquad (12)$$

e applicando la (3) si ha l'effetto dell'ennesima armonica sulla potenza indicata dallo strumento:

$$2\,\text{sen}^2 n 60^\circ\, U\,[I_S \cos(n\,120^\circ - \varphi_S) - I_R \cos(n\,120^\circ + \varphi_R)] \qquad (13)$$

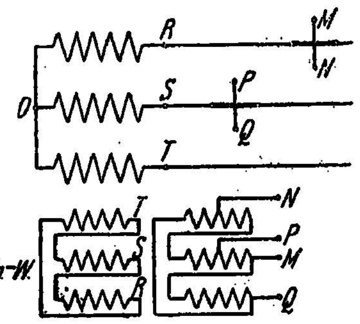


Fig. 3. - Schema per la misura della potenza attiva.

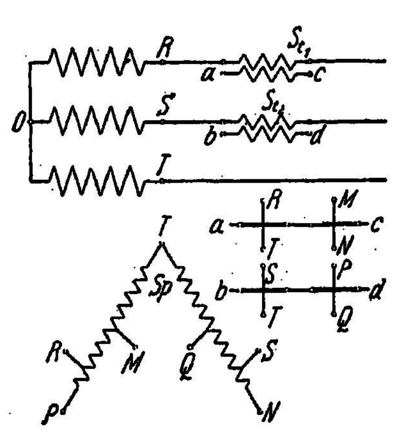


Fig. 4. - Schema per la misura della potenza attiva e della reattiva.

Perchè questa somma indichi la potenza reattiva $N_{b,n}$ dell'armonica ennesima deve essere:

$$I_S \cos(n\,120^\circ - \varphi_S) - I_R \cos(n\,120^\circ + \varphi_R) =$$

$$= \mu\,(I_R\,\text{sen}\,\varphi_R + I_S\,\text{sen}\,\varphi_S + I_T\,\text{sen}\,\varphi_T) \qquad (14)$$

dove $\mu$ è un coefficiente da determinare.

Se si sostituisce per $I_T\,\text{sen}\,\varphi_T$ il valore dato dalla (6) si ha:

$$\mu = -\text{cotg}\, n\,120^\circ \quad \text{e} \quad \mu = \frac{\text{sen}\, n\,120^\circ}{1 - \cos n\,120^\circ}$$

A prima vista sembra che questo risultato valga solo per uno o almeno per altri valori di $n$, ma non è così. Se si uguagliano i due valori di $\mu$, si ha:

$$\cos n\,120^\circ = \cos n\,240^\circ$$

che abbiamo già incontrato nella (4). E poichè la seconda delle espressioni sopra indicate per $\mu$ può anche esprimersi così $\mu = \text{cotg}\, n\,60^\circ$, si ha:

$$N_{b,n} = \text{sen}\, n\,120^\circ\, U\,(I_R\,\text{sen}\,\varphi_R + I_S\,\text{sen}\,\varphi_S + I_T\,\text{sen}\,\varphi_T) \qquad (15)$$

Qui si vede che le armoniche, il cui numero d'ordine $n$ contiene il fattore 3, non sono escluse a cagione del sen 120°, perchè si tratta di un sistema trifase senza conduttore neutro. Ma il fattore sen $n$ 120° assume per i diversi numeri d'ordine delle armoniche ora segno positivo e ora segno negativo. È positivo per tutti i valori di $n$ che si possono rappresentare con:

$n = 6\,m + 1$ oppure $n = 6\,m - 2$, dove $m$ è un numero intero, cioè per

$n = 1, 7, 13, 19$, ecc.

$n = 4, 10, 16, 22$, ecc.

è negativo per $n = 6\,m - 1$ oppure $n = 6\,m + 2$ e cioè per

$n = 5, 11, 17, 23$, ecc.

$n = 8, 14, 29, 26$, ecc.

Se si hanno perciò le suddette armoniche, il wattmetro reattivo da indicazioni deficienti.

Dopo aver accennato a un secondo schema per la misura della potenza reattiva, l'A. si occupa dello

*Schema per la misura della potenza attiva e della reattiva di Smith e Rutter.*

Questo schema (fig. 4) utilizza quattro wattmetri, un trasformatore di riserva ($S_p$), due trasformatori di corrente ($S_{t_1}$ e $S_{t_2}$), nonchè un trasformatore di tensione trifase. Quest'ultimo però non entra nello schema, ma serve solo ad abbassare la tensione per alimentare il complesso di misura. Le bobine di corrente dei wattmetri $a$ e $c$ sono percorse dalla corrente $I_R$, quelle dei wattmetri $b$ e $d$ dalla corrente $I_S$. Le prese del trasformatore $S_p$ sono così disposte che, quando il numero di spire tra $R$ e $T$ e rispettivamente $S$ e $T$, è $w$, tra $M$ e $T$, e rispettivamente $Q$ e $T$, si trovano $\lambda\, w$ spire e tra $P$ e $T$, e rispettivamente $N$ e $T$, $2\,\lambda\, w$ spire. Il valore di $\lambda$ è:

$$\lambda = 1/3\,\sqrt{3} = 0{,}577$$

In questo schema si ha:

$$M - N = \lambda\,(R - 2S + T) \qquad (16)$$

che è uguale a $2\,\lambda$ volte la (9) e perciò:

$$M - N = -4\lambda\, U\sqrt{2}\,\text{sen}^2 n\,60^\circ\,\text{sen}\,(n\alpha + n\,120^\circ) \qquad (17)$$

Parimenti

$$P - Q = \lambda\,(2R - S - T)$$

che è uguale a $2\,\lambda$ volte la (10) e perciò:

$$P - Q = 4\lambda\, U\sqrt{2}\,\text{sen}^2 n\,60^\circ\,\text{sen}\, n\alpha \qquad (18)$$

La somma delle indicazioni dei wattmetri $c$ e $d$ deve pure essere uguale a $2\,\lambda$ volte la (15):

$$N_{b,n} = 2\,\lambda\,\text{sen}\, n\,120^\circ\, U\,(I_R\,\text{sen}\,\varphi_R + I_S\,\text{sen}\,\varphi_R + I_T\,\text{sen}\,\varphi_T) \qquad (19)$$

Alla fine l'A. fa un esempio per un'armonica 5ª, per una rete avente per ogni fase le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

| $n =$ | 1 | 5 |
|---|---|---|
| Tensione . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . V | 200 | 35 |
| Intensità di corrente . . . . . . . . . . A | 40 | 3,6 |
| Sfasamento . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 20° | 61° |

Se si sommano i valori di potenza reattiva dell'onda fondamentale e della armonica otteniamo:

$$2736 + 110 = 2846 \text{ W}$$

Ma i wattmetri sottraggono questi valori e perciò dalla misura si legge:

$$2736 - 110 = 2626 \text{ W}.$$

La formula di Emde, riportata in « Elektrotecknik und Maschinenbau », Vol. 39, pag. 545 del 1921 darebbe 3005 W. Giustamente dice Emde nel suo lavoro che il significato di potenza reattiva ha valore solo nel campo delle correnti sinusoidali. Non è stato per altro scopo dell'A. di occuparsi dell'argomento ancor molto discusso della potenza reattiva con correnti a più armoniche; egli si è proposto solo di mostrare che l'espressione della potenza reattiva $N_b = \Sigma\, N_{b,n}$ non è soddisfatta dagli strumenti di misura, quando si verificano armoniche di un certo numero d'ordine.

T. S.

## 1) COSTRUZIONE E FUNZIONAMENTO DEI TUBI ELETTRONICI A GAS RAREFATTI

*Electrical Engineering*, maggio 1932. – H. C. STEINER, A. C. GABLE, H. T. MASER.

Gli autori fanno parte della General Electric Company, e pertanto si riferiscono essenzialmente alla pratica costruttiva della loro Casa. I tipi descritti sono il « Phanotron », nome dato dalla G. E. C. ai tubi elettronici con riempimento di gas o vapori, e il « Thyratron », nome che designa tubi dello stesso tipo con griglie di comando per regolare il passaggio della corrente.

Richiamando brevemente la *teoria* dei tubi elettronici l'articolo ricorda che nei tubi ad alto grado di vuoto gli elettroni, passando dal catodo all'anodo quando il potenziale di questo è superiore a quello del catodo, formano una carica nello spazio che provoca una caduta di tensione variabile con diversi elementi; nei tubi a riempimento di gas invece, gli elettroni nel passaggio anzidetto dal catodo all'anodo cozzano contro le molecole di gas, producendo così una ionizzazione che neutralizza la carica nello spazio.

Nei tipi più semplici di raddrizzatori a riempimento di gas, gli elementi costitutivi sono essenzialmente due soli: un anodo e un catodo, contenuti in un'ampolla nella quale è stato fatto il vuoto, creandovi quindi un'atmosfera rarefatta di vapore o gas inerte; possono essere adoperati tanto argon, neon, elio o vapore di mercurio che una combinazione di questi elementi. I tipi più complessi, i così detti tubi a tre elementi, hanno anche una griglia di comando, che forma uno schermo elettrostatico fra anodo e catodo, e che serve a regolare il flusso medio di corrente nel tubo. Se infatti si applica all'anodo una tensione alternativa, durante il semiperiodo positivo la griglia comanda l'avviamento della corrente anodica, mentre durante il semiperiodo negativo l'inversione della tensione anodica permette al tubo di deionizzarsi e pertanto la griglia è riportata in condizioni da riprendere nel successivo semiperiodo positivo il comando dell'avviamento della corrente anodica, avviamento che può essere ritardato a volontà. La tensione critica di griglia alla quale ha luogo il passaggio di corrente ha all'incirca una forma sinusoidale ed è in opposizione di fase con la tensione anodica.

Quando la griglia di comando è alimentata con corrente continua, la tensione emessa ha un unico intervallo di variazione da valore zero a valore metà ed è quindi uniforme da valore metà all'intero valore della tensione. Quando invece anche la griglia sia alimentata con tensione alternativa della stessa frequenza di quella fornita all'anodo, e quando inoltre sia possibile variare la differenza di fase fra le tensioni di anodo e di griglia, si può regolare in modo completo ed uniforme la tensione media emessa. (fig. 1). Questa regolazione si può ottenere anche in altri modi, per esempio variando il valore della tensione di griglia.

Passando poi ad esaminare i vari *elementi costitutivi* dei tubi a gas rarefatti, l'articolo ricorda che per quanto riguarda il catodo i tubi possono suddividersi in tre categorie: a catodo freddo, a pozzetto di mercurio e a catodo caldo o termoionico.

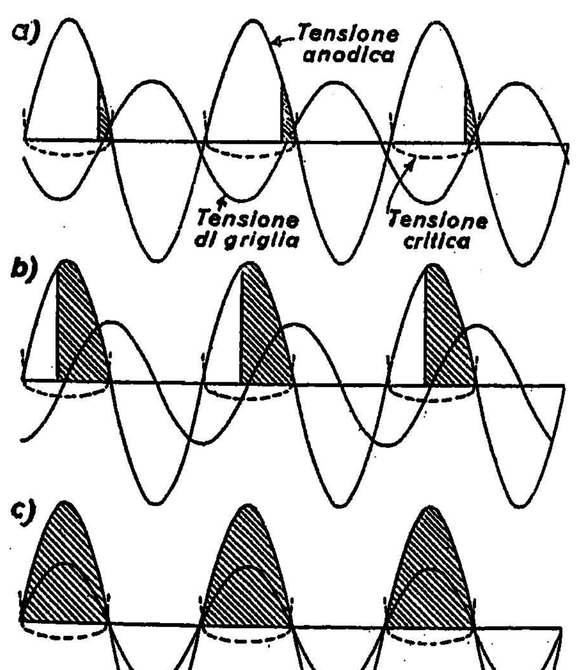



Fig. 1. - Regolazione della tensione media di emissione di un tubo raddrizzatore a riempimento di gas, col metodo della variazione di fase fra tensione anodica e tensione di griglia.

*a*) tensione anodica e di griglia quasi in opposizione di fase;
*b*) idem idem spostate di circa 90°;
*c*) idem idem in fase.

Nel primo tipo, l'attrazione degli elettroni dalla superficie fredda di un elettrodo è determinata per effetto di un intenso campo elettrostatico; nel secondo, per mezzo di elettrodi ausiliari viene creato e mantenuto uno spazio catodico su una superficie di mercurio; infine nel terzo tipo gli elettroni sono emessi per effetto di riscaldamento dal catodo.

Nei tubi a catodo freddo la caduta di tensione è relativamente forte, e così pure in quelli a mercurio tale caduta è di solito più alta che nei tubi equivalenti a catodo caldo. In questi ultimi il catodo è costituito da un metallo capace di emettere elettroni a caldo oppure è semplicemente rivestito di materiale avente tale proprietà; il più usato è il tipo a rivestimento di ossido, che a sua volta può distinguersi in due varietà, quello a filamento o a riscaldamento diretto e quello a riscaldamento indiretto. In quest'ultimo caso viene usato un elemento riscaldante separato a tungsteno, che fornisce la propria energia alla superficie emittente.

La presenza nell'ampolla di un gas, che ionizzandosi neutralizza la carica nello spazio, permette di circondare il catodo di schermi per il calore, potendo gli elettroni essere emessi anche attraverso piccole aperture praticate negli schermi stessi; ciò non è invece possibile nei tubi ad alto grado di vuoto.

Un altro elemento importante del tubo elettronico è la pressione del gas, dal valore della quale dipendono i limiti di temperatura del funzionamento. Se la pressione è eccessiva, si può avere passaggio di corrente in senso inverso, ossia un ritorno d'arco, mentre se la pressione è troppo bassa, la tensione d'arco sale oltre il valore critico al quale comincia la disintegrazione del catodo. In generale per tubi a vapore di mercurio le pressioni alle quali si ha un buon funzionamento sono quelle che corrispondono a una temperatura dell'aria ambiente da 20° a 50° C, e a una sopraelevazione di 15° a 50° C rispetto all'ambiente del mercurio che si condensa nella parte più fredda del tubo. Quando invece il riempimento dell'ampolla è fatto con un gas inerte, le caratteristiche di regolazione dei tubi sono quasi completamente indipendenti dalle variazioni della temperatura ambiente, ciò che è specialmente interessante quando si producano sbalzi considerevoli nella temperatura ambiente e quando si desideri una regolazione costante.

Per quanto riguarda le caratteristiche di regolazione, i tubi a tre elementi si dividono in due classi, e cioè a regolazione negativa o positiva, secondo che la tensione critica di griglia è negativa o positiva rispetto al catodo per la maggior parte dell'intervallo di funzionamento.

Il tempo richiesto perchè abbia inizio il passaggio di corrente, che può anche chiamarsi *tempo di ionizzazione*, dipende dalla pressione del vapore, dalla forma del tubo e dall'eccitazione di griglia, mentre l'intervallo necessario perchè la griglia possa riprendere il comando della corrente anodica o *tempo di deionizzazione* varia con la corrente anodica, la pressione del vapore, l'eccitazione di griglia ecc. Il primo intervallo varia da meno di uno a più microsecondi, il secondo da pochi microsecondi a un migliaio, a seconda delle circostanze.

Le *applicazioni* dei tubi a gas rarefatto sono essenzialmente di due classi: quelle per la conversione della corrente alternata in continua e quelle per trasformare la corrente continua in alternata.

La prima applicazione è la più generalmente nota; un circuito tipico per raddrizzatori con regolazione della tensione è quello rappresentato in fig. 2. Quando il senso del funzionamento viene

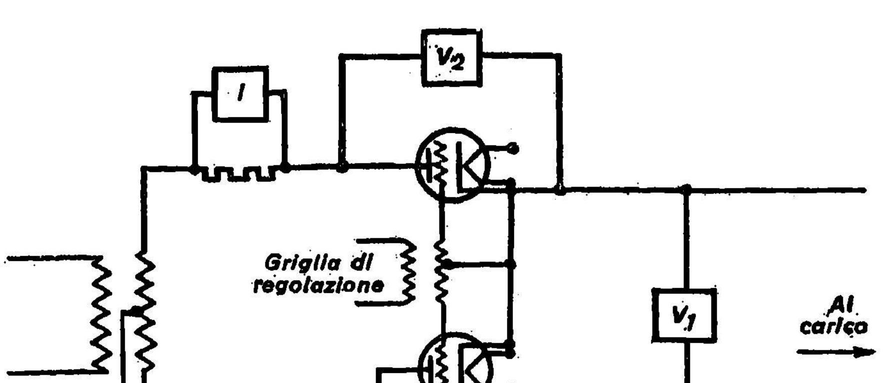



Fig. 2. - Schema di circuiti per raddrizzatori con tubi a tre elementi; $I$, $V_1$ e $V_2$ indicano la connessione di oscillografi per la determinazione delle tensioni e correnti.

invertito, il tubo agisce in sostanza come un interruttore che manda la corrente continua alternativamente in parti diverse dell'avvolgimento di un trasformatore.

Un circuito per la trasformazione della corrente continua in

alternata è rappresentato in fig. 3. Durante il funzionamento la griglia del tubo *A*, per esempio, è resa positiva in modo da permettere il passaggio di corrente mentre quella del tubo *B* è mantenuta negativa in modo che sia possibile la regolazione;

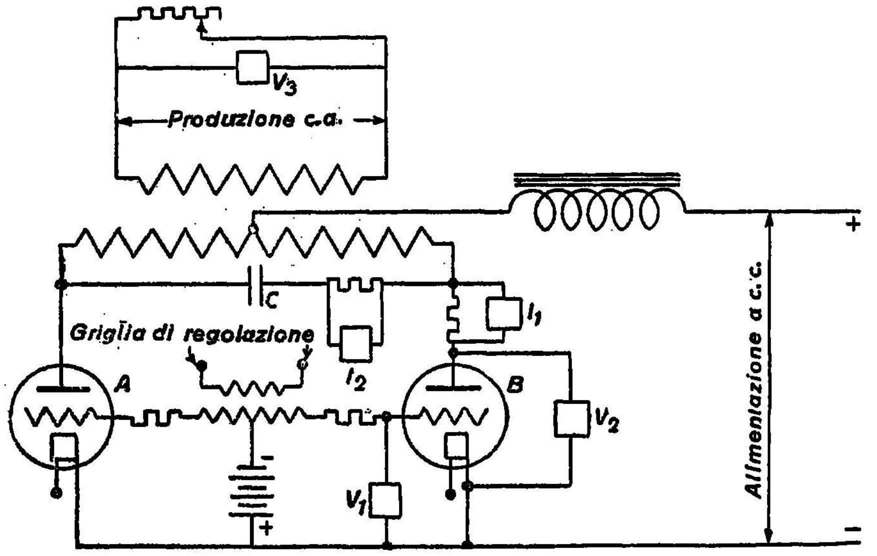



Fig. 3. - Schema dei circuiti per la trasformazione della corrente continua in alternata usando tubi a tre elementi.

allora la corrente continua di alimentazione passa attraverso l'induttanza e una metà dell'avvolgimento del trasformatore: il circuito si chiude attraverso il tubo *A*. Il condensatore *C* si carica in senso negativo al tubo *B* e positivo al tubo *A*, con un potenziale di valore circa doppio di quello della linea a c. c. Alla fine del periodo la polarità delle griglie è invertita; la corrente che prima passava nel tubo *A* è derivata al condensatore e l'anodo di tale tubo diventa negativo così che è resa possibile per esso la regolazione di griglia; intanto la corrente passa nel tubo *B* e nell'altra metà dell'avvolgimento del trasformatore.

Il condensatore si carica nuovamente ma con segno opposto, e l'andamento del fenomeno si ripete. Le curve delle tensioni nei tubi si combinano all'uscita del trasformatore in modo da produrre una tensione alternativa che può esser resa sinusoidale scegliendo opportunamente le costanti del circuito.

I vantaggi dei tubi elettronici a gas rarefatti rispetto ad altri sistemi di conversione sono numerosi. Anzitutto si tratta di dispositivi statici, che non producono nè rumori nè vibrazioni; il rendimento tanto della regolazione che della conversione di energia è alto, potendosi ritenere che il rendimento di un tubo varia dal 95 % ad oltre 99 %. La regolazione presenta un'elasticità notevole, e non richiede che un piccolo consumo di energia; infine i tubi possono funzionare sia continuamente che ad intermittenza senza il logorio presentato dagli apparecchi meccanici.

Gli ultimi tipi a riempimento di gas o vapore rappresentano un progresso notevole dei tubi elettronici, avendo permesso di aumentare fortemente la quantità di corrente trasportata e pertanto offrono possibilità considerevoli dal punto di vista industriale.

M. A.

---

## m) L'ELETTRICITÀ NELLA COLONIZZAZIONE INTERNA IN GERMANIA

*Elektrizitätswirtschaft*, gennaio 1932 I. – R. Fischer.

In questi ultimi tempi il problema della colonizzazione interna ha assunto in Germania una speciale importanza a causa della crisi industriale; ed è nel 1931 che si è realizzato il programma di istituire annualmente 10 000 nuove colonie.

Questo movimento interessa grandemente le aziende elettriche: con la progressiva spartizione dei latifondi ad esse sono venuti a mancare alcuni importanti clienti, sostituiti però in gran parte da nuovi coloni. In questi ultimi anni sono state create in Germania circa 30 000 nuove colonie, che consumano da 8 a 10 milioni di kWh all'anno. Il tipo di colonizzazione a borgate agricole è quello che si presta maggiormente alla diffusione delle applicazioni elettriche. Però anche nelle piccole aziende agricole, di tipo prevalentemente familiare, le applicazioni si diffondono: risulta dalle ricerche della Associazione agricola della Prussia orientale che nelle aziende agricole che hanno meno di 20 ettari, raramente trovasi occupata mano d'opera non familiare (parenti od estranei) e si utilizza al massimo l'opera di tutti i membri della famiglia, atti al lavoro; ha quindi speciale considerazione il problema della meccanizzazione delle varie lavorazioni agricole ed in particolar modo quella ottenuta mediante l'elettricità; questa è già necessaria per l'illuminazione, troverà quindi applicazione senz'altro anche per le macchine e gli apparecchi agricoli e domestici, che, diventando più semplici e nell'esercizio più sicuri, daranno al colono una sensazione di pace e di serenità, avendo egli a disposizione l'elettricità, che è un gradito ed efficace ausilio nei molteplici bisogni della sua vita e del suo lavoro.

Nello studio della convenienza economica dell'adozione dell'elettricità in agricoltura sono elementi essenziali i costi di impianto e d'esercizio, il cui importo capita spesso di sentire esagerare. Le spese d'impianto comprendono il contributo di allacciamento, il costo del materiale elettrico della cabina di trasformazione, della rete locale di distribuzione, dell'impianto interno e del relativo motore. Solo nel 30 % delle nuove colonie istituite in Germania è stato corrisposto il contributo di allacciamento e per lo più in via solamente parziale o integrativa, mentre nel 70 % dei casi se ne è fatto a meno essendo le colonie già precedentemente allacciate.

La spesa per l'impianto interno e per i motori permane entro limiti piuttosto ristretti a seconda della grandezza dei poderi. Compreso il contributo di allacciamento, la spesa media complessiva di elettrificazione importa circa il 6 % nei piccoli poderi e il 4,5 % nei grandi, della spesa totale di colonizzazione; escludendo il contributo, tali percentuali si riducono al 5 % e al 3,5 % rispettivamente; ricorrendo all'elettricità non si fa più uso di lampade a petrolio, che in complesso colla manutenzione costano circa L. 1600, e la maggior spesa effettiva totale per l'elettrificazione si riduce ulteriormente al 2,1 e al 3,7 % della spesa totale.

La spesa annuale per l'energia elettrica dipende dalla tariffa agricola praticata al colono; nella Prussia orientale è quasi ovunque applicata la tariffa seguente, un canone fisso annuo di L. 5,40 per ogni moggiata «elettrificata» (L. 21,60 per ettaro) (che si riduce a L. 2,16 quando si oltrepassino le 250 moggiate) e il prezzo di L. 0,45 per ogni kWh comunque consumato. Calcolando, nella grande media, un canone fisso annuo di L. 5,20 per moggiata, alla stregua del consumo medio annuo verificatosi in questi ultimi anni di 7,8 kWh per moggiata (circa 31 kWh per ettaro), si giunge ad una spesa annuale complessiva di circa L. 35 per ettaro per il consumo di energia elettrica.

Da una statistica riferentesi a 247 aziende agricole della Prussia orientale, di estensione inferiore ai 25 ettari, risulta una spesa annua media per ettaro di RM 189,50 per la coltivazione a foraggio e di RM 156,90 per quella a grano, cosicchè l'incidenza della spesa per il consumo annuo dell'energia elettrica ammonta al 3,6 o al 4,3 % rispettivamente. Fra i vantaggi dell'energia elettrica vi sono quelli dell'illuminazione: questa fa risparmiare sul premio dell'assicurazione incendio e, nella stalla, influisce assai sulla buona qualità del latte, facilitando la pulizia nella mungitura; è poi di grande ausilio in caso di malattia del bestiame; applicata infine all'allevamento dei pulcini e all'aumento della produzione delle uova dà resultati cospicui; si diffonde poi sempre più l'applicazione delle lampade a raggi ultravioletti, delle quali il contadino ha imparato ad apprezzare le radiazioni, così efficaci e salutari per il bestiame grosso e minuto.

Altri vantaggi dà l'energia elettrica impiegata come forza motrice: Si può assumere in circa L. 3500 annue il costo del mantenimento di un cavallo, che può essere facilmente e convenientemente sostituito da un motorino elettrico, adattissimo per tutti i lavori della cascina. Nella Prussia orientale, tra i poderi di circa 15 ettari, il 30 % circa possiedono due cavalli per le lavorazioni agricole, e la spesa annua che si ha per un cavallo è di circa L. 3600; poderi uguali ma elettrificati hanno una spesa media annua per energia elettrica di L. 405. Il motore elettrico, sempre pronto a tutte le ore, permette l'utilizzazione massima del tempo che il colono e i suoi familiari hanno disponibile per il lavoro e perciò fa risparmiare la mano d'opera estranea.

Oltre alle macchine elettriche per la lavorazione del latte, che hanno avuto grande diffusione sopratutto con i tipi adatti per piccole aziende, hanno preso sviluppo le applicazioni elettrotermiche: tra queste le cassette di cottura, nelle quali il cibo viene disposto al mattino e cuoce poi fino alla cottura, dopo di che la corrente automaticamente si distacca, contribuendo così grandemente ad alleviare le cure della massaia. Non vi è poi casa colonica elettrificata nella quale manchi il ferro da stiro elettrico; anche la preparazione e la cottura del mangime per le bestie si fa in caldaie elettriche.

Si cerca di mantenere questo tenore di vita raggiunto dal contadino tedesco, anzi di elevarlo ancora, perchè è indispensabile tra l'altro di evitare confronti cogli operai delle industrie.

L'elettricità rappresenta poi un effettivo bisogno per l'agricoltura e lo dimostra l'aumentato consumo di energia per ettaro.

L'A. termina raccomandando alle aziende elettriche che in collaborazione coi fabbricanti di macchine elettriche e di macchine agricole, devono ricercare la migliore e più economica utilizzazione delle preziose qualità del motore elettrico, stabilendo d'accordo la più razionale ed economica soluzione del problema della elettroagricoltura.

f. f.

n) **L'ELETTRICITÀ COME MEZZO TERAPEUTICO E PROFILATTICO NELL'INDUSTRIA**

*Electrical World*, 7 maggio 1932. – SANDORF DE HART.

L'elettricità, impiegata come mezzo terapeutico e profilattico nell'industria, diventa anche un importante fattore economico. Da quattro anni a questa parte sono state fatte ricerche sistematiche per escogitare le cause e la prevenzione dei cosidetti raffreddori, corize acute, riniti, faringiti, bronchiti, influenze e tonsilliti incipienti.

Contemporaneamente alla profilassi ed alla terapia elettrica, furono escogitati altri sistemi immunizzanti mediante trattamento col cloro degli ambienti, punture ipodermiche preventive al personale ecc.; ma questi mezzi si rivelarono assolutamente inefficaci.

Invece si rivelò molto indicato e soddisfacente il seguente metodo: allorchè al capo-reparto di un'azienda viene segnalato un operaio affetto da uno dei suddetti mali, si provvede per l'immediato invio in appositi locali, annessi allo stabilimento v. fig. 1, corredati di una lampada per raggi infrarossi, di un nebulizzatore e di una lampada di quarzo per la somministrazione dei raggi ultravioletti.

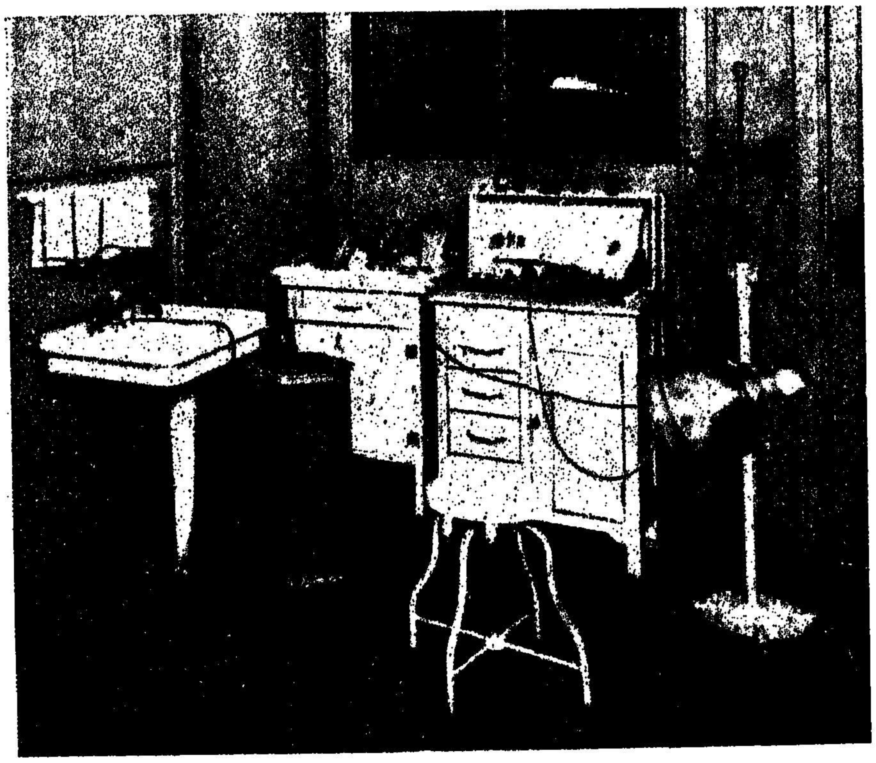


Fig. 1. - Lampade per raggi ultrarossi ed ultravioletti, apparecchio ad alta frequenza e nebulizzatore nel reparto clinico di un'azienda industriale.

L'impiego dei raggi calorifici (purchè prodotti elettricamente mediante lampade tecnicamente perfette) ha dato risultati insperati e di grande soddisfazione: il raffreddore è vinto in circa venti minuti.

Così pure dalla installazione delle lampade per i raggi ultravioletti, accoppiate ai comuni sistemi di illuminazione, ne è derivata una apprezzabile diminuzione nel numero delle assenze dovute amalattia. La luce integrale risultante, oltre alle indiscutibili proprietà salutari, riesce assai gradita alla vista poichè presenta tutti i caratteri ottici della luce solare.

L'efficacia dei raggi ultravioletti nella prevenzione dei raffreddori è stata documentata da lavori sperimentali redatti all'Università di Cornell, per un periodo di circa tre anni. I soggetti che si prestavano per la documentazione clinica e per la casistica erano gli stessi studenti, i quali furono divisi in gruppi; il 25 per cento di ciascun gruppo si sottopose alla profilassi ultravioletta e come risultato si ebbe la riduzione del 42,5 per cento dei casi di raffreddore negli individui sottoposti alla cura preventiva colle radiazioni ultraviolette.

Volendo fare un confronto si può stabilire che la quantità di radiazioni somministrate una volta la settimana e in dosi progressive per un periodo di 16 settimane, è equivalente alla quantità di radiazioni ultraviolette che una persona riceve durante la stagione estiva.

Le spese di impianto per tali sussidii profilattico-terapeutici sono in breve tempo ammortizzate dalle notevoli economie tosto realizzate in conseguenza della diminuita percentuale dei casi di malattia.

In conclusione è doverosa la divulgazione di questi impianti sussidiari che mirano al duplice scopo della salute e dell'economia di una nazione.

P. P.

# Pubblicazioni

*DI TUTTE LE PUBBLICAZIONI INVIATE ALLA RIVISTA IN DOPPIO ESEMPLARE VERRÀ FATTO UN CENNO BIBLIOGRAFICO.*

A. CHURCHOD: *Memento d'électrotechnique*. - Tome I. - *Electricité et magnétisme*. Dunod, Paris, 1932.

Di manuali riguardanti l'elettricità ve ne sono per tutti i gusti e di tutte le moli, ma bisogna riconoscere che quelli veramente buoni e completi sono piuttosto scarsi, così che l'elettrotecnico in pratica deve sempre ricorrere a due o tre manuali di consultazione. Questo spiega perchè siano ancora tanto numerosi gli autori che, nella speranza di dare un'opera completa, si cimentano nel difficile compito.

Non è facile dire oggi se l'A. del *Memento d'électrotechnique* abbia pienamente raggiunto lo scopo, in primo luogo perchè non è uscito finora che il primo volume e in secondo luogo perchè le opere di consultazione rivelano i loro pregi e difetti solo all'uso. Da un esame anche superficiale di questo volume si vede però che l'A. e i suoi numerosi collaboratori hanno affrontato il loro compito con grande serietà di intenti e con ottima preparazione scientifica e tecnica.

Il numero degli argomenti e l'ampiezza della loro trattazione è veramente notevole, come lo dimostra la mole del volume che pur si limita all'elettrotecnica generale e magnetismo. Nella trattazione sono comprese anche le più moderne teorie e ricerche, come la teoria dei quanti, la teoria del quadripolo ecc. e non mancano naturalmente i richiami al calcolo delle sequenze. In sostanza il manuale oltrepassa i limiti di un'opera semplicemente pratica per assumere l'importanza di un lavoro utile anche agli studiosi.

La bibliografia per ogni argomento è prevalentemente limitata alle opere francesi ed inglesi, trascurando quasi affatto la letteratura delle altre nazioni. Volendo poi essere rigorosi, si può anche lamentare la mancanza di un indice per materie, senza il quale le opere di questo genere riescono di consultazione meno agevole; può però darsi che a una tale mancanza venga rimediato nell'ultimo volume del testo.

Malgrado queste piccole mende, l'opera ci sembra veramente buona e destinata ad una larga diffusione.

# Libri ricevuti

ING. H. LOHR: *Propaganda*.

È il testo di una conferenza relativa alla propaganda per le applicazioni elettrodomestiche, tenuta il 18 maggio c. a. ad Arnhem (Olanda) dall'Ing. Lohr, Direttore del Servizio di Elettricità dela Provincia di Gueldre, in occasione di una assemblea del Vereeniging van Directeuren van Electriciteitbedrijven in Nederland.

# Notiziario

## a) LA CENTRALE ELETTRICA DEL TARTANO DEDICATA ALLA MEMORIA DELL'ING. PAGANI

Nel mese scorso è stata scoperta una lapide colla quale la Società Idroelettrica Comacina ha voluto ricordare i caduti nei lavori di costruzione dell'impianto del Tartano. Oltre i dieci operai ha perduto la Sua vita anche l'Ing. Giuseppe Pagani, Vice-presidente della Società: alla Sua memoria sarà dedicata la Centrale. La lapide, dettata dal Prof. C. Rota, ricorda i caduti così:

*Nell'aspro cimento - per convertire le potenze di natura - in industre disciplina di lavoro - caddero - Brisa Enrico - Bonzi Annibale - Calcaterra Emilio - Franzoni Giovanni - Morettini Stefano - Tamelli Daniele - Bertolini Felice - e nella dolorosa giornata del* 4 *settembre* 1929 - *scortando al compimento con ultimo slancio - l'opera fervida di lungo studio e fede - l'Ing. Cav. Giuseppe Pagani V. Presidente - e con Lui - congiunti nel dovere - Beccalossi Domenico - Cornelli Ambrogio montatori della Tubi Togni di Brescia - Spini Giusto operaio della S. I. Comacina.* - La Società Idroelettrica Comacina - *perennemente ricorda - memore che nei trionfi dell'ingegno e del lavoro - gloria e lutto solcano sovente insieme - le vie operose della Patria.*

## b) L'OTTAVO CORSO DI FOTOGRAMMETRIA AEREA

Dato il sempre crescente sviluppo che il sistema di rilevamento fotogrammetrico, specialmente connesso con l'areonautica, va prendendo ovunque, riteniamo conveniente per i nostri lettori di riassumere il programma dell'8° corso di Fotogrammetria aerea, che verrà tenuto presso l'Istituto Matematico dell'Università di Jena fra il 26 settembre e l'8 ottobre p. v., col concorso dei Professori von Gruber e Hugershoff e dell'Ing. Tappen. Nella prima settimana saranno tenute conferenze, mentre la seconda settimana è dedicata allo svolgimento di esercitazioni pratiche. L'ordine è precisamente il seguente:

*Conferenze :*

1° Apparecchi di presa (camere, obiettivi, otturatori).

2° Films lastre e loro trattamenti.

3° Procedimenti per la presa delle fotografie, e navigazione aerea.

4° Apparecchi di restituzione (di raddrizzamento e stereoscopici).

5° Metodi esecutivi (preliminari, a lastra semplice, e stereoscopici).

6° Applicazioni della fotogrammetria aerea.

*Esercitazioni pratiche :*

Verranno adoperati tutti gli apparecchi di presa e restituzione come fototeodoliti, camere aeree a mano, camere semplici doppie e quadruple di presa in serie, stereoscopi, stereocomparatori, triangolatori radiali, apparecchi di raddrizzamento, stereoplanigrafi, aereocartografi.

Il corso in lingua francese sarà seguito da corsi in lingua inglese e tedesca che verranno tenuti, rispettivamente, nell'ottobre c. a. e nel marzo 1933. Le iscrizioni, da indirizzarsi alla Società Zeiss Aerotopograph, Boite postale 117, Jena, si chiudono il 1° settembre 1932; esse possono essere effettuate sia per le conferenze sia per le esercitazioni come per l'intero corso.

## PROPAGANDA PER LE APPLICAZIONI ELETTRODOMESTICHE IN FRANCIA

Perdurando la crisi, alcuni industriali elettrici francesi hanno rivolto la loro attenzione alle applicazioni domestiche dell'elettricità, sperando di trovarvi nuovi consumi che, almeno in parte, potessero rimpiazzare quelli venuti meno: questo riferisce sul *BIP* del maggio scorso il direttore della « Société pour le développement des applications de l'électricité » (AP-EL), organo che appartiene a 130 aziende elettriche francesi.

Alcune di queste hanno presa l'iniziativa di fare periodicamente delle campagne di propaganda per far risaltare i meriti di una determinata applicazione. La prima di simili campagne ha avuto per oggetto il *bollitore elettrico*, che è un piccolo e comodo apparecchio, di costo modesto, inseribile su una qualsiasi presa di corrente, effettivamente utilissimo per la toeletta, per fare il caffè o il tè, per usi igienici, ecc. Tale campagna si è svolta dal 7 maggio al 10 giugno ed ha utilizzato contemporaneamente la pubblicità dei grandi quotidiani, quella dei giornali locali, delle riviste specializzate, dei cinema e della radio. Ognuna delle aziende partecipanti ha curata per la sua zona, la propaganda con affissioni, esposizioni nelle vetrine dei negozi, opuscoli e francobolli di propaganda appositamente editi per l'occasione dalla AP-EL. Gli istallatori della regione sono stati sollecitati affinchè, dal canto loro, coadiuvassero alla campagna della quale, in definitiva, sarebbero stati i beneficiari insieme ai costruttori di apparecchi, ai distributori di energia e allo stesso pubblico.

MILANO
Luglio 1932 - Anno X

Fascicolo VII
Volume IX

# L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTICHE (FENAGRIEL)
*Direttore :* SENATORE O. M. CORBINO

Le opinioni espresse dagli autori e dai redattori non impegnano nè la Direzione, nè le Associazioni di cui la Rivista è l'organo

ING. MARIO MORTARA
DIRETTORE DELLE COSTRUZIONI IDRAULICHE DELLA SOC. MERIDIONALE DI ELETTRICITÀ

# Gli impianti idroelettrici della Sila

## CAPITOLO I
## NOTIZIE GENERALI

*a*) PRIMI STUDI E CONCESSIONE.

I primi studi relativi allo sfruttamento dei bacini Silani, per la produzione di energia elettrica, risalgono al 1906 e sono dovuti all'ing. Angelo Omodeo. Il 6 agosto dello stesso anno fu presentata la domanda di concessione per la derivazione del Neto e suoi principali affluenti, secondo un progetto di massima, che costituiva il riassunto ed il coordinamento di una serie di schemi parziali proposti in varie riprese.

Il progetto prevedeva l'esecuzione di un insieme di opere imponenti in una plaga lontana da ogni centro di attività industriale e pertanto in condizioni particolarmente difficili; d'altra parte l'iniziativa apparve degna di incoraggiamento per l'evidente beneficio che la realizzazione di essa avrebbe apportato alle regioni interessate, sicchè il Governo dell'epoca fu indotto ad istituire una procedura eccezionale per favorire la costruzione degli impianti Silani, che infatti, insieme con quelli del Tirso in Sardegna, formarono oggetto della legge speciale 11 luglio 1913, n.° 985, contenente notevoli facilitazioni fiscali.

Altri progetti furono presentati, in concorrenza con quello Omodeo, in seguito alla promulgazione della legge suddetta, ma la concessione venne infine accordata alla Società per le Forze Idrauliche della Sila (costituita nel novembre 1908 per iniziativa del compianto Comm. Maurizio Capuano), titolare del progetto Omodeo, che era stato nel frattempo meglio svolto ed elaborato in una redazione definitiva nel 1911.

Lo schema generale dell'utilizzazione risulta dalle figure 1 e 2, che indicano pure le caratteristiche dei singoli impianti. La potenza complessiva producibile era valutata a 168.267 HP teorici, prendendo come base il dato idrologico fondamentale di una precipitazione media annua negli alti bacini Silani di 2500 mm ed un deflusso chilometrico corrispondente di circa 40 litri al secondo.

Il decreto di concessione porta la data del 31 dicembre 1916 e la descrizione sommaria degli impianti contenuta nel disciplinare relativo è la seguente:

« Costruzione di un *serbatoio sul fiume Arvo*, della capacità di « mc 157 milioni, mediante diga di sbarramento in muratura « alla stretta di Nocelle alla quota in base di 1250, con altezza « di ritenuta massima di m 38,00 ed ordinaria di m 37,00. Deri« vazione della portata regolata dell'Arvo (mc/sec 3,250) me« diante galleria di m 5 340 di lunghezza, avente lo sbocco « nella valle dell'Ampollino.

« Costruzione di un *serbatoio sul fiume Ampollino*, della ca« pacità di mc 61 milioni, mediante diga di sbarramento in « muratura alla stretta di Trepidò alla quota in base di 1242, « con altezza di ritenuta massima di m 29,00 ed ordinaria di « m 28,00.

« *Derivazione della portata regolata* dell'Ampollino (mc/sec 3,250) « e di quella dell'Arvo (mc/sec3,250), che in totale sommano a « mc/sec **6,500**, in riva destra dell'Ampollino, mediante un canale « in galleria forzata lungo m 4395 e *utilizzazione, in una prima « centrale* situata alla confluenza Ampollino-Barone, di un salto « medio (tenuto conto del livello medio nel serbatoio e delle « perdite di carico nelle gallerie forzate) di m 573,00, realiz« zando così una potenza di *HP teorici* **49 660**.

« Costruzione di un *serbatoio sul fiume Neto* della capacità « di circa mc 17 milioni, mediante diga di sbarramento in mura« tura alla stretta di S. Giovanni in Fiore, poco a valle della « confluenza Neto-Arvo, alla quota 792, con altezza di ritenuta « massima di m 60,00 ed ordinaria di m 58,00.

« *Derivazione delle acque del Neto*, e di quelle colaticce del« l'Arvo, a valle dello sbarramento di Nocelle, della portata com« plessiva di mc/sec **8,500** in parte regolata col serbatoio sul Neto, « mediante un canale in galleria lungo m 6 945 e *utilizzazione, « nella prima centrale suddetta*, di un salto medio di m 155,00, « realizzando una potenza di **17 566,66** *HP teorici*.

« *Derivazione in riva destra dell'Ampollino* dei deflussi utiliz« zati nella prima centrale (in totale mc/sec **15**), mediante un ca« nale parte all'aperto e parte in galleria di m 3565 di lunghezza « ed *utilizzazione, in una seconda centrale* ubicata alla confluenza

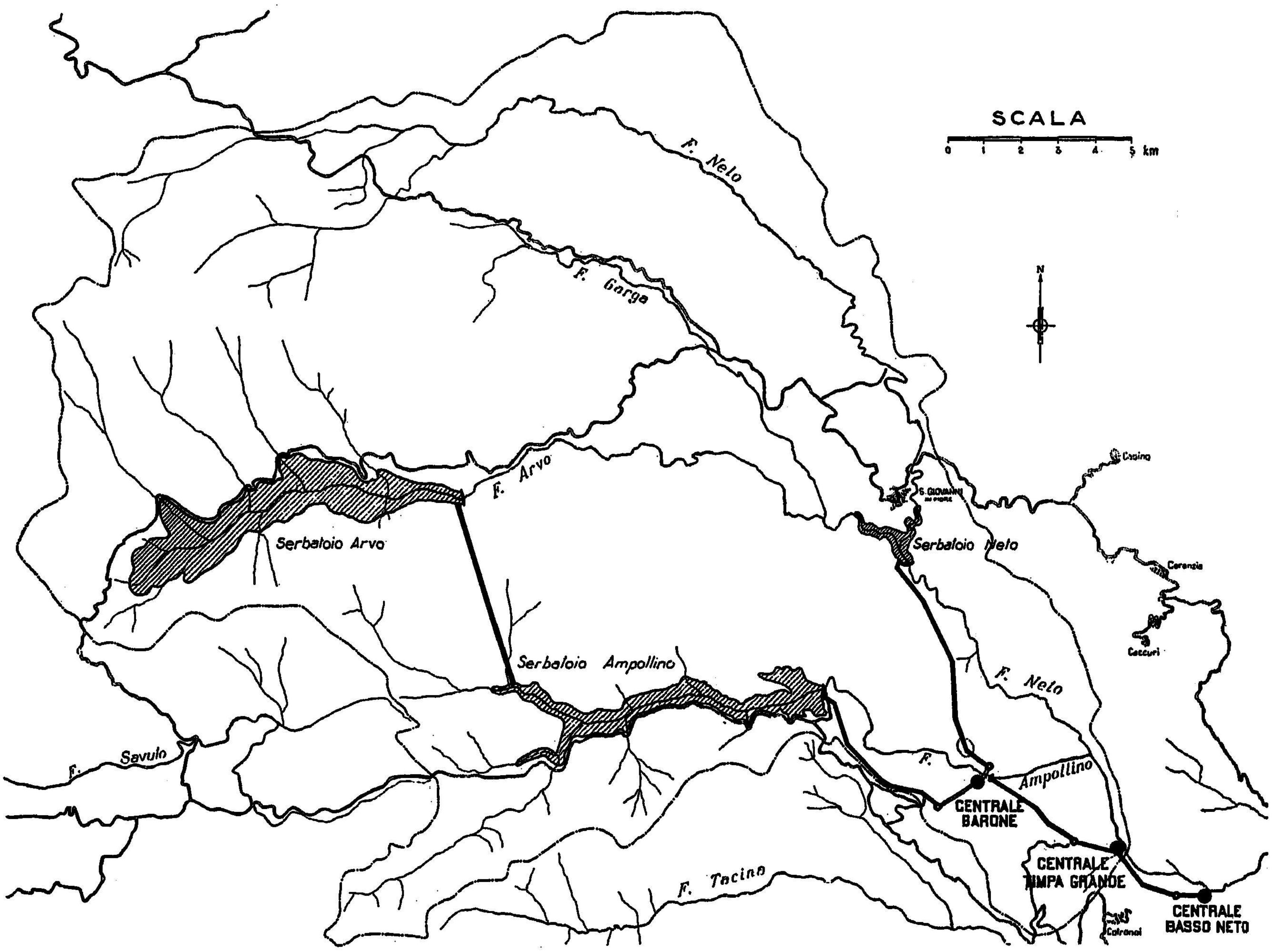



Fig. 1. - Corografia degli impianti secondo la concessione 31-XII-'16.

« Timpa Grande-Neto, di un salto medio di m. 404,80 realiz-
« zando in tal modo **80 960** *HP teorici.*

« *Derivazione in riva destra del Neto,* dalla seconda Centrale, « dei deflussi in essa utilizzati (mc/sec **15**) mediante un canale in « galleria lungo m 1981 ed *utilizzazione, in una terza centrale,* « ubicata all'inizio del corso pianeggiante del Neto, di un « salto medio di m 100,40 realizzando ancora **20 080** *HP teorici.*

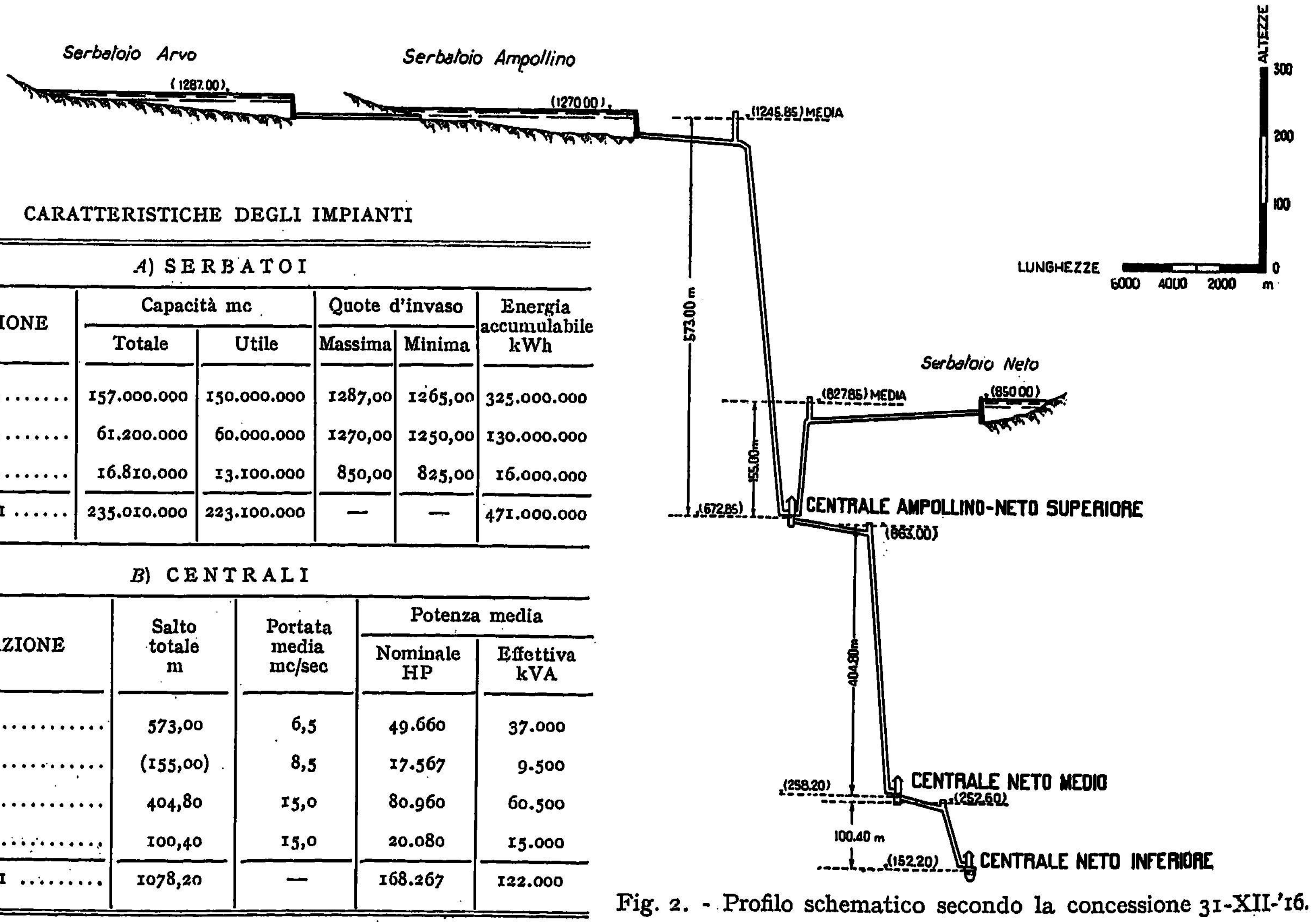



Fig. 2. - Profilo schematico secondo la concessione 31-XII-'16.

CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI

*A*) SERBATOI

| DENOMINAZIONE | Capacità mc | | Quote d'invaso | | Energia accumulabile kWh |
|---|---|---|---|---|---|
| | Totale | Utile | Massima | Minima | |
| Arvo | 157.000.000 | 150.000.000 | 1287,00 | 1265,00 | 325.000.000 |
| Ampollino | 61.200.000 | 60.000.000 | 1270,00 | 1250,00 | 130.000.000 |
| Neto | 16.810.000 | 13.100.000 | 850,00 | 825,00 | 16.000.000 |
| TOTALI | 235.010.000 | 223.100.000 | — | — | 471.000.000 |

*B*) CENTRALI

| DENOMINAZIONE | Salto totale m | Portata media mc/sec | Potenza media | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Nominale HP | Effettiva kVA |
| Ampollino-Arvo | 573,00 | 6,5 | 49.660 | 37.000 |
| Neto Superiore | (155,00) | 8,5 | 17.567 | 9.500 |
| Neto Medio | 404,80 | 15,0 | 80.960 | 60.500 |
| Neto Inferiore | 100,40 | 15,0 | 20.080 | 15.000 |
| TOTALI | 1078,20 | — | 168.267 | 122.000 |

« Dopo quest'ultima derivazione, le acque verranno restituite « nell'alveo del Neto alla quota 148 circa ».

*b*) CONSISTENZA EFFETTIVA DEGLI IMPIANTI.

Ottenuta la concessione furono intrapresi nuovi rilievi e studi dettagliati per la compilazione dei progetti esecutivi e, nel corso di questi, fu ravvisata l'opportunità di talune notevoli varianti.

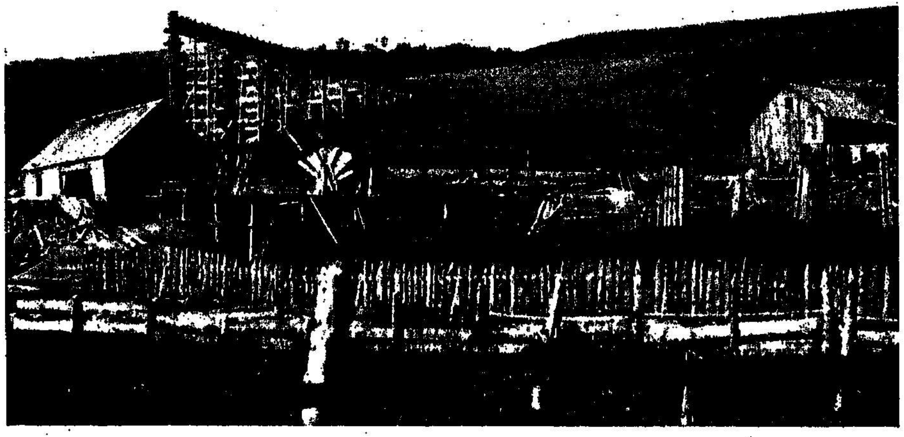


Fig. 3. - Segheria nella valle dell'Arvo.

Anzitutto, si stabilì di spostare alquanto a monte la prima centrale, innalzandone il livello di restituzione alla quota 800 circa ed eliminando così l'utilizzazione del Neto che veniva sfruttato su un salto di soli 155 m. Di altrettanto risultava aumentato il salto della seconda Centrale (Timpa Grande), con evidente economia di macchinario e semplificazione dell'esercizio. Inoltre, allo scopo di ottenere l'indipendenza delle due centrali, si aggiunse, a valle della prima, un bacino di compenso della capacità utile di circa 200 000 mc.

Fu altresì modificato radicalmente il progetto del serbatoio sul F. Arvo, per il quale era prevista una capacità di 157 milioni di mc, capacità che le indagini idrologiche iniziate fino dal 1908 e riprese nel 1921, dopo un lungo periodo d'interruzione, dimostrarono essere eccessiva. Le condizioni reali di piovosità e di deflusso unitario si scostavano infatti considerevolmente dalle ipotesi assunte, talchè il deflusso medio annuo complessivo dell'Arvo e Ampollino, anzichè di 200 milioni di mc, risultava di circa 130 e, rispetto ad esso, la capacità globale di 238 milioni di mc assegnata ai due serbatoi appariva fuori luogo, anche per una regolazione pluriennale delle portate. Si aggiunga, che un esame più accurato della stretta, nella quale avrebbe dovuto impostarsi la diga dell'Arvo, mise in evidenza che le caratteristiche della roccia di fondazione erano tali da rendere sconsigliabile, od estremamente costoso, uno sbarramento in muratura, mentre alquanto più a monte si presentavano circostanze particolarmente propizie per la costruzione di una diga in terra. Le limitazioni di altezza imposte per tale tipo di diga, dalle Norme Italiane, rendevano inevitabile la riduzione di capacità del serbatoio, già riconosciuta opportuna dal punto di vista idrologico, ed in conseguenza, con il conforme parere del Consiglio Superiore dei LL. PP., si stabilì di formare lo sbarramento mediante una diga in terra alla quota di base 1257, con ritenuta massima di m 21,50, realizzando una capacità totale di mc 83 000 000 e utile di mc 67 125 000.

Un'ultima variante degna di rilievo si apportò, infine, al terzo impianto, spostando il canale derivatore in sinistra del Neto

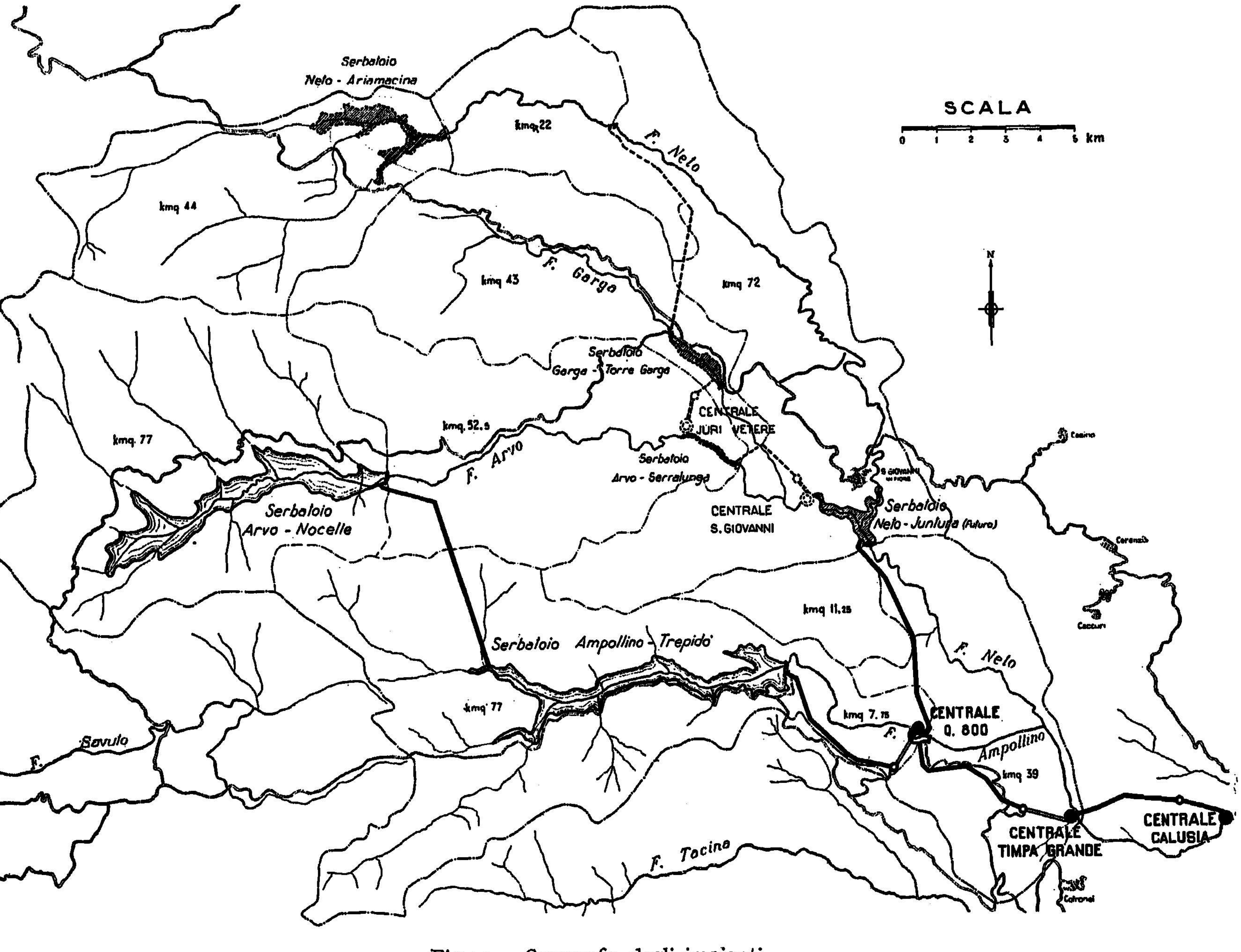



Fig. 4. - Corografia degli impianti.

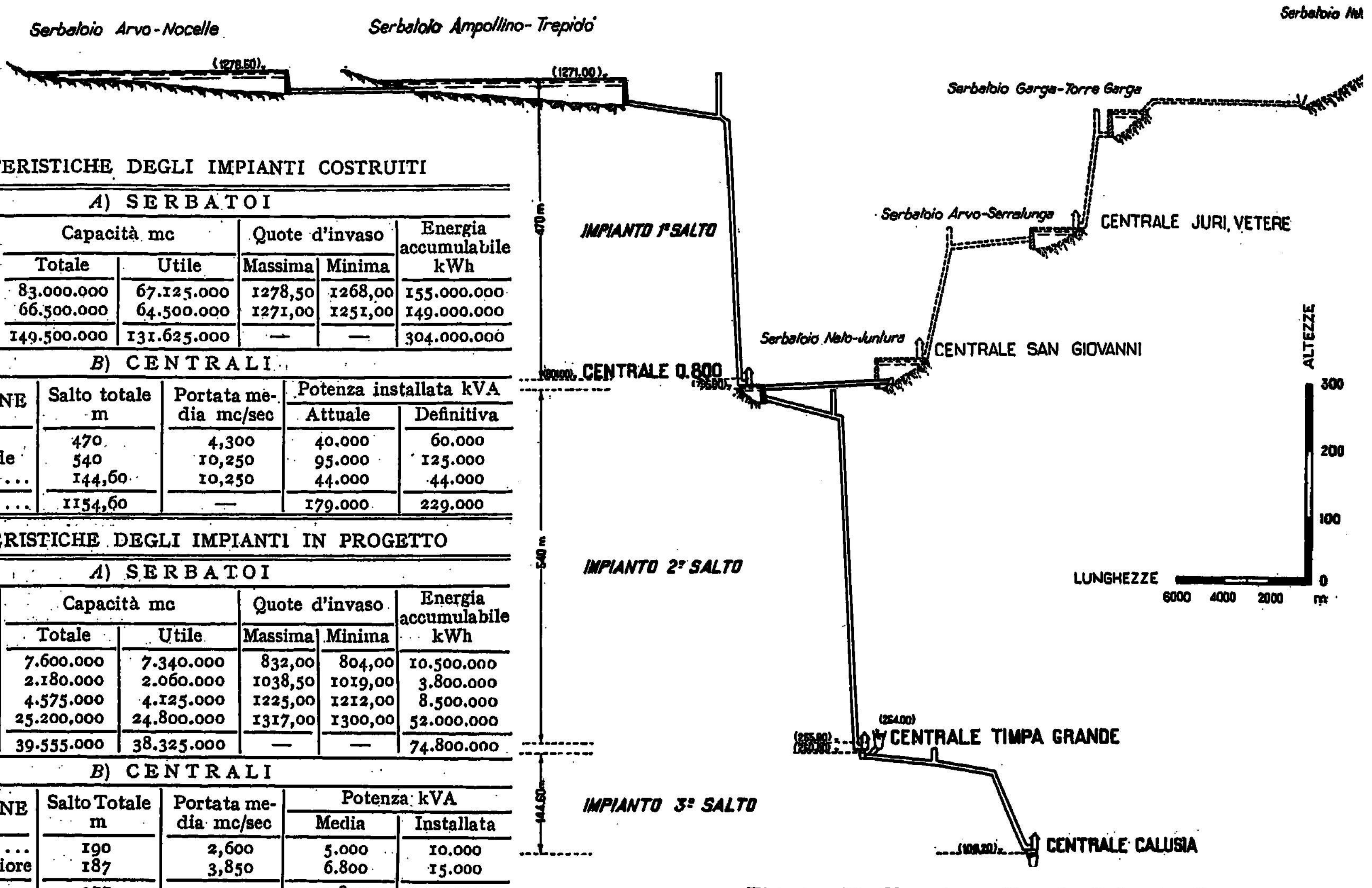


Fig. 5. - Profilo schematico degli impianti.

CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI COSTRUITI

*A*) SERBATOI

| DENOMINAZIONE | Capacità mc | | Quote d'invaso | | Energia accumulabile kWh |
|---|---|---|---|---|---|
| | Totale | Utile | Massima | Minima | |
| Arvo-Nocelle ... | 83.000.000 | 67.125.000 | 1278,50 | 1268,00 | 155.000.000 |
| Ampoll.-Trepidò | 66.500.000 | 64.500.000 | 1271,00 | 1251,00 | 149.000.000 |
| TOTALI..... | 149.500.000 | 131.625.000 | — | — | 304.000.000 |

*B*) CENTRALI

| DENOMINAZIONE | Salto totale m | Portata media mc/sec | Potenza installata kVA | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Attuale | Definitiva |
| 1° Salto - Q. 800 | 470 | 4,300 | 40.000 | 60.000 |
| 2° Salto - T. Grande | 540 | 10,250 | 95.000 | 125.000 |
| 3° Salto - Calusia .... | 144,60 | 10,250 | 44.000 | 44.000 |
| TOTALI...... | 1154,60 | — | 179.000 | 229.000 |

CARATTERISTICHE DEGLI IMPIANTI IN PROGETTO

*A*) SERBATOI

| DENOMINAZIONE | Capacità mc | | Quote d'invaso | | Energia accumulabile kWh |
|---|---|---|---|---|---|
| | Totale | Utile | Massima | Minima | |
| Neto-Juntura .. | 7.600.000 | 7.340.000 | 832,00 | 804,00 | 10.500.000 |
| Arvo-Serralunga | 2.180.000 | 2.060.000 | 1038,50 | 1019,00 | 3.800.000 |
| GargaTorreGarga | 4.575.000 | 4.125.000 | 1225,00 | 1212,00 | 8.500.000 |
| Neto-Ariamacina | 25.200.000 | 24.800.000 | 1317,00 | 1300,00 | 52.000.000 |
| TOTALI..... | 39.555.000 | 38.325.000 | — | — | 74.800.000 |

*B*) CENTRALI

| DENOMINAZIONE | Salto Totale m | Portata media mc/sec | Potenza kVA | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Media | Installata |
| Juri Vetere......... | 190 | 2,600 | 5.000 | 10.000 |
| San Giovanni in Fiore | 187 | 3,850 | 6.800 | 15.000 |
| TOTALI....... | 377 | — | 11.800 | 25.000 |

e portando notevolmente più a valle la Centrale, in modo da abbassare il livello di restituzione alla quota 106, con un aumento di salto di circa 45 m.

I dati fondamentali degli impianti costruiti risultano dagli schemi generali delle figg. 4 e 5 e possono così riassumersi:

a) *Serbatoio sul F. Arvo*: sbarramento in località Nocelle Soprana, capacità totale mc 83 000 000, utile mc 67 125 000 fra le quote 1278,50 e 1268; collegamento mediante galleria forzata col serbatoio Ampollino.

b) *Serbatoio sul F. Ampollino:* sbarramento in località Trepidò, capacità totale mc 66 500 000, utile mc 64 500 000 fra le quote 1271 e 1251.

c) *Impianto 1° salto:* derivazione dal serbatoio Ampollino mediante galleria forzata; salto totale massimo m 470; portata media complessiva, regolata dai due serbatoi, 4300 litri al secondo; potenza media teorica **27 000** *HP*. Restituzione delle acque in un bacino di compenso della capacità utile di mc 200 000, con invaso massimo alla q. 795,90.

d) *Derivazione dal F. Neto a q.* 804 (con un'opera di presa provvisoria, essendo per ora rinviata la costruzione del serbatoio): adduzione delle acque, mediante galleria a pelo libero, nel bacino di compenso sopra detto.

e) *Impianto 2° salto:* derivazione dal bacino di compenso sopra detto mediante galleria forzata; salto totale massimo m 540; portata media 10 250 litri al secondo; potenza media teorica **74 000** *HP*.

f) *Impianto 3° salto:* derivazione in galleria forzata dal canale di scarico dell'impianto precedente, con presa sussidiaria e di riserva dal Neto a q. 254. Salto totale m 144,60; portata media 10 250 litri al secondo; potenza media teorica **19 750** *HP*.

Complessivamente la potenza media nominale ora prevista è di 120 750 HP in confronto dei 168.267 della concessione; questa differenza in meno, malgrado il maggior salto complessivo, deriva dallo scarto notevole fra le probabili portate medie effettive, determinate in base alle osservazioni idrometriche, e quelle supposte nel progetto originale e nel disciplinare di concessione. La potenza installata attuale è di 179.000 kVA e la produzione di energia che può ricavarsi con l'utilizzazione completa delle portate medie derivabili, si valuta a 500-600 milioni di kWh, dei quali oltre 300 milioni possono essere immagazzinati nei serbatoi Arvo-Ampollino.

Nelle figg. 4 e 5 è segnato con tratto punteggiato anche lo schema degli ulteriori impianti, tuttora in progetto, destinati a completare lo sfruttamento del bacino superiore del Neto. Come risulta dalle tabelle relative, si aggiungeranno quattro serbatoi per una capacità utile complessiva di mc 38.325 000 e si costruiranno due centrali con potenza installata di kVA 25.000. La regolazione del bacino superiore del Neto consentirà un più completo sfruttamento dei deflussi anche nelle centrali esistenti, sicchè si considera che l'attuazione dei nuovi impianti darà un incremento complessivo della produzione di energia di 100 milioni di kWh, dei quali circa 75 potranno essere immagazzinati nei serbatoi.

*c*) CENNO SULLA COSTITUZIONE GEOLOGICA DELLA SILA.

Il gruppo montuoso della Sila, che sorge nella zona di confine fra le province di Cosenza e di Catanzaro, è il più importante dell'Appennino Calabro. Esso forma un vasto altipiano, a quota 1300 circa, solcato da vari corsi d'acqua a deflusso perenne (benchè assai irregolare), sul quale si elevano cime che raggiungono l'altitudine di 1800-1900 m.

La parte centrale e più elevata del massiccio Silano è costituita da rocce eruttive del periodo arcaico e precisamente scisti cristallini e graniti.

Queste rocce, essenzialmente impermeabili, sono state estremamente tormentate nei grandi movimenti tettonici e presentano perciò una infinità di fratture, alcune delle quali sono state successivamente riempite da posteriori intrusioni di materiali differenti e talvolta di struttura assai grossolana (pegmatiti). Attraverso le fratture e lungo le superfici di contatto fra materiali differenti, l'acqua riesce a penetrare nel nucleo roccioso fino a grandi profondità; ed in effetto, nella costruzione di tutte

le gallerie di derivazione si sono incontrate vene d'acqua più o meno importanti. Questo fenomeno si è manifestato in modo particolarmente intenso, e in misura superiore ad ogni previsione, nella galleria di collegamento fra i serbatoi Arvo e Ampollino, che attraversa la base del Montenero su una lunghezza di quasi 5 km, dove si raccoglievano, a perforazione completa, circa 900 litri al secondo di infiltrazioni.

Le acque che vengono assorbite lungo le più alte dorsali sono poi in gran parte restituite attraverso una serie di piccole sorgive, distribuite al piede delle falde, dove queste si raccordano col fondo valle, che in tutto l'altipiano si presenta in forma di ampie conche pianeggianti (figg. 6 e 7).

In queste zone più basse le rocce sono

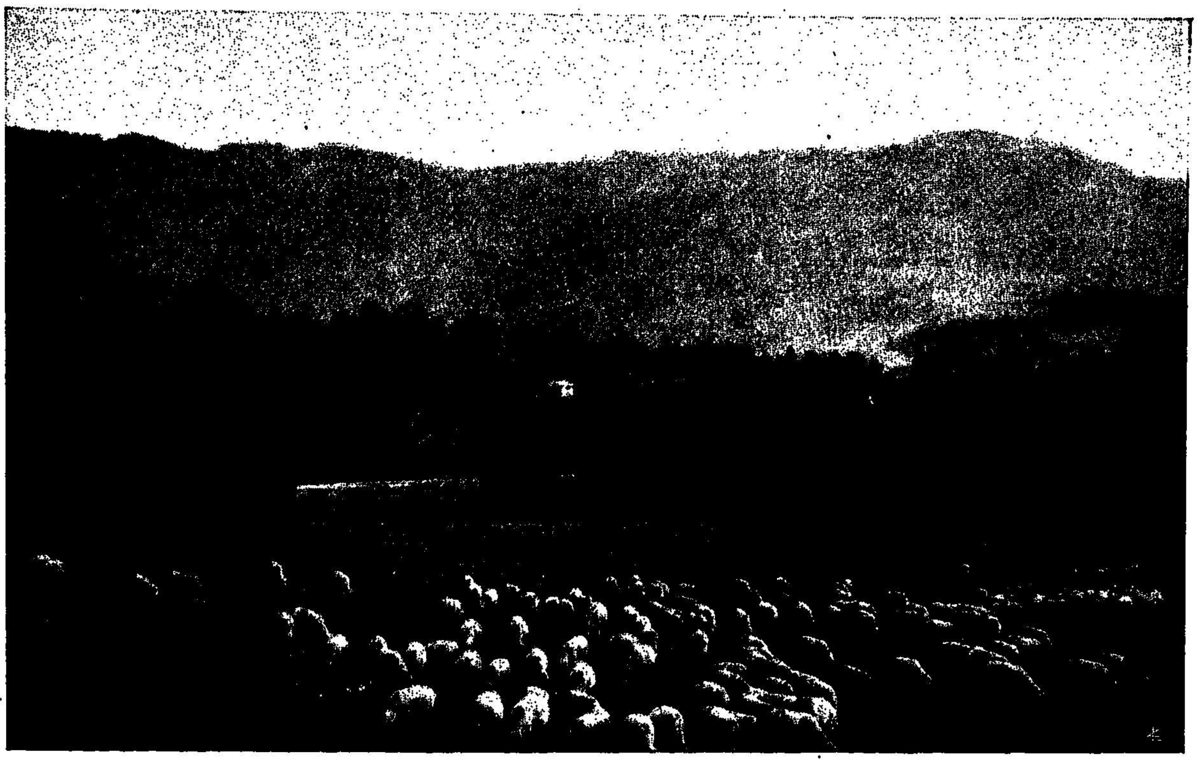


Fig. 7. - Alta valle dell'Ampollino.

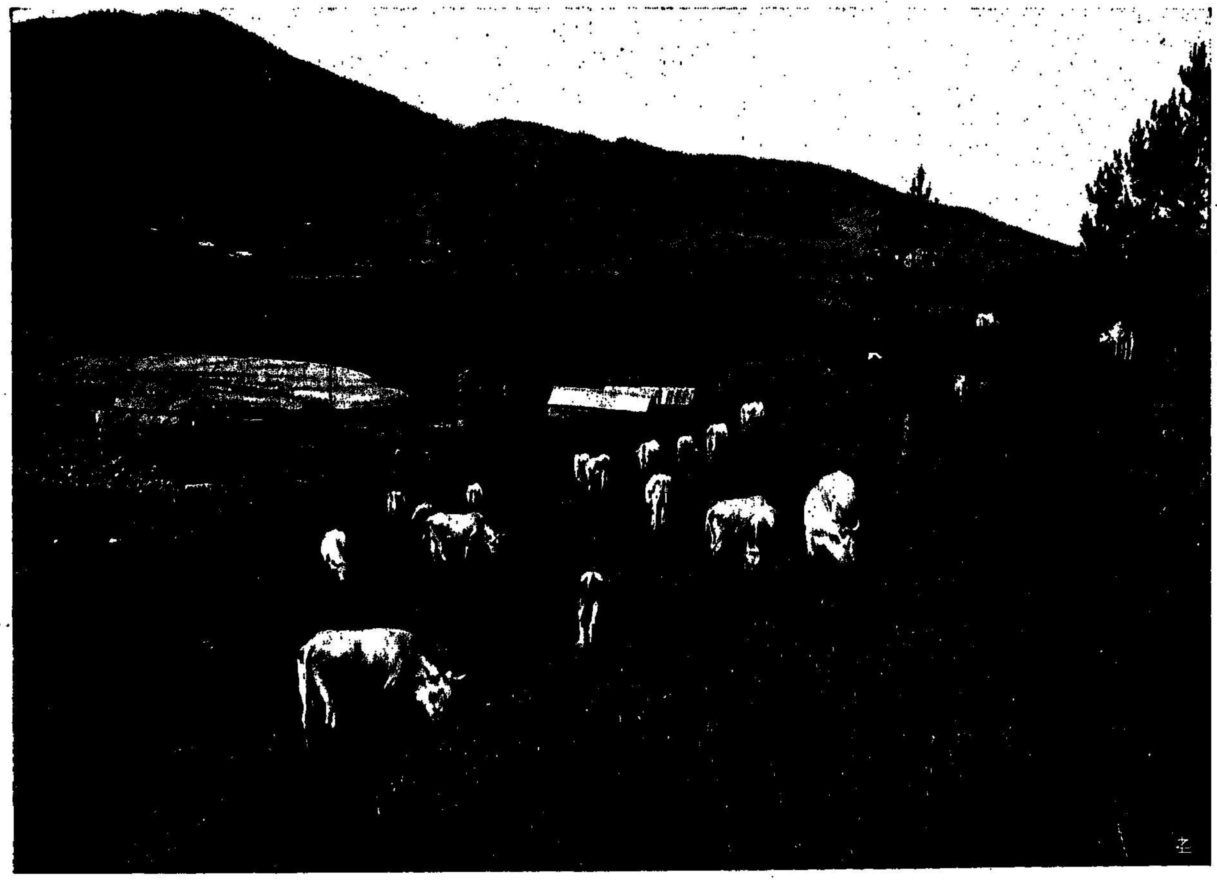


Fig. 6. - Alta valle dell'Arvo.

quasi dovunque profondamente alterate dal fenomeno della *caolinizzazione*, ossia da una decomposizione dei graniti che li trasforma in una massa argillo-sabbiosa, con percentuale variabile dei due elementi (argilla e sabbia) in dipendenza delle caratteristiche originali del materiale. Nelle rocce caolinizzate, che hanno una consistenza pastosa, le fratture sono in generale del tutto saldate e in una sezione del terreno appaiono soltanto come peli di distacco. Altre zone del fondo valle sono ricoperte da materiale di trasporto che, provenendo da graniti metamorfosati, risulta anch'esso formato da masse argillo-sabbiose; sicchè tutta la parte valliva dell'altipiano risulta coperta da un manto impermeabile, che conferisce ad essa caratteristiche molto favorevoli per la formazione di serbatoi.

Le grandi conche pianeggianti si trovano tutte fra le quote 1100 e 1300; il terreno scende poi bruscamente, tanto nel versante jonico che in quello tirrenico; le valli divengono anguste e scoscese (fig. 8) e le pendici si presentano a tratti sconvolte da vaste frane. Discendendo verso l'Jonio, a quota 200 circa, s'incontrano, immediatamente sovrapposte al granito, formazioni sedimentarie di epoca assai posteriore, costituite da arenarie gialle friabili e argille azzurre.

La costituzione geologica, che si è sommariamente descritta, dà ragione del regime idrografico degli alti bacini Silani, alla conoscenza del quale furono dedicate lunghe ed accurate indagini.

d) Caratteri idrologici dei bacini Silani.

Per la determinazione delle caratteristiche di piovosità e di deflusso dei bacini Silani, fu rilevata una prima

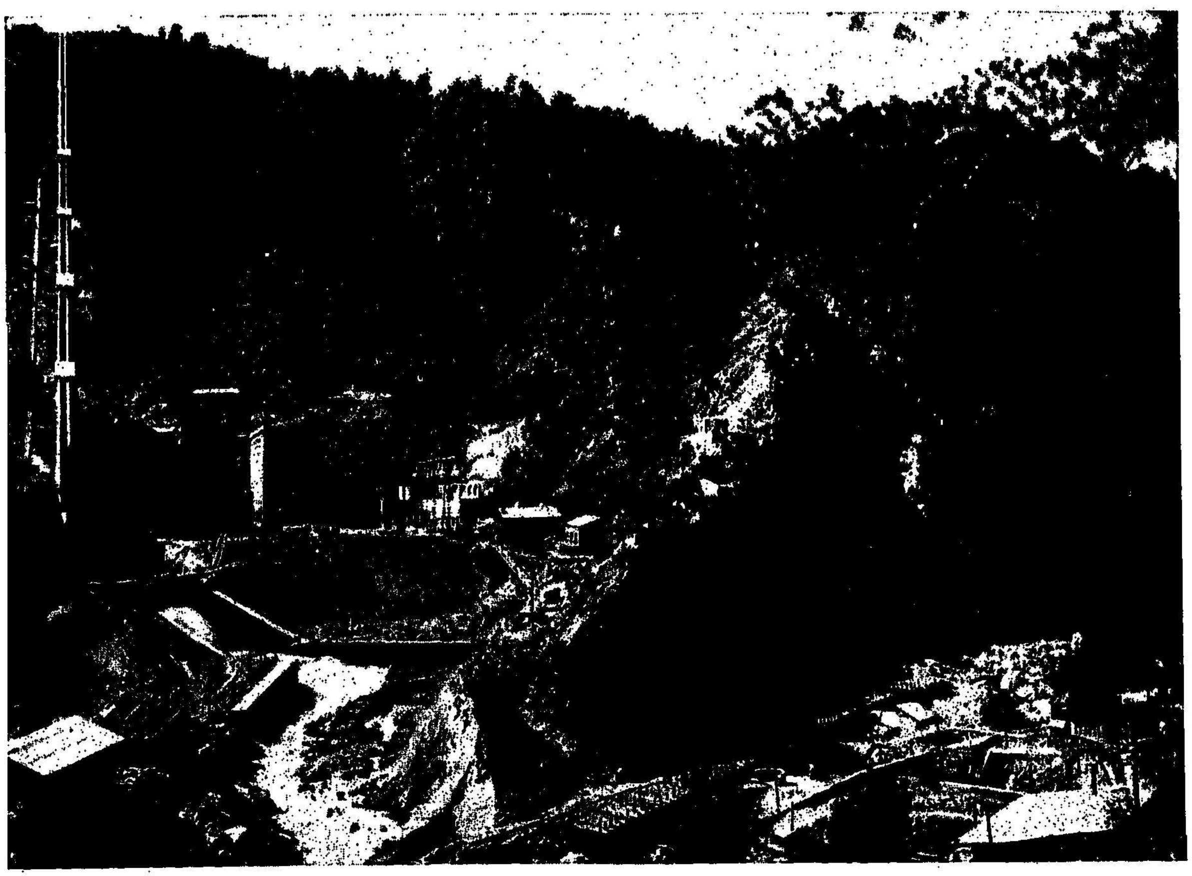


Fig. 8. - La valle del Neto a Timpa Grande.

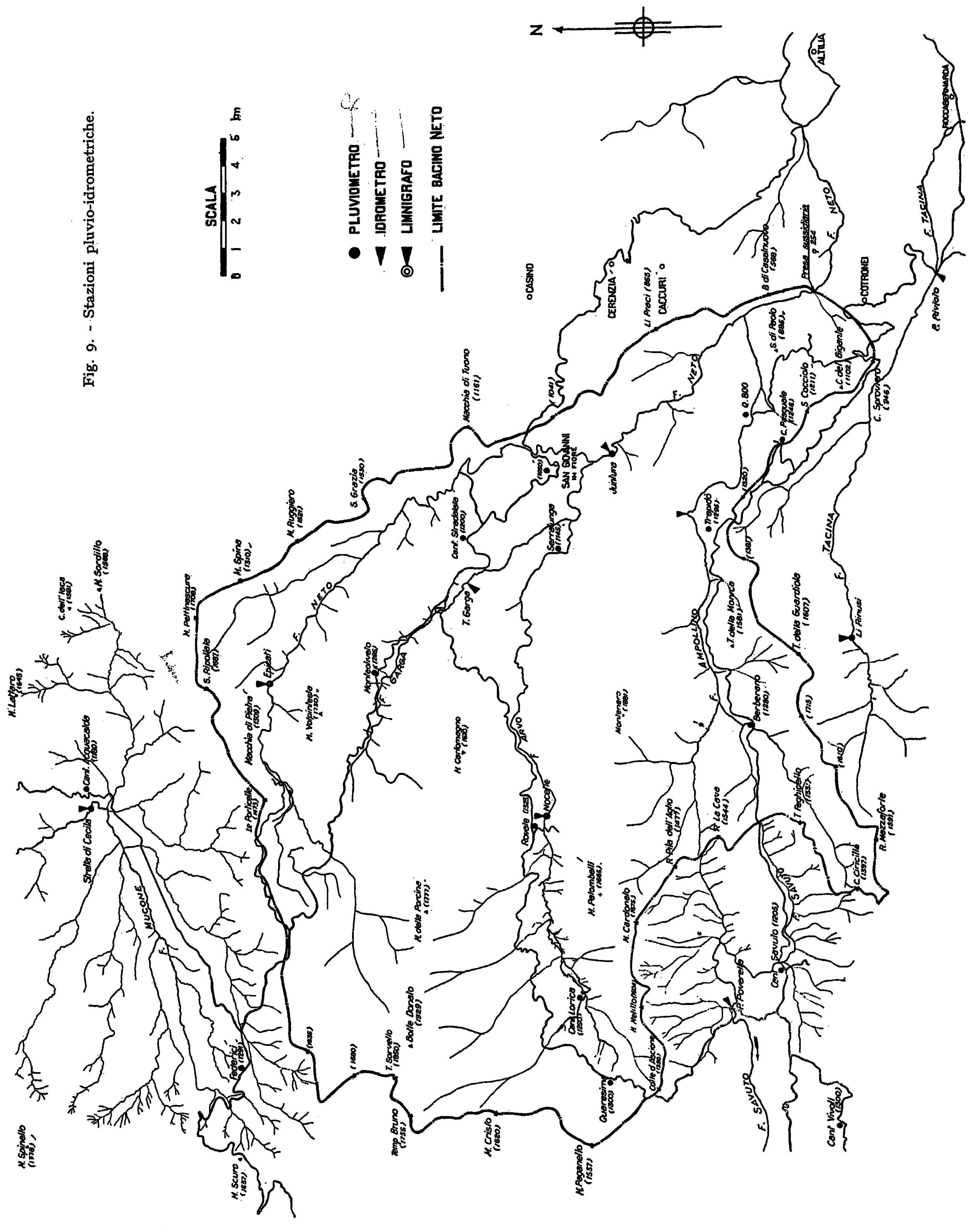



Fig. 9. - Stazioni pluvio-idrometriche.

serie di osservazioni negli anni 1908-14 a cura dell'Ufficio Omodeo. I dati raccolti non si prestano però a deduzioni di carattere generale, sia perchè non sempre congruenti fra loro e non selezionabili per insufficienza di controlli, sia perchè la serie delle osservazioni fu interrotta dal 1915 al '21 in conseguenza della guerra Europea.

A partire dall'autunno 1921, con l'inizio dell'allestimento dei cantieri di costruzione, la rete dei posti di osservazione venne ricostituita, d'accordo con la Sezione Autonoma per il Servizio Idrografico di Catanzaro, e gradualmente ampliata fino a portarla alla sua attuale efficienza, che risulta dalla cartina della fig. 9.

Entro il bacino imbrifero del Neto sfruttato dagli impianti, che ha un'estensione di 447 kmq, sono in funzione undici stazioni pluviometriche (una ogni 40 kmq circa) ed altre sei nelle zone contigue dei bacini confinanti del Mucone e del Savuto.

Massimo interesse fu attribuito all'esatta conoscenza dei deflussi e, a tale effetito, sul Neto e suoi maggiori affluenti, si installarono cinque stazioni idrometriche, le più importanti delle quali furono dotate di stramazzi o soglie fisse in muratura e di apparecchi registratori di livello. Analoghe sistemazioni si ritenne utile eseguire anche sul Tacina, sul Savuto e sul Mucone.

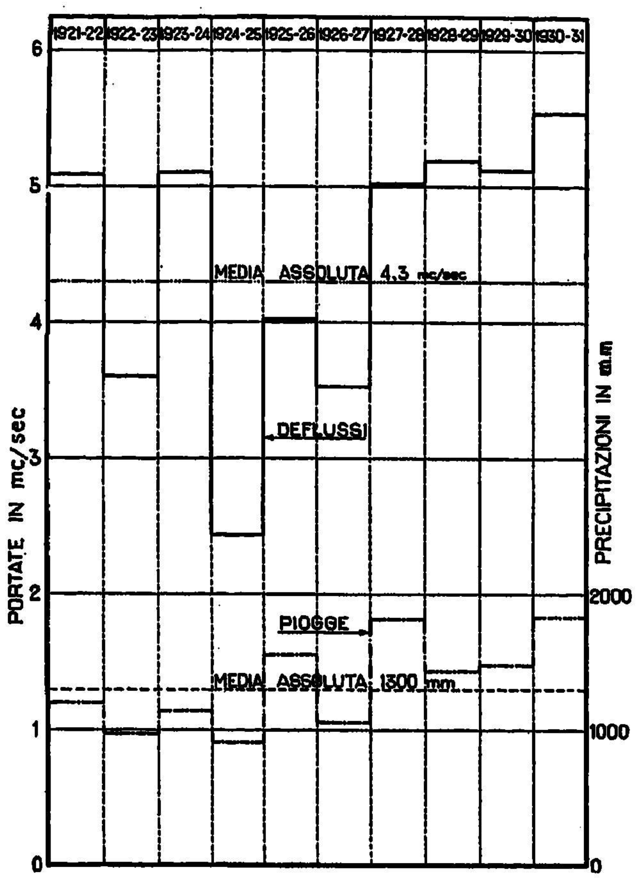



Fig. 10. - Medie annue delle piogge e dei deflussi nei bacini superiori Arvo-Ampollino (valori effettivi).

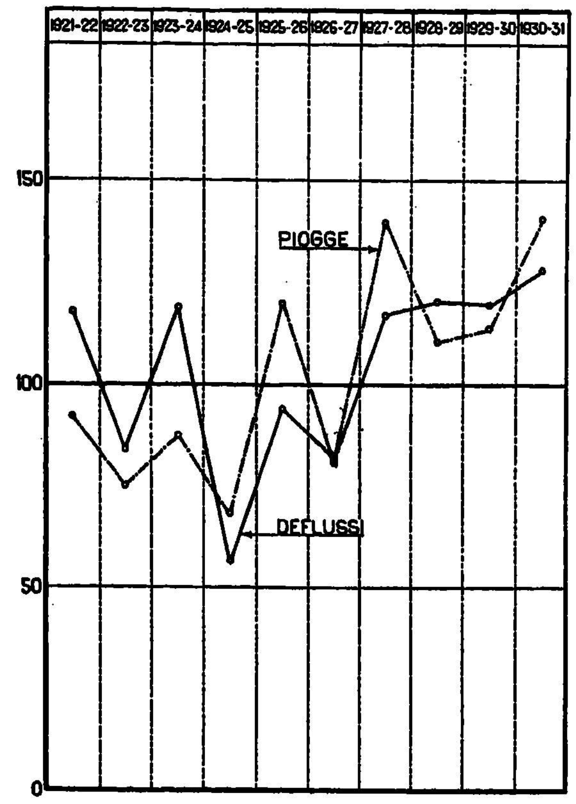



Fig. 11. - Medie annue delle piogge e dei deflussi nei bacini superiori Arvo-Ampollino (valori percentuali).

La curva di deflusso di ciascuna stazione venne determinata, e periodicamente controllata, con misure al molinello; così pure furono sottoposte a sistematico controllo, per cura del Servizio Idrografico di Catanzaro, le osservazioni pluviometriche. Gli elementi raccolti nel decorso decennio risultano quindi perfettamente attendibili e possono assumersi come base per fondate deduzioni sul regime idrologico medio della Sila.

Per dare un' idea sintetica delle caratteristiche principali che interessano, è stata elaborata una serie di diagrammi riassuntivi, riguardanti il complesso dei bacini imbriferi che alimentano i due grandi serbatoi regolatori dell'Arvo e dell'Ampollino. L'estensione totale di questi due bacini è di 144 kmq, l'altezza media annua di precipitazione è di mm 1300 e il deflusso medio globale di 4300 l/sec; si ha dunque una portata specifica di circa 30 litri al secondo per kmq, che corrisponde ad un'altezza di precipitazione utile di mm 945 ossia ad un coefficiente *medio* di deflusso di 0.70 circa. Rispetto a questi valori medi si hanno, però, scostamenti notevolissimi nel corso degli anni, in conseguenza della natura impermeabile dei bacini, che lega, in modo diretto ed immediato, i deflussi alle vicende meteoriche.

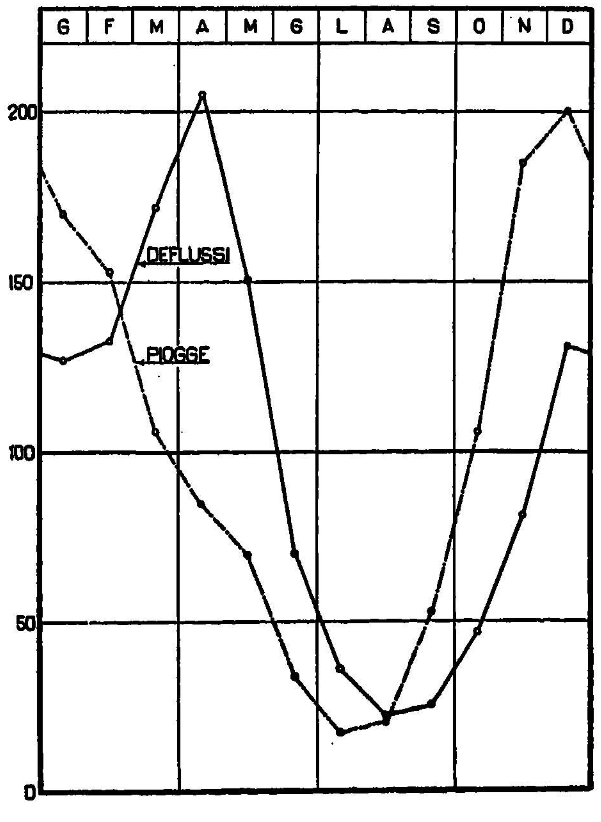



Fig. 12. - Piogge e deflussi medi mensili (in % delle rispettive medie annue generali) nei bacini superiori Arvo-Ampollino.

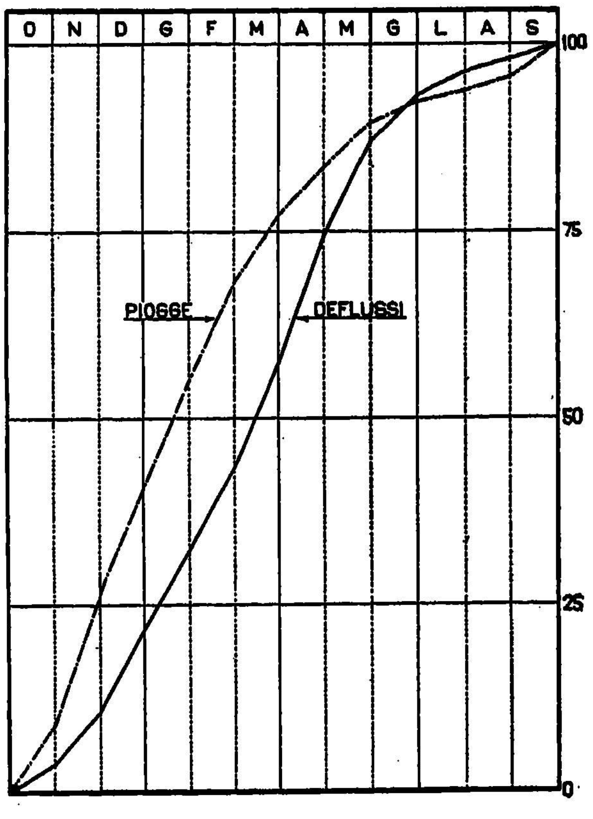



Fig. 13. - Curve integrali delle piogge e dei deflussi nei bacini superiori Arvo-Ampollino (in % del totale medio annuo).

Il decorso delle piogge e delle portate nel decennio 1921-31 è rappresentato, nei valori medi annui effettivi, dai diagrammi della fig. 10 e, nei valori percentuali riferiti alla media assoluta, dai diagrammi della fig. 11. Essi indicano un deflusso minimo uguale al 55% della media ed un massimo a questa superiore del 30% circa, in corrispondenza di analoghe variazioni delle piogge. Si può però rilevare l'influenza di una successione di anni particolarmente scarsi o particolarmente abbondanti sul coefficiente di deflusso, influenza che deve attribuirsi al parziale e temporaneo assorbimento delle acque nelle regioni superiori dei graniti fessurati.

Analogo effetto, ma assai più marcato, si manifesta nei diagrammi della fig. 12, dove sono rappresentati i valori medi mensili delle piogge e dei deflussi, espressi come percentuali della costante che risulterebbe da una distribuzione uniforme nei vari mesi dell'anno. Il diagramma dei deflussi, che presenta un massimo principale (del 200% circa) nel mese di aprile ed uno secondario in dicembre, mostra che il regime di questi bacini è assimilabile a quello dei corsi d'acqua appenninici parzialmente alimentati da sorgive. Il diagramma delle piogge, con un solo massimo (anch'esso del 200% circa) in dicembre, è conforme al regime marittimo (1).

L'andamento relativo dei due diagrammi indica in modo assai evidente:

che le precipitazioni autunnali ed invernali non danno luogo ad un aumento proporzionale dei deflussi;

(1) V. la pubblicazione « *Caratteri idrologici dei bacini Italiani* » nel fascicolo III, marzo 1931, de *L'Energia Elettrica*.

che anzi, a partire dal mese di febbraio e fino a tutto aprile, mentre le piogge decrescono i deflussi aumentano;

che successivamente i due fenomeni hanno decorso parallelo, ma con uno sfasamento di circa un mese.

Tale comportamento deriva in parte dalla già menzionata costituzione dei terreni nelle zone più elevate del bacino imbrifero e in parte dalla qualità delle precipitazioni.

La presenza di una falda superficiale assorbente spiega infatti lo scarso effetto delle piogge autunnali, che si estende poi alle precipitazioni invernali, perchè costituite in massima da neve; la saturazione dello strato assorbente e lo sgelo danno luogo al forte aumento dei deflussi primaverili, mentre il progressivo esaurimento della riserva d'imbibizione della falda superficiale fa sì che il decremento estivo delle portate si verifichi con ritardo sensibile rispetto a quello delle piogge. In sostanza, i bacini Silani, benchè siano ad ossatura impermeabile, si comportano *nel ciclo annuale* come bacini parzialmente permeabili con apporti sorgentizi.

I diagrammi integrali della figura 13, oltre a segnalare il fenomeno di sfasamento sopra descritto, mostrano che, nell'anno medio, il 75% delle precipitazioni e circa il 60% dei deflussi si concentrano nel semestre ottobre-marzo.

Infine, la fig. 14 contiene i diagrammi delle portate medie settimanali nell'anno più scarso del periodo di osservazione e nell'anno medio. La deficenza principale si riscontra nel semestre gennaio-giugno, ma è occorso in altri anni di trovare invece estremamente scarsi i deflussia utunnali.

Una variabilità così notevole delle portate, nei mesi e negli anni (che del resto si ripete per la massima parte dei bacini Appenninici), avrebbe reso praticamente impossibile lo sfruttamento completo e razionale delle risorse idrauliche della Sila, se la conformazione e l'impermeabilità delle ampie valli dell'altipiano non avessero favorito, in modo veramente eccezionale, la creazione di grandi serbatoi capaci di assicurare la modulazione pluriennale dei deflussi.

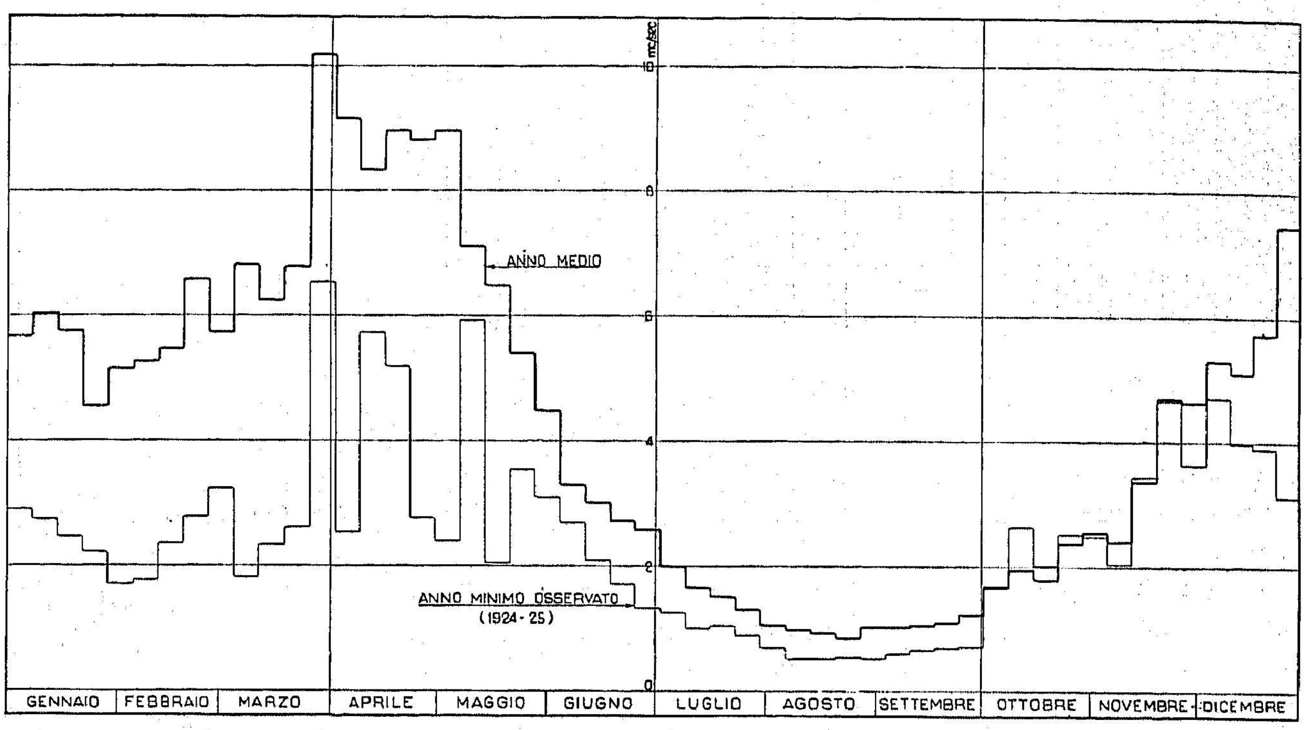



Fig. 14. - Deflussi medi settimanali dell'Arvo e dell'Ampollino. (Anno medio e anno minimo osservato).

CAPITOLO II

# I SERBATOI E LE DIGHE

*a*) SERBATOIO AMPOLLINO E DIGA DI TREPIDÒ.

Il serbatoio dell'Ampollino è formato mediante lo sbarramento della stretta di Trepidò, che chiude una grande conca della lunghezza di circa 8 km, sul fondo pianeggiante della quale serpeggiava, impaludandosi, il corso del fiume.

Dalla curva dei volumi di invaso, riprodotta nella fig. 15, appare chiaramente la favorevole conformazione del bacino

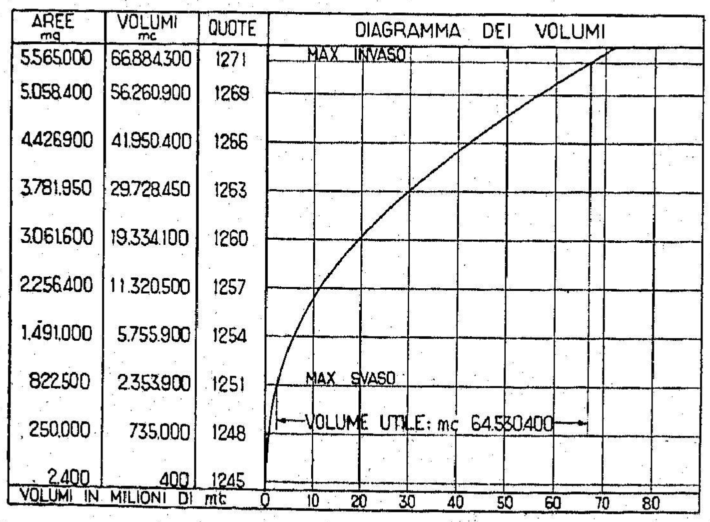



Fig. 15. - Curva dei volumi relativa al serbatoio dell'Ampollino.

che, con un'altezza di ritenuta di soli m 26,50 fra le quote 1244,50 e 1271, consente di creare un serbatoio della capacità totale di quasi 67 milioni di metri cubi. La capacità effettivamente utilizzabile risulta alquanto minore, e precisamente di 64,5 milioni di metri cubi, essendosi ritenuto opportuno disporre l'asse della galleria di derivazione circa 4 m al disopra del piede della diga, lasciando così disponibile un certo volume sotto la soglia della presa per l'accumulazione di eventuali, benchè improbabilissimi, interrimenti. Poichè il bacino imbrifero che alimenta il serbatoio ha un'estensione di 77 kmq, il volume utile risulta di 830 000 mc per kmq di bacino.

Come abbiamo accennato, la zona ora sommersa era in parte paludosa, priva di qualsiasi cultura e di abitazioni, sicchè i danni derivanti dalla formazione del serbatoio furono assolutamente trascurabili. La sola opera importante occorsa in conseguenza dell'invaso, fu la ricostruzione della strada provinciale, che si svolgeva in sponda destra sul fondo valle. La lunghezza della variante stradale è risultata di km 8,5; si è inoltre costruito un tronco di raccordo dalla provinciale alla diga, dello sviluppo di km 1,7 circa.

La diga di sbarramento è del tipo a gravità con pianta arcuata (fig. 17); il raggio di curvatura del paramento a monte in corrispondenza del ciglio è di m 140 e la corda sul ciglio a valle fra i due piloni d'imposta è di m 102.

La sezione trasversale (fig. 18) corrisponde al profilo teorico triangolare con inclinazione di 0.04 a monte e di 0.70 a valle; alla zona di coronamento è stata assegnata una larghezza di m 4,75 ed un franco, rispetto al livello di massima ritenuta, di m 3,10. L'altezza totale massima sulla risega di fondazione, ricavata alla quota 1244,50 del fondo valle, risulta di m 29,60; la profondità media delle fondazioni è di m 6 circa, ma il taglione di guardia è stato spinto generalmente fino a 9÷10 m ed in taluni punti fino a 15 m sotto il terreno naturale.

Come mostra la planimetria (fig. 17), l'estremità sinistra della

diga, anzichè essere impostata contro il terreno, termina contro un pilone a pianta poligonale, che si spicca da un piano a quota 1252. Dallo stesso pilone si distacca, in direzione pressochè

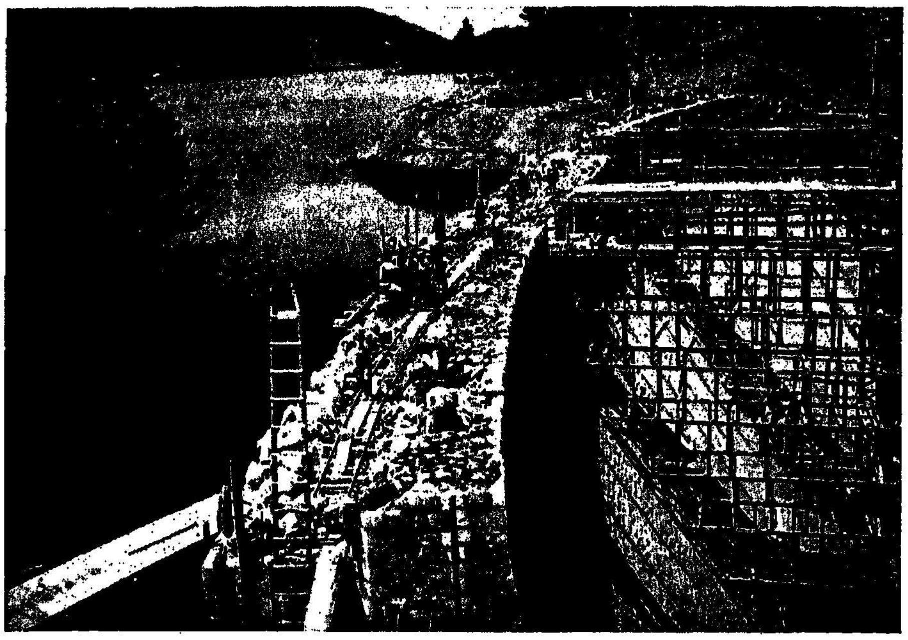


Fig. 16. - Diga di Trepidò in costruzione.

perpendicolare a quella della diga, un muro d'ala a profilo triangolare simmetrico, che completa l'opera di sbarramento.

Secondo il progetto originale, la diga avrebbe dovuto proseguire, con la curvatura e col profilo normale, fino contro la falda della riva sinistra. Gli assaggi eseguiti nella parte inferiore di tale falda avevano infatti segnalato roccia granitica discretamente compatta, mentre la zona più alta appariva costituita da un banco di aplite sana e resistente. All'atto della costruzione, però, lo scavo della trincea di base per il taglione mise in evidenza che lo strato di aplite aveva uno spessore assai limitato e che, al disotto, si trovava un banco di roccia scistosa profondamente alterata, che appare anche superiormente a monte della diga.

Gli scavi furono estesi considerevolmente, nella speranza di

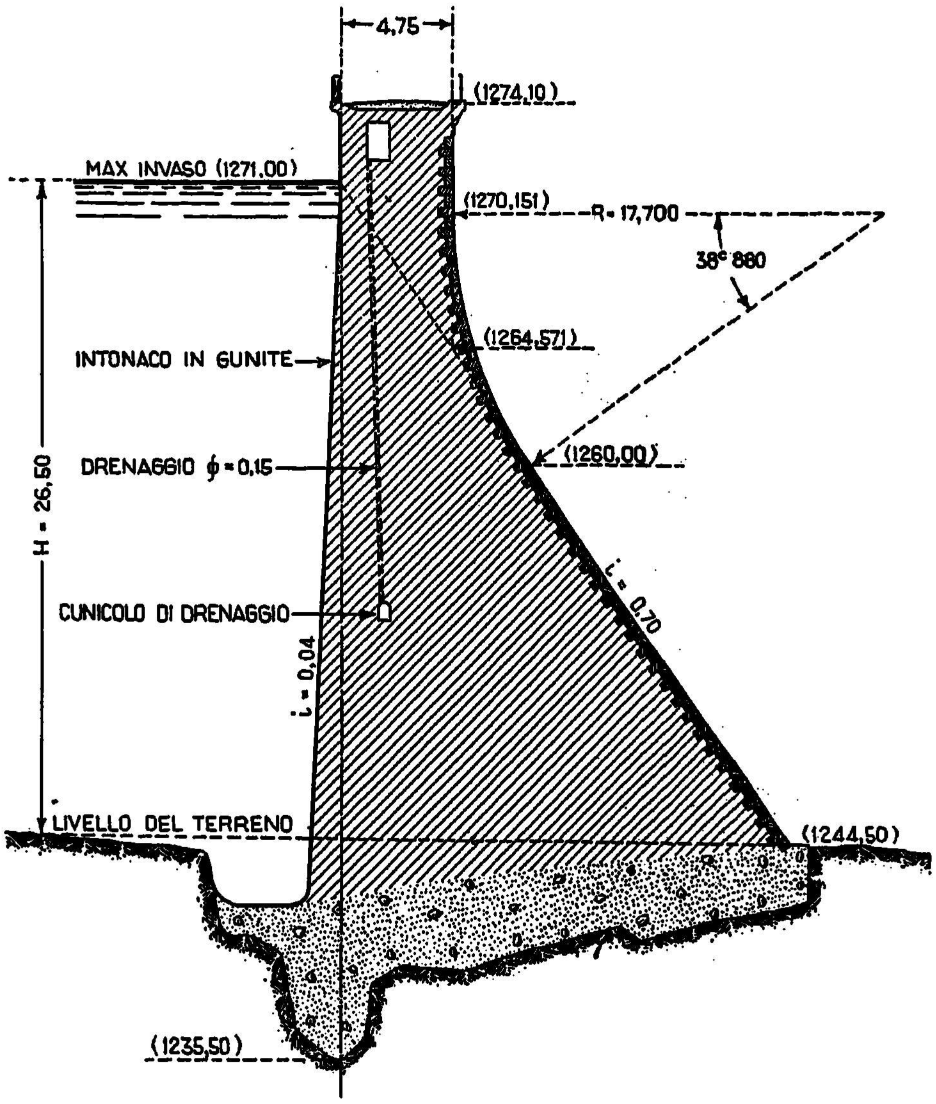



Fig. 18. - Diga di Trepidò. - Sezione trasversale normale.

trovare in profondità un terreno più consistente (v. planimetria, fig. 17 e fotografie), ma senza risultato. Un cunicolo di assaggio

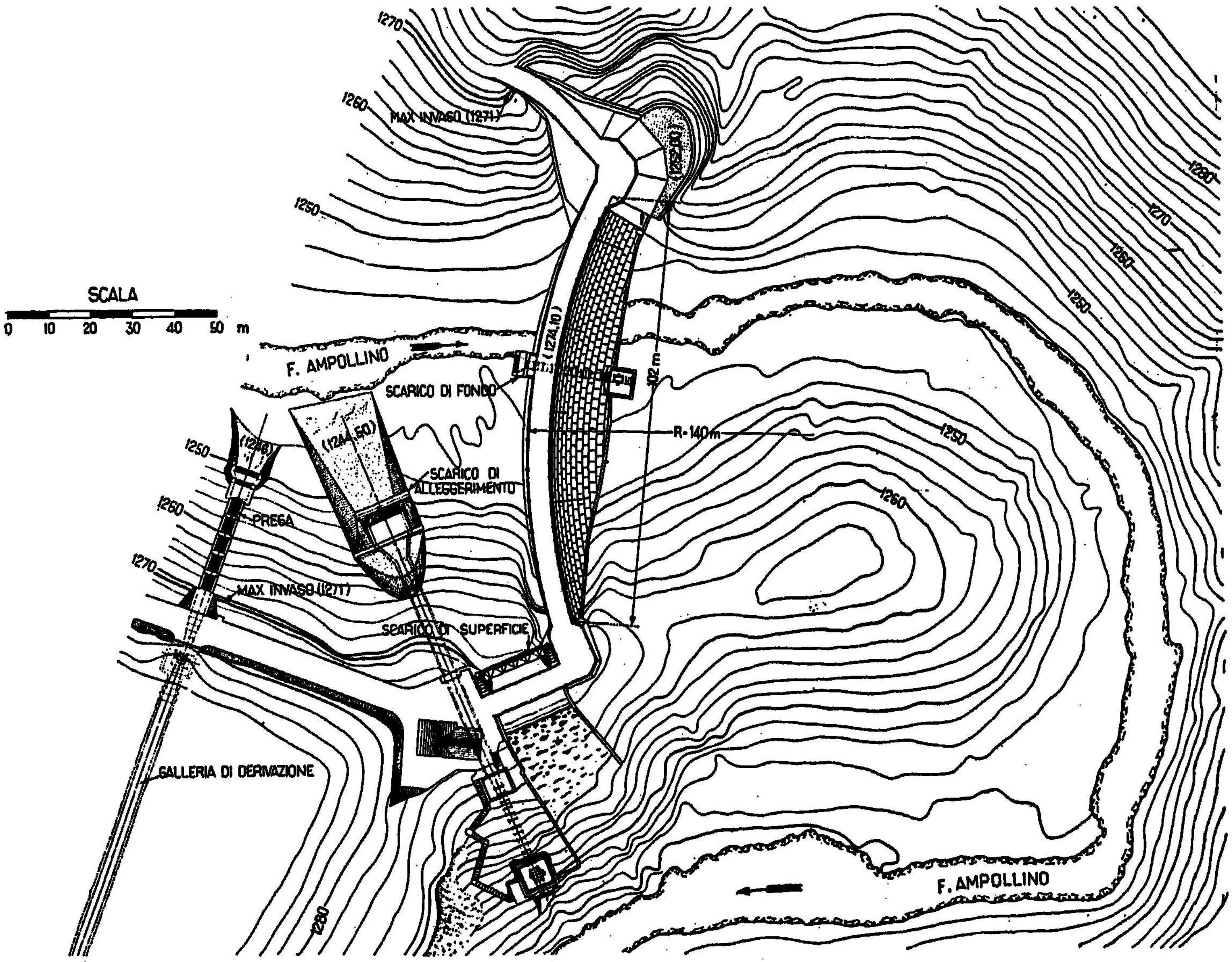



Fig. 17. - Diga di Trepidò. - Planimetria.

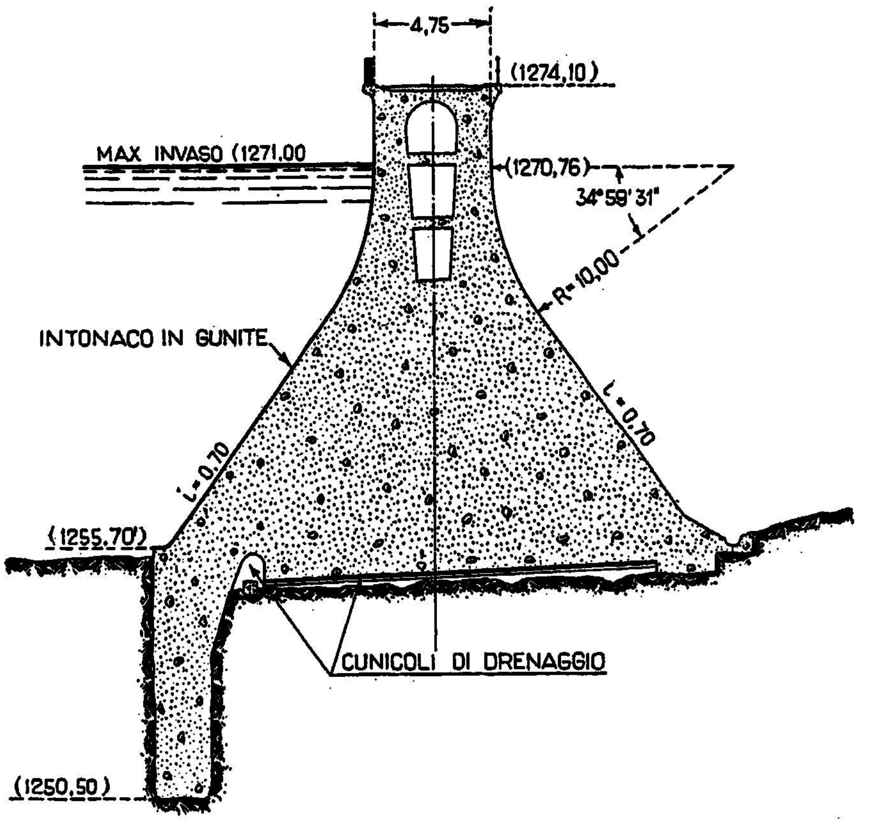



Fig. 19. - Diga di Trepidò. - Sezione trasversale della spalla sinistra.

orizzontale, spinto fino a 60 m dalla superficie, con una diramazione perpendicolare di 15 m di lunghezza, mostrò che nella zona dove avrebbe dovuto impostarsi la diga, la roccia presentava ovunque caratteristiche sfavorevoli. Alquanto migliore risultava la zona immediatamente a monte dove gli scisti, benchè dello stesso tipo, erano meno alterati e più compatti.

Una variazione dell'orientamento della diga non era ormai possibile, giacchè la costruzione era stata già portata molto innanzi (le murature della parte centrale raggiungevano la quota 1256,50); si stabilì pertanto, con il conforme parere del C. S. dei LL. PP., di modificare sostanzialmente l'impostazione della spalla sinistra adottando per essa la struttura rappresentata dai disegni, che ha consentito di riportare il contorno di ritenuta nei terreni che gli assaggi avevano indicato come più adatti.

Il pilone-spalla è fondato al limite della roccia granitica, alla quota media 1246,00; il muro d'ala che da esso prende origine ha, come si è accennato, profilo triangolare simmetrico con inclinazione di 0,70 sui due paramenti (fig. 19). Questa forma è stata adottata allo scopo di aumentare la superficie di fondazione, riducendo così il valore della pressione sul terreno e le variazioni di questa, per la minore escursione della curva delle pressioni nel passaggio da serbatoio vuoto a serbatoio pieno. Sempre allo stesso scopo, la struttura muraria è stata alleggerita praticando nella parte superiore di essa un ampio vano, come si rileva dalla fig. 19.

Il taglione di guardia, in corrispondenza del pilone e del muro d'ala, è stato costruito con particolare cura e spinto a notevole profondità, mantenendone il piede pressochè orizzontale fino all'estremità della diga (v. fig. 21).

La modificata struttura dell'imposta sinistra rese necessaria, o per lo meno consigliabile, l'eliminazione delle sollecitazioni che avrebbero potuto derivare al pilone in conseguenza della forma arcuata della diga. Questa venne perciò sezionata mediante cinque giunti di dilatazione, disposti come indicano le fig. 21 e 22. La tenuta dei giunti è assicurata da due piastre di lamiera zincata distanziate di 80 cm, murate nel calcestruzzo (v. fig. 23) e da una guarnizione di corda catramata disposta in un vano appositamente sagomato, in corrispondenza del pa-

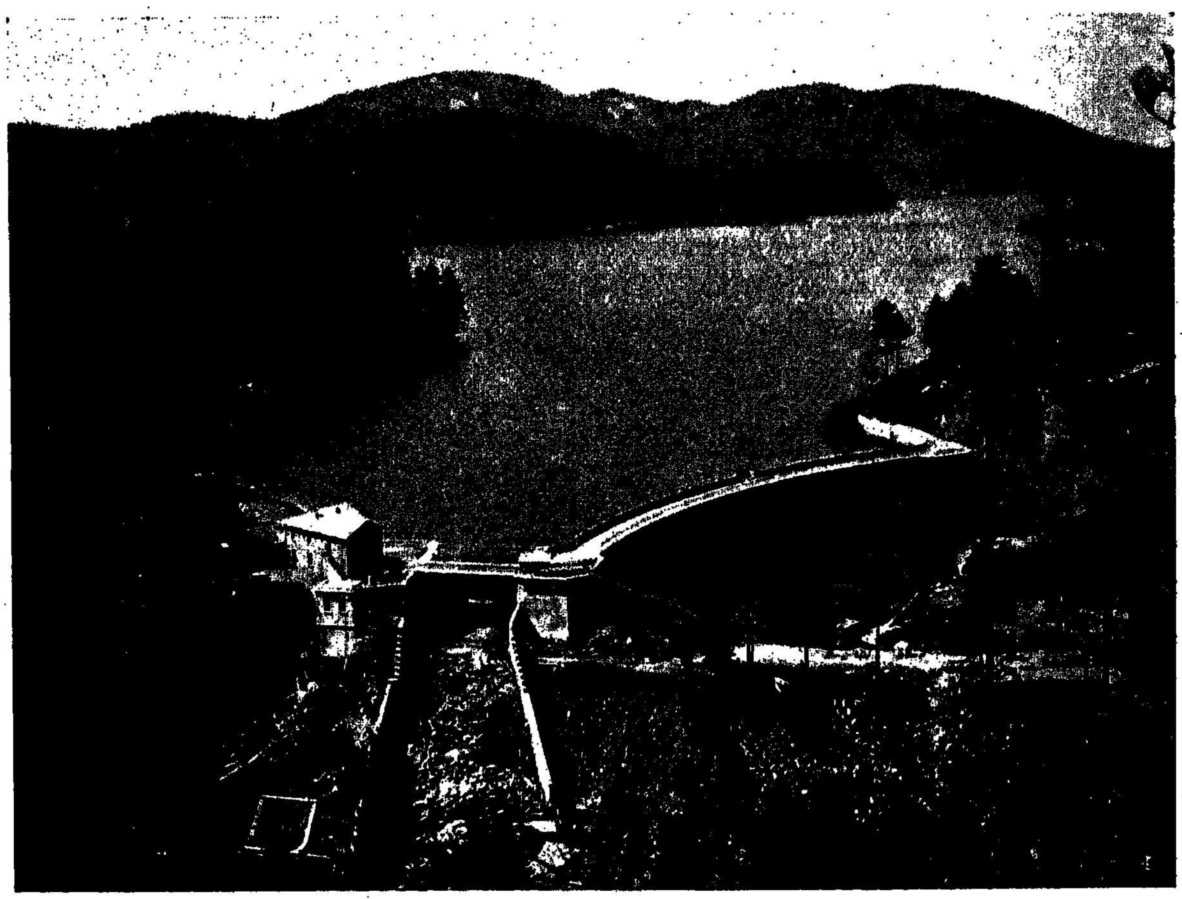


Fig. 20. - Diga di Trepidò.

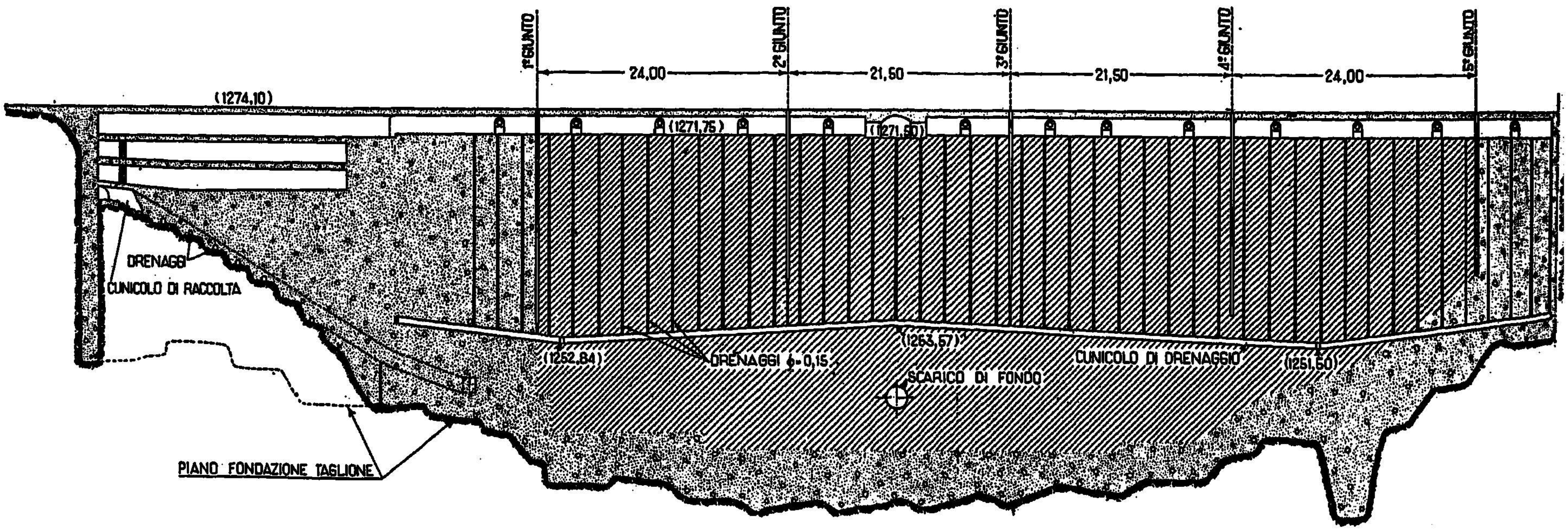



Fig. 21. - Diga di Trepidò. - Giunti e drenaggi. - Sezione longitudinale.

ramento a monte (fig. 24). Le piastre di tenuta sono di due tipi, *A*) e *B*): il primo (fig. 25) è formato da una lamiera piana fissata da un lato nel calcestruzzo con una serie di zanche, e scorrevole

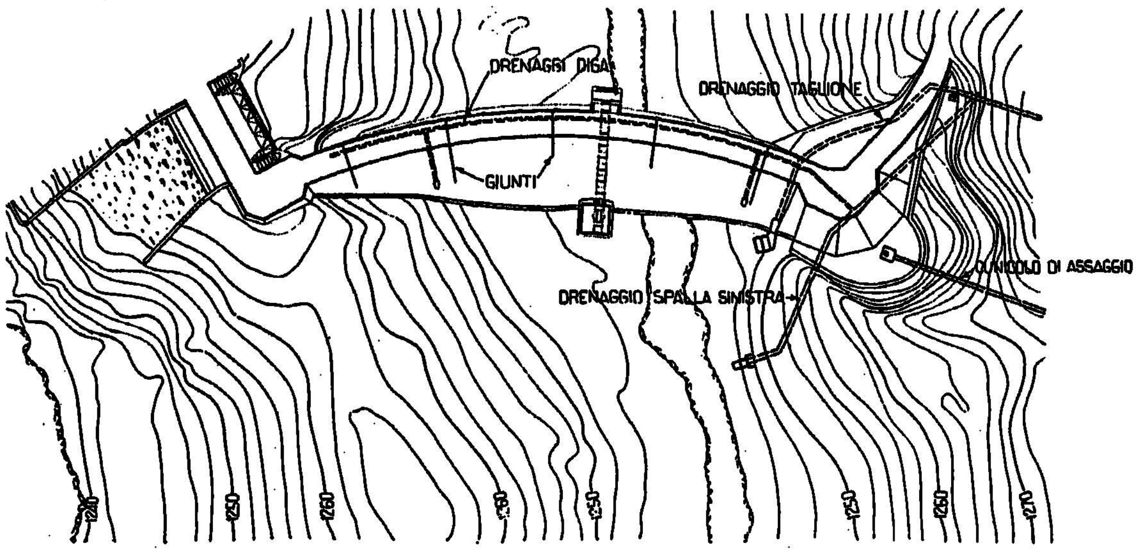



Fig. 22. - Diga di Trepidò. - Giunti e drenaggi. - Planimetria.

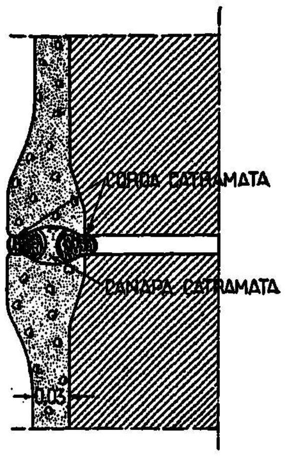



Fig. 24. - Giunto di contrazione. Particolare della guarnizione.

dall'altro entro una guaina di lamierino fissata nel calcestruzzo del blocco adiacente; il secondo tipo (fig. 26) è invece formato da una lamiera piegata a *Z* e fissata con zanche dall'uno e dall'altro lato del giunto.

Il primo tipo ha il pregio di consentire, senza inconvenienti, un diverso assestamento dei due blocchi murari contigui, ma è più complicato e meno adatto ad assicurare una tenuta perfetta; il secondo, più semplice, si è dimostrato, in pratica, preferibile.

Originariamente non era stato previsto alcun sistema di drenaggio, ritenendolo superfluo per una diga di altezza e dimensioni relativamente modeste. L'aggiunta di una rete completa di drenaggi, al disopra della quota 1251,50 fu successivamente prescritta dal Consiglio Superiore dei LL. PP. che dal 1924 intervenne a vigilare la costruzione. Il sistema di drenaggio del paramento a monte (figg. 21 e 22) è costituito da una serie di condotti subverticali del diametro di cm 15 con interasse di

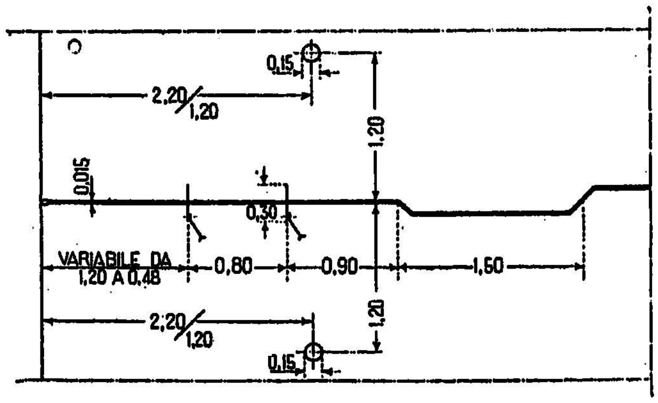



Fig. 23. - Giunto di contrazione. - Sezione trasversale.

m 2,40, disposti ad una distanza dal paramento bagnato variabile da m 1,20 a 2,20 e ricavati includendo nella muratura blocchetti sagomati di calcestruzzo poroso. Questi condotti fanno capo inferiormente ad un cunicolo di raccolta, dal quale le eventuali infiltrazioni vengono convogliate a due gallerie trasversali che le scaricano a valle della diga. Superiormente, i condotti di drenaggio sboccano in una galleria d'ispezione, dalla quale può essere controllata la loro efficienza e praticata eventualmente la pulizia.

Il muro d'ala in sinistra è privo di drenaggi della muratura ed è stato invece provvisto di un completo sistema di drenaggio delle fondazioni e del taglione di guardia. Un cunicolo longitudinale, disposto sul piano della fondazione generale, immediatamente a valle del taglione, raccoglie le travenazioni eventuali di questo; all'estremità a monte, il cunicolo piega quasi ad angolo retto e penetra per circa 25 m nel terreno. Allo stesso cunicolo fa capo una serie di drenaggi trasversali praticati nella fondazione del muro, destinati ad evitare ogni possibile sotto-pressione. È stato inoltre praticato, con andamento planimetrico pressochè parallelo al primo, alquanto più a valle, un secondo cunicolo di drenaggio alla quota media 1249, che raccoglie una serie di piccole venute di acqua incontrate nell'esecuzione degli scavi.

Il sistema di cunicoli descritto è destinato, oltre che ad escludere in modo assoluto il pericolo di sotto-pressioni, anche a mettere in evidenza qualsiasi eventuale filtrazione che potesse verificarsi nel terreno sul quale è impostato il muro di ritenuta.

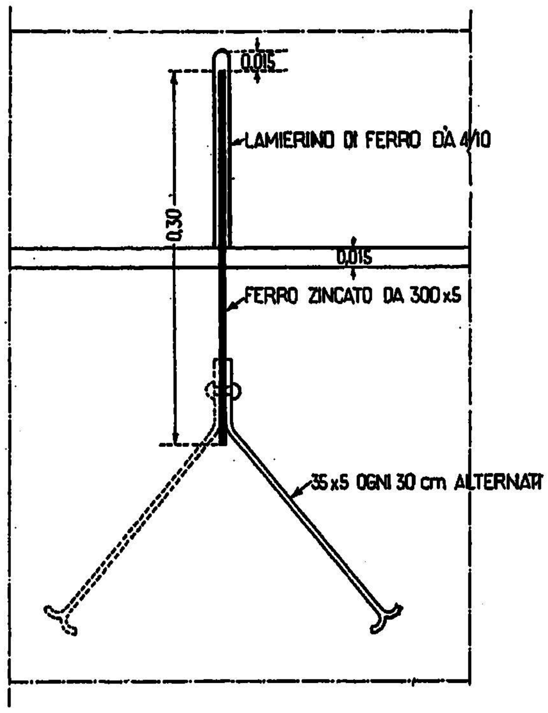



Fig. 25. - Giunto di contrazione. - Piastra di tenuta tipo *A*.

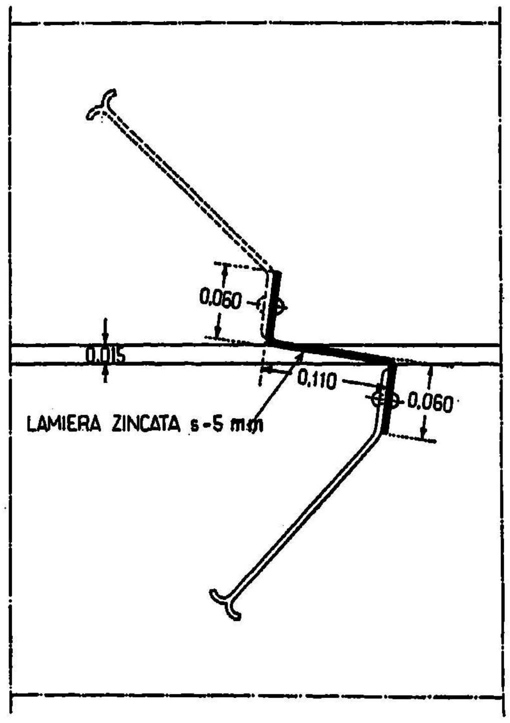



Fig. 26. - Giunto di contrazione. - Piastra di tenuta tipo *B*.

La diga è costruita in muratura di pietrame granitico con malta cementizia, a dosatura di 500 kg per mc in prossimità del paramento a monte e di 400 kg/mc per il rimanente. I piloni contro i quali si imposta la parte arcuata della diga ed il muro d'ala in sinistra sono invece costruiti in calcestruzzo cementizio con dosatura di 300 kg/mc. Il taglione di guardia e il massiccio murario al disotto della risega di fondazione sono pure eseguiti ovunque in calcestruzzo cementizio, con dosatura rispettivamente di 400÷500 kg/mc e di 300 kg/mc. Il volume complessivo delle murature è risultato di circa 50.000 mc; quello degli scavi di fondazione di circa 40.000 mc, compresi gli sbancamenti esplorativi in sponda sinistra. Il paramento a monte della diga è protetto da un intonaco in gunite dello spessore minimo di 3 cm sul quale è stata applicata una spalmatura di Inertol.

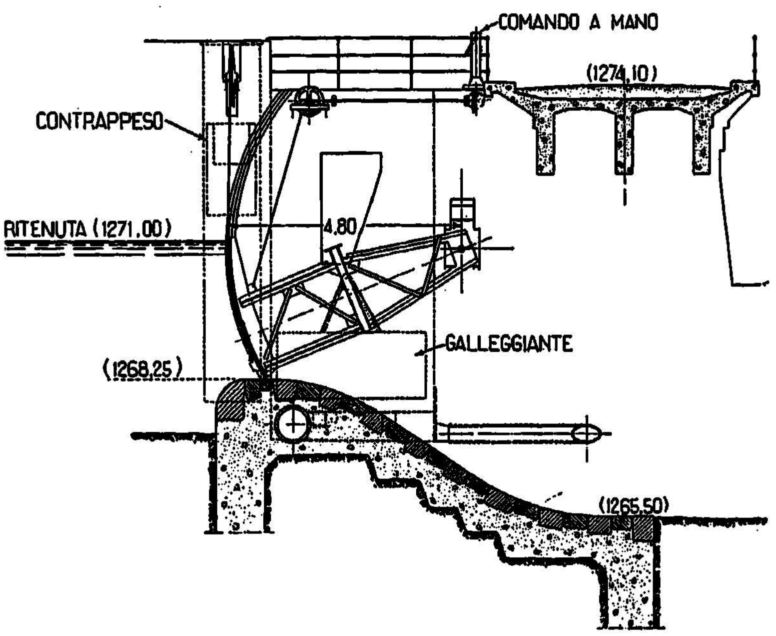



Fig. 27. - Serbatoio Ampollino. - Scaricatore di superficie. Sezione trasversale.

Nella parte centrale, eseguita in pietrame, la faccia vista a valle è costituita da un paramento in bolognini squadrati, mentre nelle parti in calcestruzzo la faccia vista è semplicemente regolarizzata con un intonaco grezzo di cemento.

Lo scaricatore di superficie del serbatoio, destinato a limitare l'invaso alla quota massima di ritenuta (1271,00), è costituito da una paratoia automatica a settore contrappesato, con comando a galleggiante (fig. 27) del noto tipo della Società Sbarramenti Automatici. La luce della paratoia è di m 16 e l'altezza di m 2,75; la soglia è profilata in modo che la lama d'acqua stramazzi liberamente e la portata erogata, a piena apertura, risulta di 144 mc/sec, con una sopraelevazione del livello di ritenuta di 8÷10 cm. La paratoia può essere sollevata anche con manovra a mano, sia immettendo acqua nelle camere dei galleggianti a mezzo di apposite bocche a paratoia, sia con un comando meccanico costituito da un argano a catena Galle.

Per il vuotamento del serbatoio, sono stati costruiti due scarichi: uno nel corpo della diga, con la soglia d'imbocco a quota 1246, costituisce il vero e proprio scarico di fondo; l'altro, ricavato in galleria nella sponda destra, con soglia d'imbocco a quota 1247, è invece uno scarico di alleggerimento destinato ad integrare, se necessario, lo scaricatore di superficie od a consentire un rapido abbassamento del livello in caso di pericolo per la stabilità della diga o per ragioni militari.

Il primo consta di un tubo in lamiera d'acciaio avente all'imbocco il diametro di m 2 e allo sbocco il diametro di m 1,60, provvisto di due organi d'intercettazione: una paratoia piana con by-pass, in corrispondenza dell'imbocco sul paramento a monte della diga, ed una valvola a farfalla del diametro di m 1,50 poco a monte dello sbocco. Quest'ultima serve per regolare la portata scaricata, mentre la prima ha il solo compito di assicurare la perfetta tenuta; l'albero di comando della paratoia è contenuto in un vano, ricavato esteriormente al paramento mediante due speroni in muratura, fra i quali è lasciata una luce della larghezza di m 2,00 su tutta l'altezza della diga, protetta da griglia.

La parte iniziale dello scarico di alleggerimento (fig. 28) è costituita da un tronco di galleria del diametro interno di m 3,50, con rivestimento in calcestruzzo ed imbocco svasato protetto da una robusta griglia: segue un secondo tronco, rivestito in lamiera di acciaio con diametro decrescente fino ad un minimo di m 2.00 in corrispondenza della valvola a farfalla di regolazione. Anche qui la tenuta è assicurata da una paratoia piana, disposta all'inizio del tronco rivestito, gli organi di comando della quale sono installati in un pozzo sormontato da una cabina di manovra. La valvola a farfalla si comanda sia a mano, sia elettricamente, mediante un dispositivo di manovra a distanza.

Con il massimo invaso del serbatoio, i tre organi di scarico, funzionando contemporaneamente, possono erogare una portata massima di circa 185 mc/sec che, riferita al bacino imbrifero sotteso (77 kmq) corrisponde ad un afflusso chilometrico di 2,4 mc/sec, sensibilmente superiore al doppio dei più elevati valori di piena riscontrati dacchè si iniziarono le osservazioni idrometriche (1908).

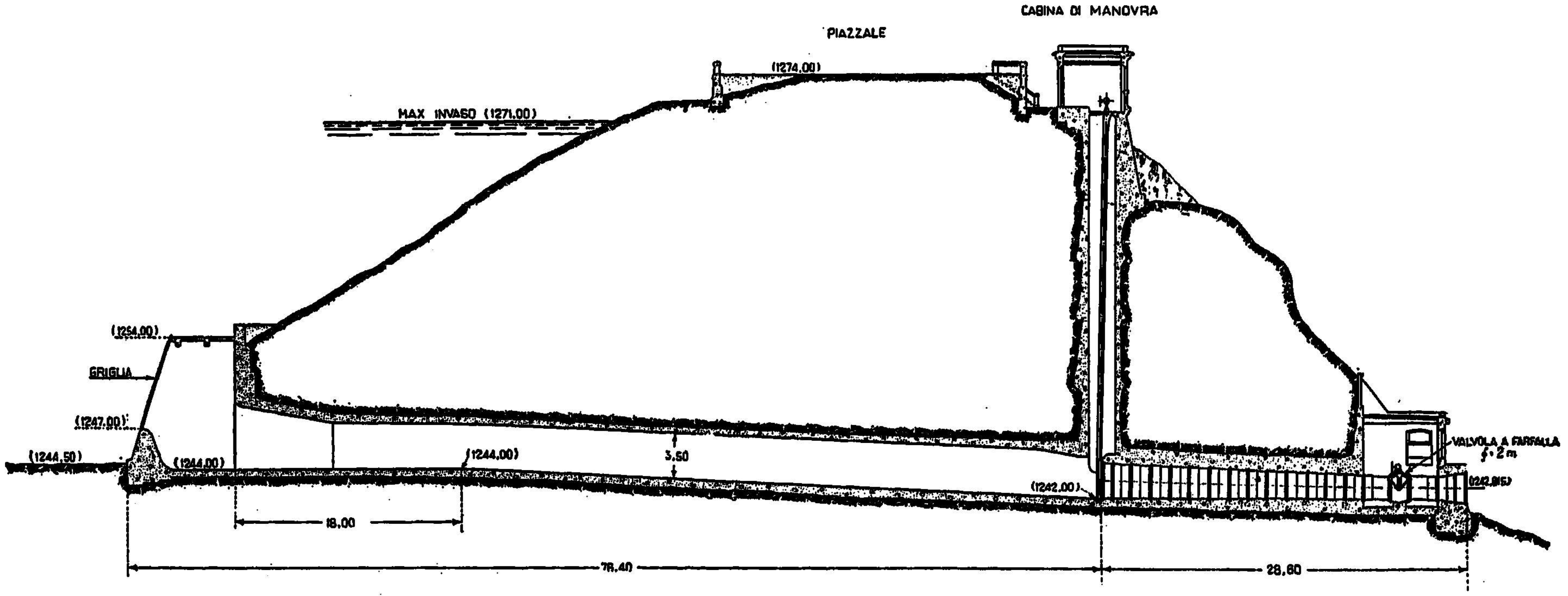



Fig. 28. - Serbatoio Ampollino. - Scarico di alleggerimento. - Sezione longitudinale.

La costruzione della diga fu iniziata nel luglio 1923 e completata alla fine del 1927. Gli spostamenti della struttura, per le

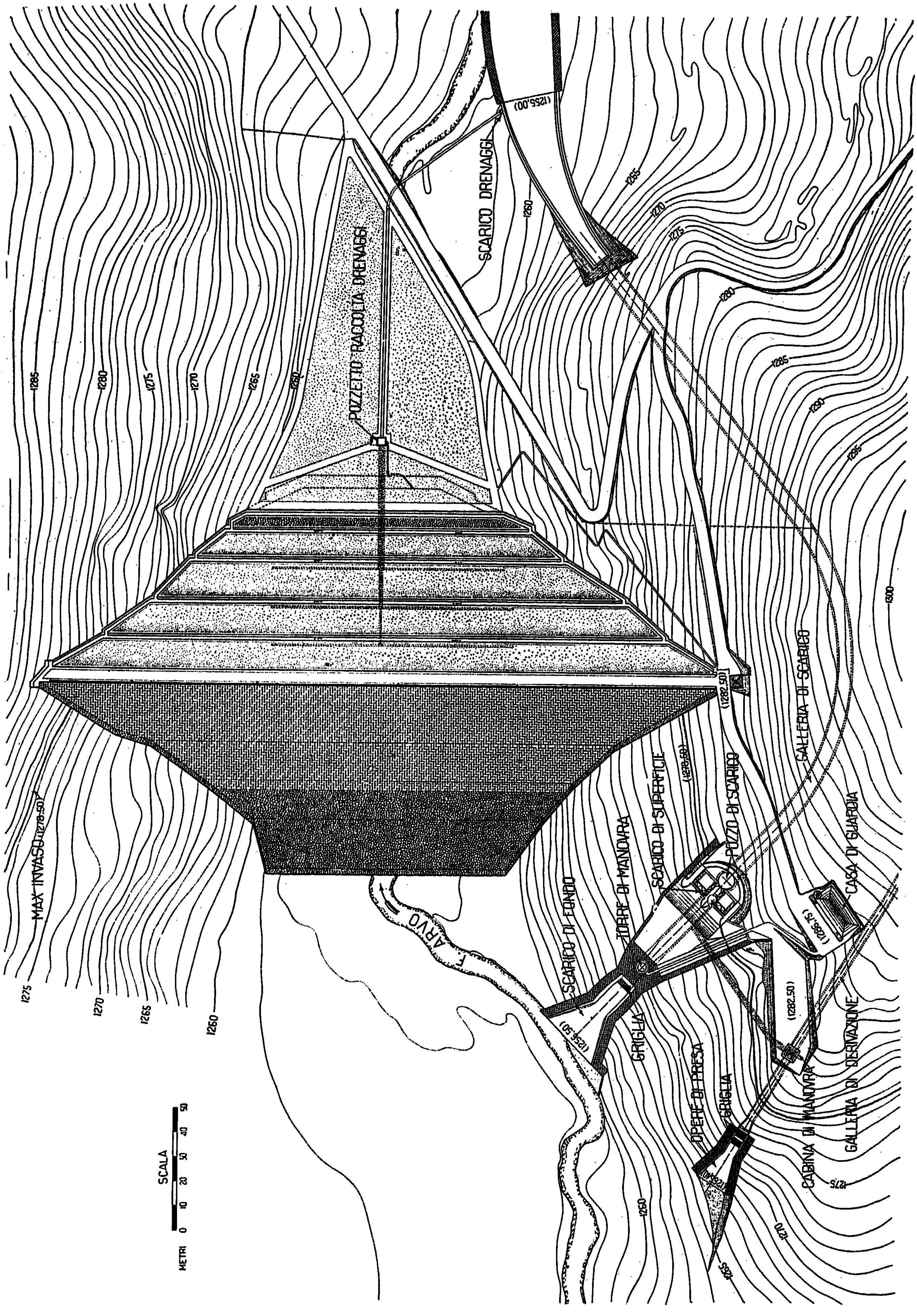



Fig. 29. - Diga di Nocelle. - Planimetria.

azioni termiche e idrostatiche, e le filtrazioni, raccolte dal sistema di drenaggio precedentemente descritto, vengono regolarmente osservate; i dati finora raccolti hanno dimostrata la perfetta stabilità ed impermeabilità dello sbarramento (1).

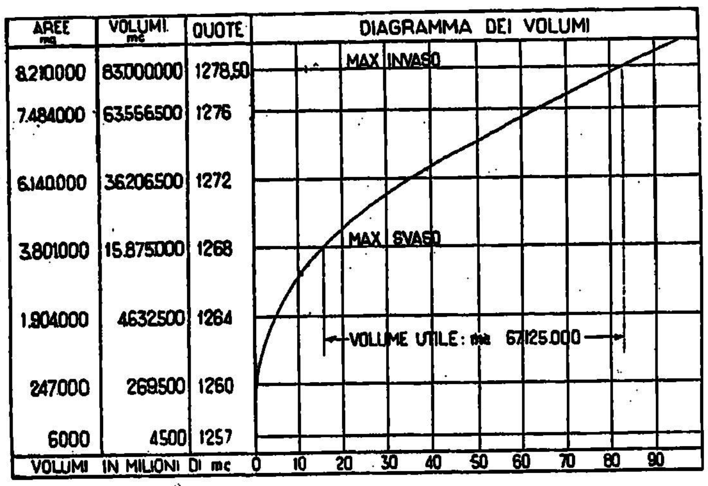



Fig. 30. - Curva dei volumi relativa al serbatoio dell'Arvo.

*b*) Serbatoio Arvo e diga di Nocelle.

L'alta valle dell'Arvo ha caratteristiche topografiche analoghe a quelle descritte per l'Ampollino ed anzi ancora più favorevoli alla formazione di un serbatoio. Il bacino è infatti più ampio e le pendici meno ripide, sicchè, con un'altezza di ritenuta di m 21,50 fra le quote 1257 e 1278,50, si consegue un volume totale di 83 milioni di metri cubi (v. fig. 30).

La capacità utile è però considerevolmente minore, e precisamente di mc 67.125.000, giacchè, trovandosi la soglia di sbocco della galleria di comunicazione con il serbatoio Ampollino alla quota 1265, la portata media dell'Arvo non può essere travasata nell'Ampollino se il livello del primo serbatoio scende al disotto della quota 1268. Rimangono circa 16 milioni di metri cubi normalmente non utilizzabili, ma che, in caso di necessità, potrebbero in gran parte essere convogliati nella galleria di derivazione: per travaso naturale, con portata decrescente, fino alla quota 1266,50 circa e poi mediante pompaggio. Riferito all'area del bacino imbrifero alimentatore (77 kmq) il volume utile del serbatoio risulta di 870.000 mc per kmq.

Anche qui la zona d'invaso era parzialmente paludosa e del tutto disabitata; andarono sommersi circa 8 km della Strada Statale n.° 108, che furono sostituiti da un nuovo tronco di uguale lunghezza. L'accesso alla diga è assicurato da un raccordo con la Strada Statale suddetta, dello sviluppo di 1 km circa.

Lo sbarramento è stato costruito nella località di Nocelle, poco a valle della confluenza con l'Arvo del torrente Rovalicchio, dove la valle comincia a restringersi notevolmente.

Le due falde sono ivi molto regolari, con pendenza media del 20÷25%; il terreno è costituito da granito in posto, completamente caolinizzato, senza alcun affioramento roccioso di estensione apprezzabile; questa costituzione si mantiene per una profondità rilevante, mentre la copertura di terreno vegetale o sabbioso è ovunque di spessore assai piccolo (1÷2 m), eccetto che nella parte pianeggiante del fondo valle, dove il banco alluvionale raggiunge una potenza di 5÷6 m.

La diga è del tipo in terra, con diaframma centrale di tenuta in argilla (fig. 32); l'altezza totale sul fondo è di m 25,50 e la ritenuta massima di m 21,50 risultando così un franco di 4 m. L'inclinazione media del paramento a monte è quella di 3 per 1, prescritta dalle « Norme » vigenti allorchè fu compilato il progetto, ed è ottenuta con profilo a pendenza gradualmente decrescente da 2/1 nella parte superiore a 5/1 nella parte inferiore. L'inclinazione media del paramento a valle è leggermente maggiore (2,9 per 1) e la scarpata è interrotta da quattro banchine della larghezza di m 2,50, in corrispondenza delle quali sono praticate le cunette di raccolta dell'acqua piovana, pavimentate in pietra a secco; cunette di costruzione analoga si svolgono lungo tutto il perimetro di raccordo del rilevato col terreno (fig. 29). La larghezza in sommità è di m 6, sicchè la larghezza totale al piede, in mezzaria della diga, risulta di m 164,60.

La superficie del paramento a valle è protetta contro il dilavamento da una copertura di zolle erbose disposte direttamente sul rilevato in terra.

Il paramento a monte è difeso contro l'azione erosiva delle onde da uno strato di pietrame costipato, dello spessore di 1 m, protetto a sua volta da una pavimentazione in blocchetti di calcestruzzo delle dimensioni di m 0,30 × 0,35 × 0,70 disposti a spina di pesce. Nella parte più bassa, la pavimentazione è costituita da un mosaico a secco in lastre di granito; sistema che fu successivamente abbandonato per la deficenza del materiale adatto.

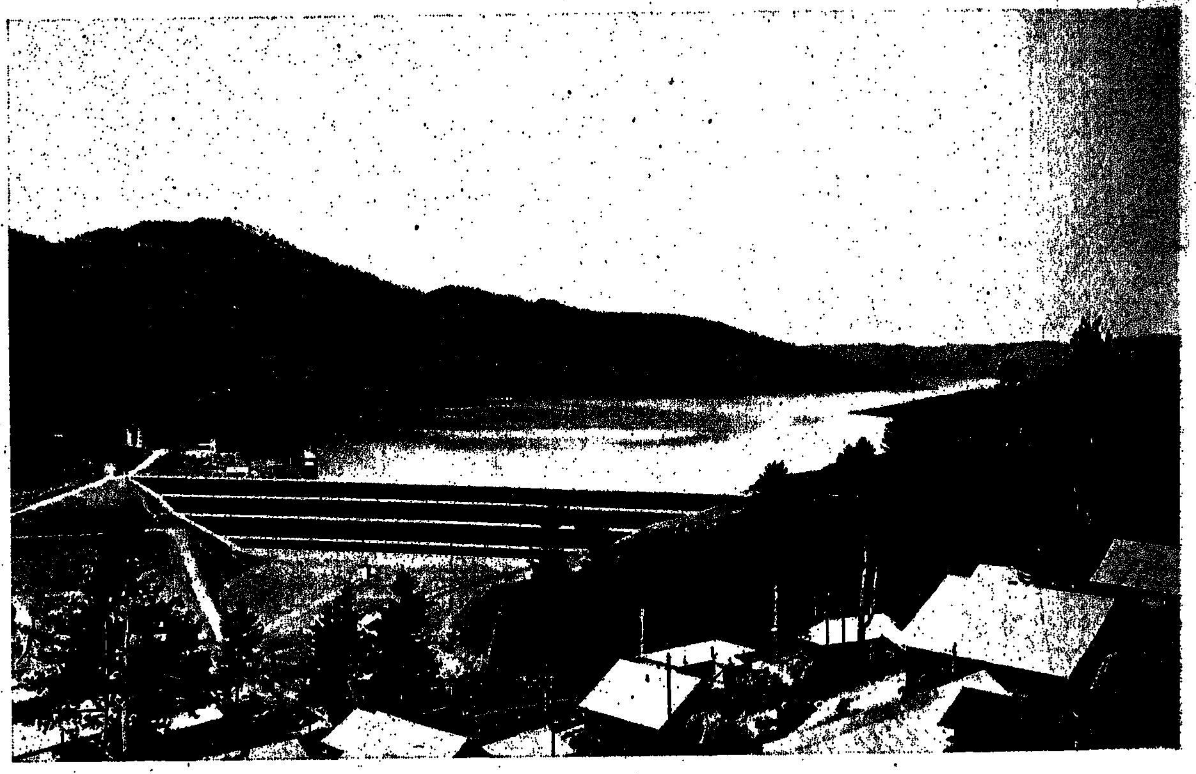


Fig. 31. - Diga di Nocelle.

Alla base dei due paramenti e lungo il perimetro d'impostazione, il massiccio terroso è sostenuto da un muraglione di piede, in pietra a secco, destinato ad evitare ogni possibile slittamento del terrapieno.

Dal lato del serbatoio, subito a valle del muro di piede, è stato costruito un diaframma secondario di tenuta, che, attraversando lo strato di deposito alluvionale del fondo valle, raggiunge il granito decomposto. Nel progetto originale questo diaframma secondario non esisteva ed era sensibilmente diversa la forma assegnata al diaframma centrale; i motivi delle varianti saranno esposti nel Capitolo IV, dove si descriveranno in dettaglio i procedimenti costruttivi, le caratteristiche dei materiali impiegati ed altre particolarità dell'opera.

Il diaframma principale di tenuta ha in sommità (quota 1281) uno spessore di m 2,50, che aumenta in ragione di 1 m ogni 4,50 di profondità (paramenti a inclinazione simmetrica di 1/9).

(1) La portata complessiva dei drenaggi, che era di circa 19,5 l/sec al momento del collaudo, con il massimo invaso del serbatoio, derivava in massima parte dai cunicoli del taglione e della sponda sinistra; solo 3÷4 l/sec potevano considerarsi come perdite delle murature. Attualmente la portata totale massima dei drenaggi è ridotta a circa 16 l/sec.

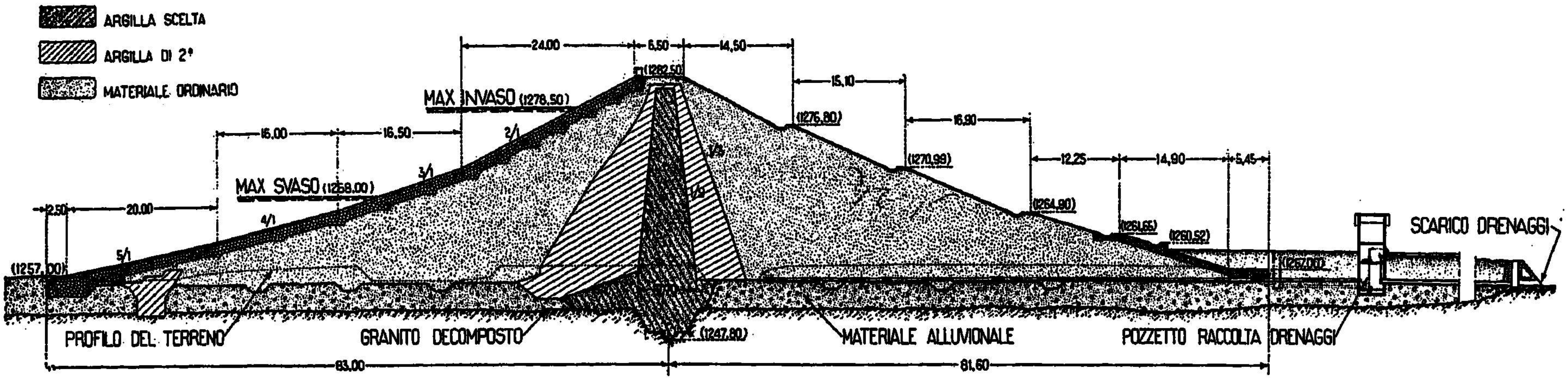



Fig. 32. - Diga di Nocelle. - Sezione trasversale.

approssimativamente fino alla quota del fondo valle. Ivi esso si accresce notevolmente, con una risega inclinata della larghezza di 10 m circa verso monte, ed una orizzontale di m 2,50 verso valle. La trincea di fondazione del diaframma (fig. 33), a pareti inclinate e gradini, raggiunge la quota minima 1247,80, che risulta m 30,70 al disotto del massimo invaso e m 4 circa al disotto del piano medio del granito decomposto.

Fig. 33. - Diga di Nocelle. - Trincea di fondazione del diaframma di tenuta.

Fig. 34. - Imbocco della galleria di scarico dell'Arvo durante la costruzione.

Per meglio garantire la tenuta, le zone di rilevato immediatamente contigue al diaframma centrale sono pure costituite da terre ricche di argilla (argille di 2ª); la zona di protezione a monte ha spessore crescente da m 0,75 in sommità a m 13,35 alla base, quella a valle è sensibilmente più stretta, variando il suo spessore fra m 0,75 e m 6,15 (fig. 32).

In corrispondenza del piano generale di fondazione del rilevato a valle del diaframma di tenuta, è disposta, trasversalmente alla vallata, una triplice serie di tubi di drenaggio in cemento, destinati a raccogliere e convogliare in apposito cunicolo di scarico le acque affioranti in piccola quantità nella zona suddetta e quelle che eventualmente potessero filtrare attraverso il diaframma. La disposizione planimetrica dei drenaggi risulta dalla fig. 29, dalla quale si rileva pure come i 5 tubi di raccolta facciano capo ad un pozzetto, dove sono misurate le portate di ciascuno, in modo da poter individuare immediatamente le zone dove si verificassero eventuali perdite. Fino dall'inizio, dette portate furono oggetto di sistematiche osservazioni ed è risultato che esse non hanno risentito alcun effetto per l'invaso del serbatoio, seguendo invece una regolarissima legge di variazione stagionale.

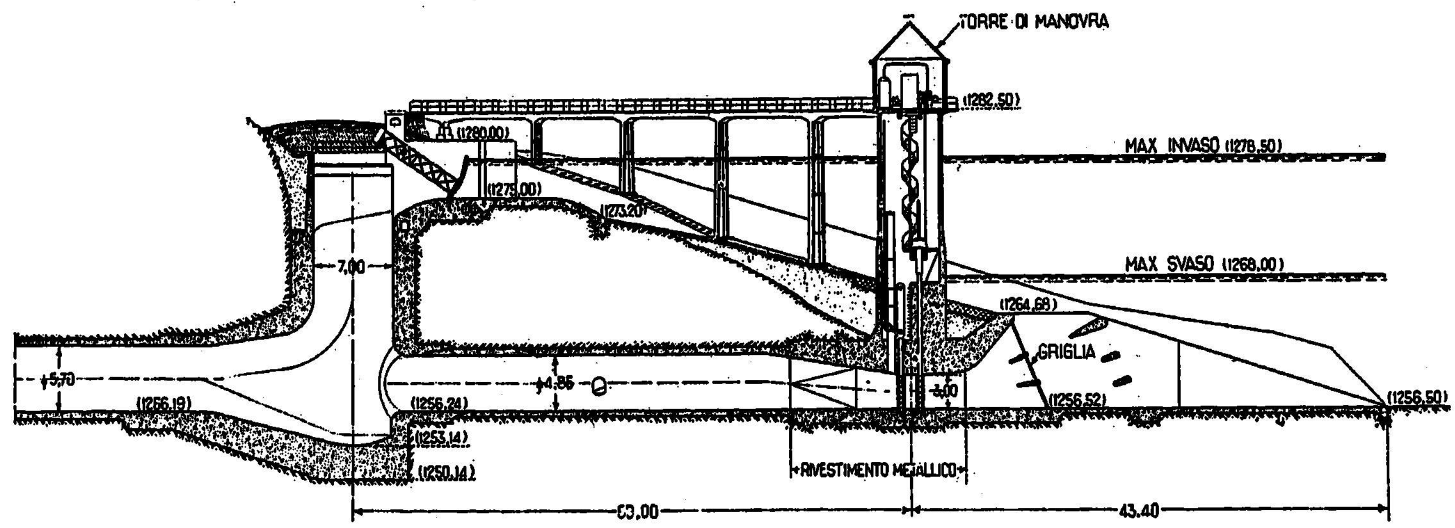



Fig. 35. - Serbatoio dell'Arvo. - Opere di scarico superficiale e profondo. - Sezione longitudinale.

Il volume totale del rilevato, compresi i rivestimenti, è, in cifra tonda, di mc 340.000 (1).

(1) È da notarsi che, in seguito a prescrizione del Servizio Dighe, l'altezza del rilevato è stata mantenuta in ogni punto del 3% superiore a quella teorica indicata nella fig. 32, per tener conto del successivo assestamento, previsto appunto nella misura massima suddetta. Le osservazioni effettuate dopo il completamento dell'opera danno motivo di ritenere che l'assestamento effettivo sarà circa 1/5 di quello previsto

Le opere di scarico superficiale e profondo hanno assunto nel serbatoio dell'Arvo una grande importanza, essendo stata prescritta per esse una capacità di erogazione elevatissima, in vista del tipo dello sbarramento, che richiede sia esclusa in modo assoluto ogni possibilità di tracimazione. Lo scarico di fondo (figg. 29, 35, 36) è costituito da una grande galleria a sezione circolare, provvista all'imbocco di adatti organi d'intercettazione, che saranno più oltre descritti, ed avente per un primo tratto, della lunghezza di m 35, il diametro di m 4,85 e per il successivo, della lunghezza di m 307, il diametro di m 5,70; la pendenza è uniforme, del 3,64 °/oo. Il passaggio dall'uno all'altro diametro avviene in corrispondenza di un pozzo verticale, nel quale si effettua lo scarico delle paratoie automatiche di sfioro.

Questo pozzo ha diametro interno di m 7 e profondità totale, sotto la soglia delle paratoie, di m 21,75; il fondo è disposto tre metri più basso di quello della galleria, in modo che ivi permanga un cuscino d'acqua sufficiente a smorzare l'urto delle acque scaricate dalle paratoie.

La capacità di erogazione dello scaricatore di fondo, quando funziona isolatamente con il massimo invaso del serbatoio, è di 200 mc/sec; analogamente le due paratoie di scarico superficiale possono scaricare 200 mc/sec, mentre i due organi, funzionando insieme, danno luogo ad una erogazione complessiva di 400 mc/sec corrispondente ad un afflusso specifico di piena di quasi 4 mc/sec per kmq. di bacino imbrifero.

Per lo smaltimento delle portate suddette, la galleria funziona sotto pressione con un carico che si annulla allo sbocco; la pressione massima nella parte iniziale, corrispondente al funzionamento contemporaneo dei due scarichi, risulta di circa m 14,50 d'acqua sull'asse della galleria. Il rivestimento di questa è pertanto costituito su tutta la lunghezza da un anello di calcestruzzo di cemento con rivestimento in gunite armata, calcolato per resistere alla pressione idrostatica interna (fig. 37).

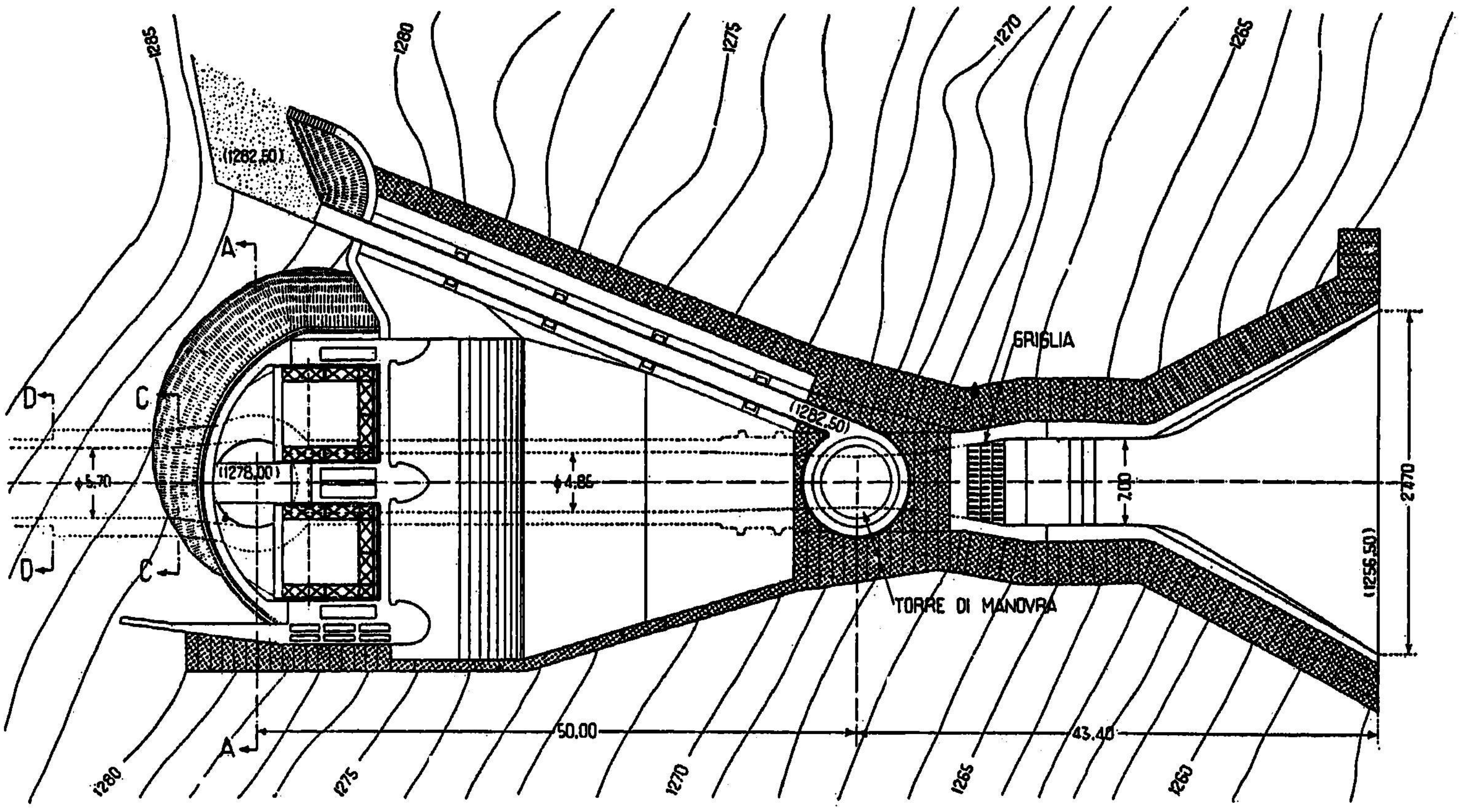



Fig. 36. - Serbatoio dell'Arvo. - Opere di scarico superficiale e profondo. - Planimetria.

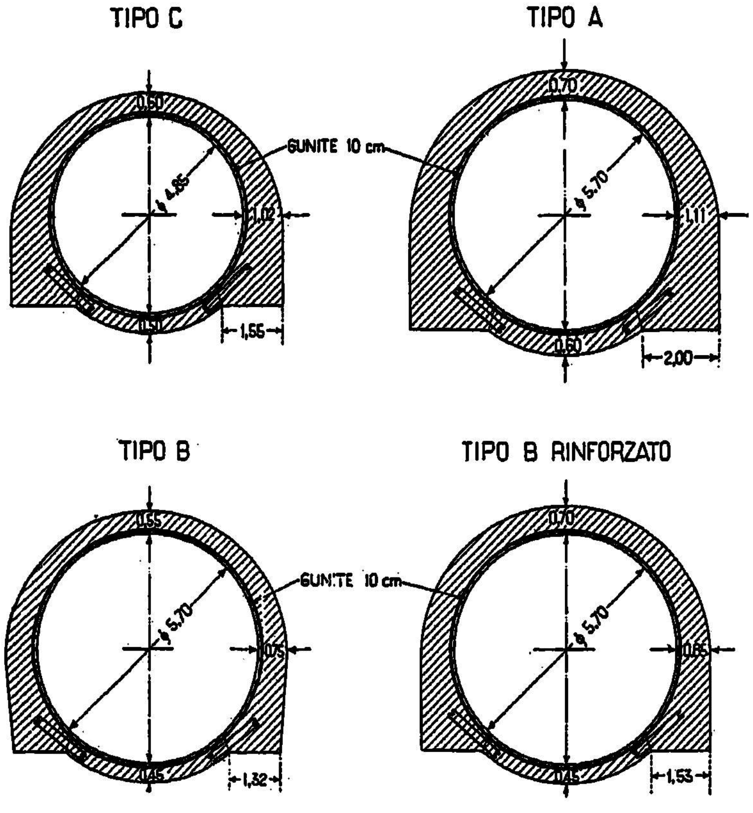



Fig. 37. - Sezioni tipo della galleria di scarico dell'Arvo.

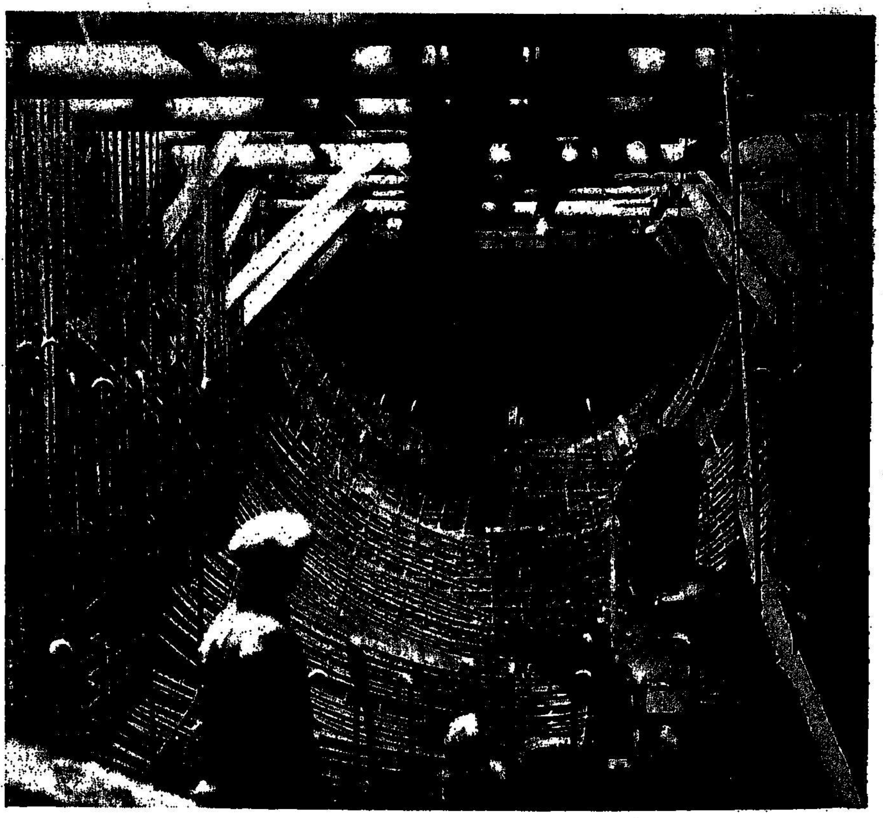


Fig. 38. - Serbatoio dell'Arvo. – Armatura del pozzo di scarico.

Fig. 39. - Serbatoio dell'Arvo. - Sbocco della galleria di scarico.

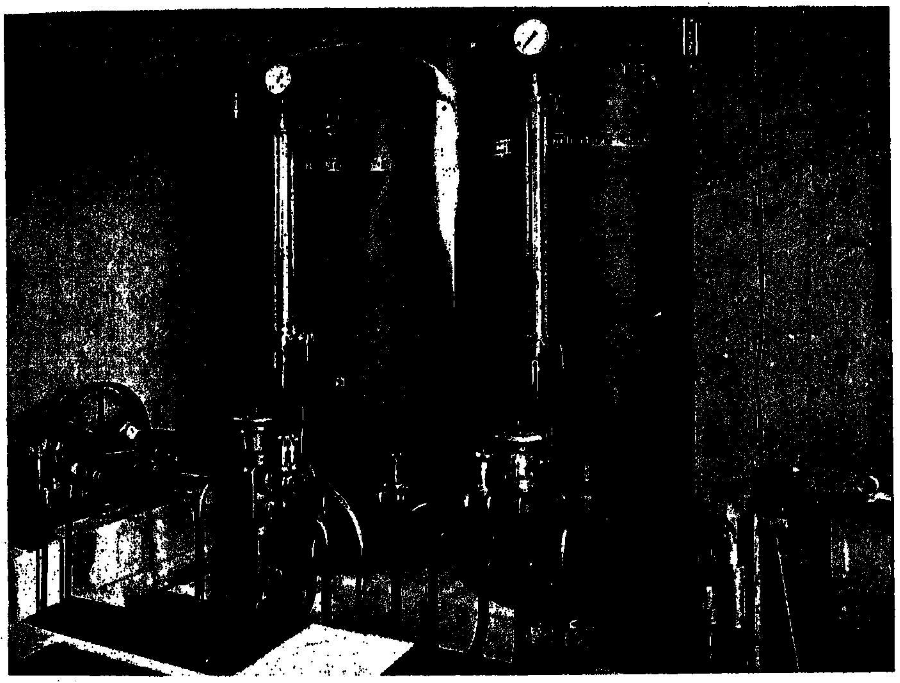


Fig. 40. - Serbatoio dell'Arvo. - Comandi delle paratoie a manovra idraulica dello scarico di fondo.

Gli anelli di rivestimento sono provvisti di piedritti opportunamente allargati in modo da ridurre la pressione unitaria sul terreno, che per la massima parte del percorso è costituito da granito decomposto. Un nucleo di roccia abbastanza sana e resistente si incontrò in corrispondenza della parte inferiore del pozzo, che è d'altronde armata assai fortemente (fig. 38), in modo da dare completa garanzia di stabilità anche nelle condizioni più severe di servizio.

L'imbocco della galleria è sagomato in forma convergente-divergente, con sezione trasversale rettangolare. Nel punto di minima altezza sono disposte le paratoie d'intercettazione, costituite da una coppia a comando idraulico, per il servizio normale ed una coppia anteriore, di riserva e di sicurezza, a comando meccanico. Le paratoie hanno larghezza di m 1,80 ed altezza di m 3,00; i diaframmi sono in lamiera di acciaio e ferri profilati e scorrono entro gargami in acciaio fuso; le superfici di scorrimento e di tenuta sono costituite da listelli di bronzo. Sia a monte che a valle delle paratoie, su una lunghezza complessiva di 16 m, la galleria è rivestita in lamiera di acciaio e analogamente è rivestito lo sperone che separa le paratoie; tale rivestimento è stato adottato, sia per costituire un complesso unico fra le armature delle due serie di gargami, sia per resistere all'azione erosiva dell'acqua che, in caso di funzionamento a piena portata, raggiunge velocità elevatissime.

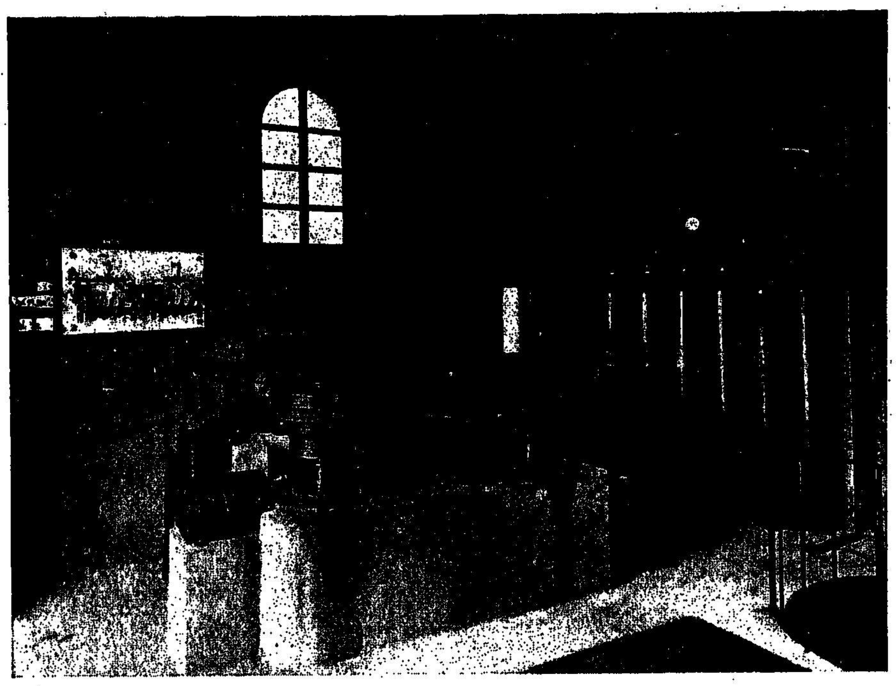


Fig. 41. - Serbatoio dell'Arvo. - Comandi delle paratoie a manovra meccanica dello scarico di fondo.

La trincea d'invito che precede l'imbocco, è provvista di tre setti orizzontali in cemento armato, opportunamente sagomati per guidare la vena d'acqua che s'immette in galleria; l'entrata di questa è difesa da una robustissima griglia a larghe luci, destinata ad impedire il passaggio di tronchi od altri corpi estranei di notevoli dimensioni, che potrebbero ostacolare il regolare funzionamento delle paratoie.

Il comando delle paratoie a manovra idraulica è eseguito mediante olio sotto pressione: il servizio normale è attuato da due elettro-pompe ad ingranaggi; come riserva si hanno due piccole pompe a mano e due campane ad aria compressa, che viene fornita da apposite batterie di bombole (figg. 40 e 41).

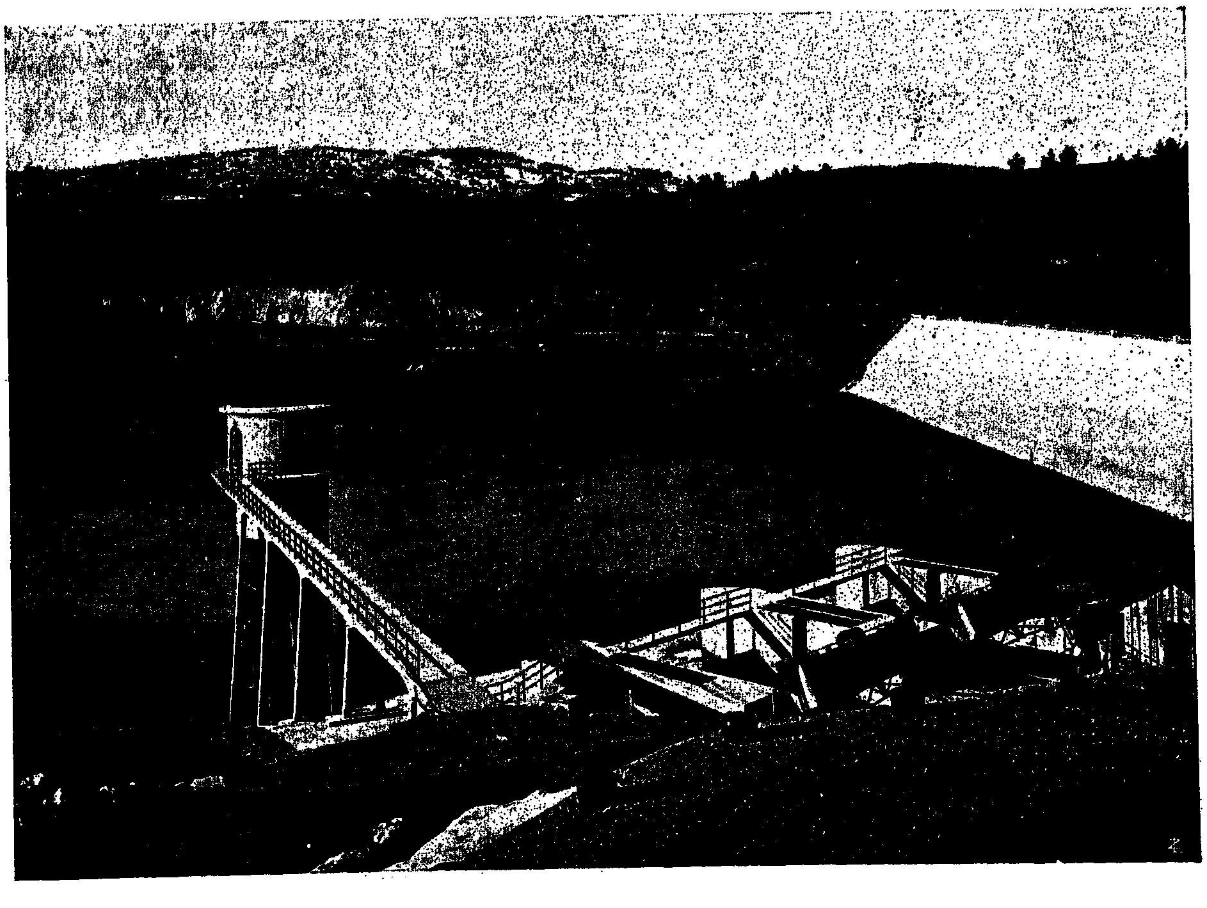


Fig. 42. - Serbatoio dell'Arvo. - Torre di manovra e scaricatore di superficie.

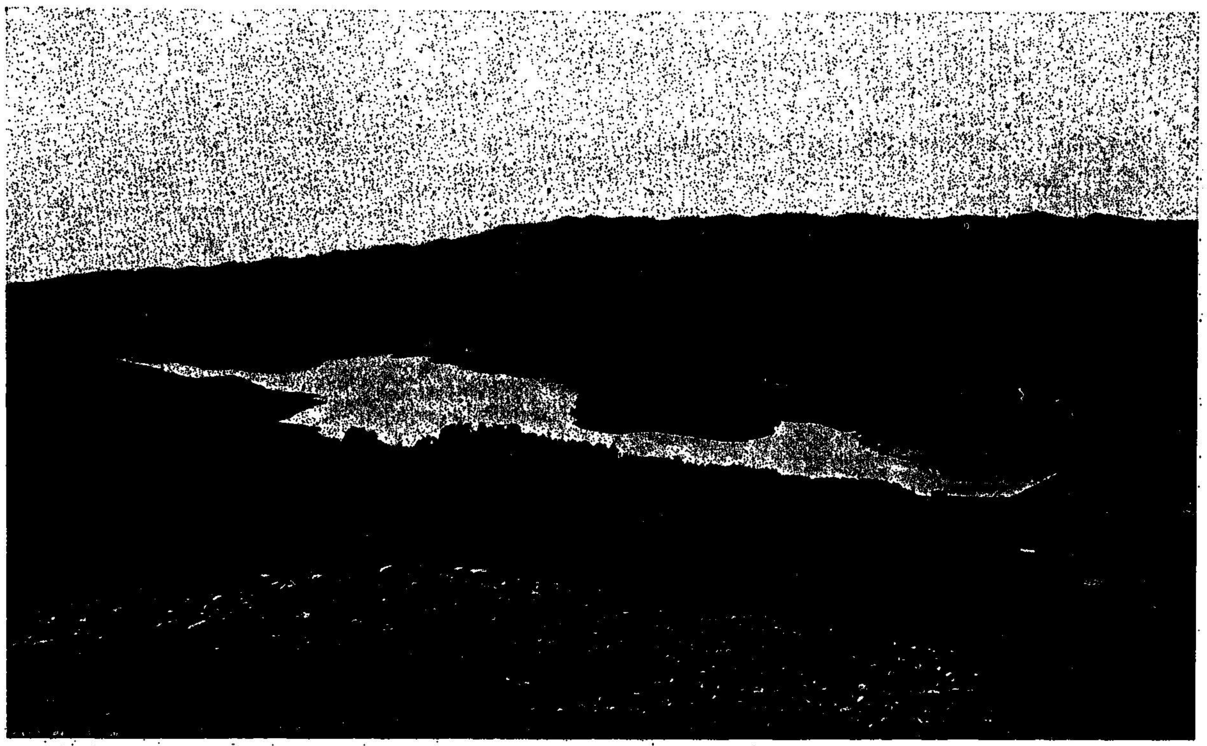


Fig. 43. - Serbatoio dell'Arvo visto dal Montenero.

Ogni singolo equipaggiamento serve normalmente una delle paratoie, ma con adatti smistamenti può, all'occorrenza, azionare anche l'altra.

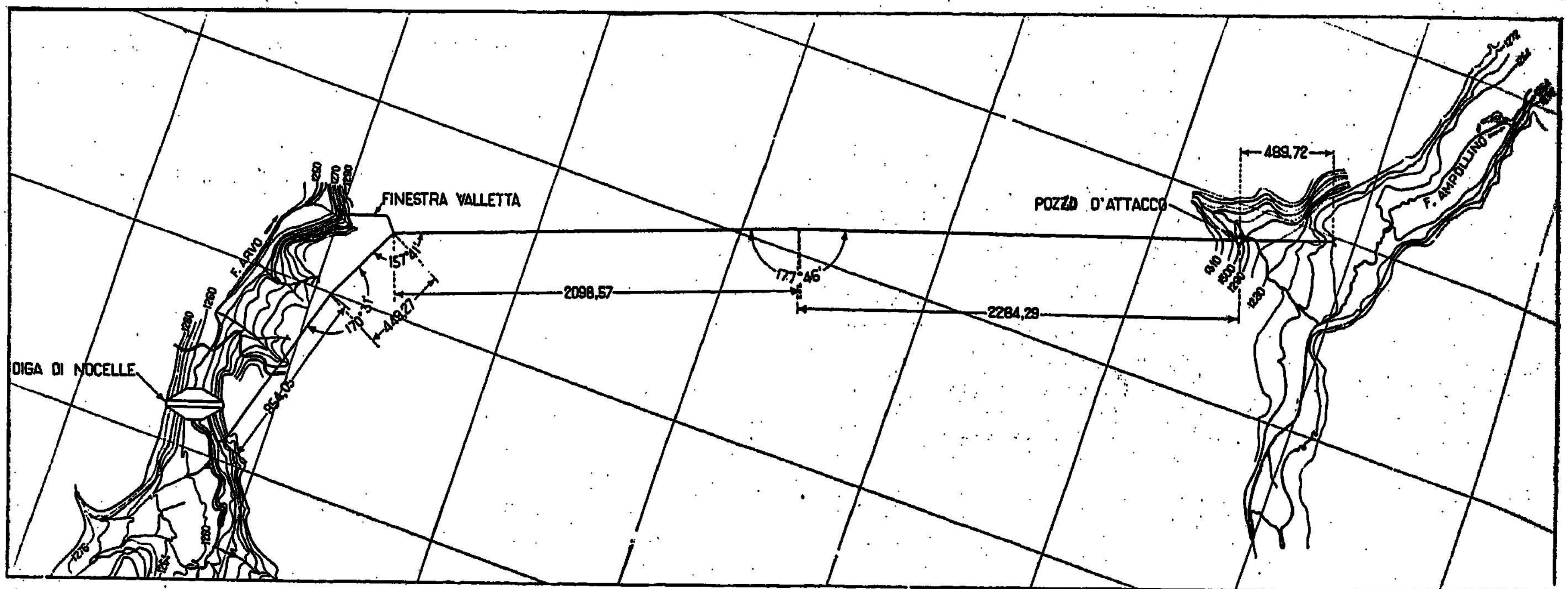



Fig. 44. - Galleria Arvo-Ampollino. - Planimetria.

Il comando delle paratoie di riserva è effettuato da due grandi argani a ruota elicoidale e vite senza fine, comandati normalmente da motore elettrico, ma azionabili anche a mano (fig. 41).

Tutti gli organi di comando sono contenuti in una torre in cemento armato (figg. 35 e 42) che si spicca dal blocco nel quale sono murati i gargami delle paratoie; i dispositivi di manovra sono concentrati nella cabina superiore di questa torre, a q. 1282,50, alla quale si accede mediante una passerella in cemento armato.

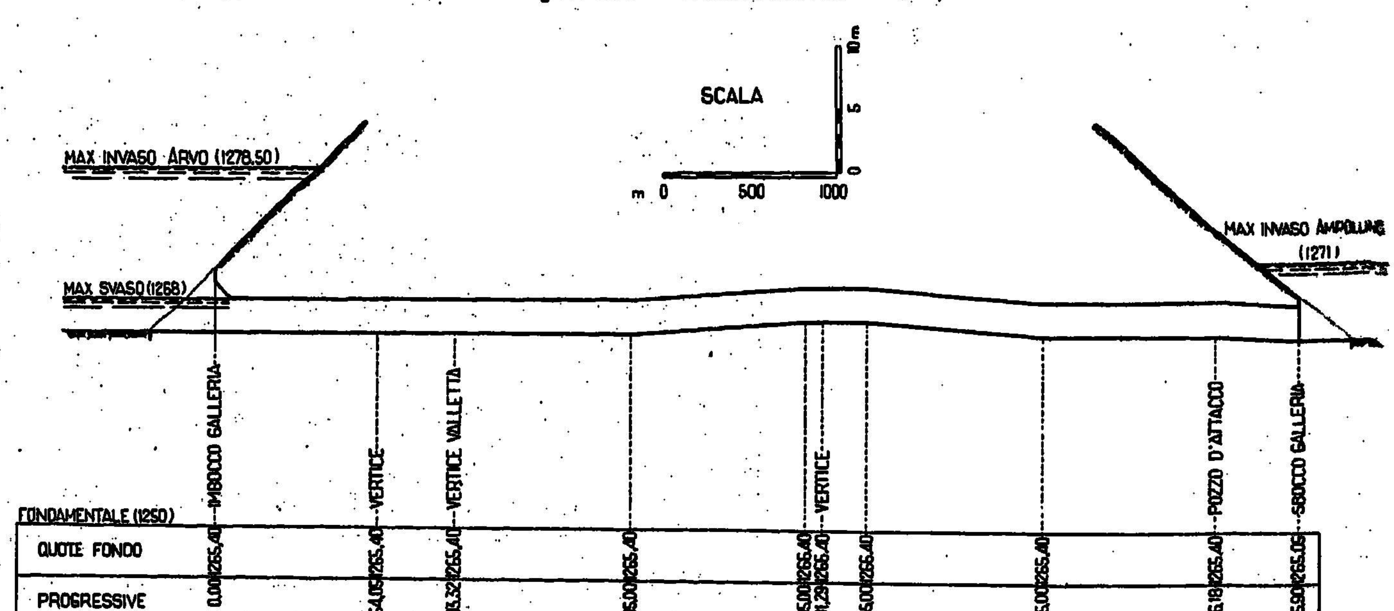



Fig. 45. - Galleria Arvo-Ampollino. - Profilo.

Lo scaricatore di superficie è costituito da una coppia di paratoie automatiche del noto tipo a settore contrappesato della Società Sbarramenti Automatici. Ciascuna paratoia ha una luce libera di m 8 e un'altezza di m 3,50 ed a completa apertura eroga una portata di 100 mc/sec con un sovralzo del pelo liquido a monte di 8÷10 cm.

Oltre che automaticamente, le paratoie possono sollevarsi anche con un comando idraulico manovrato a mano (immissione d'acqua nelle camere dei galleggianti) e con un comando elettrico o manuale che aziona un argano a catena Galle.

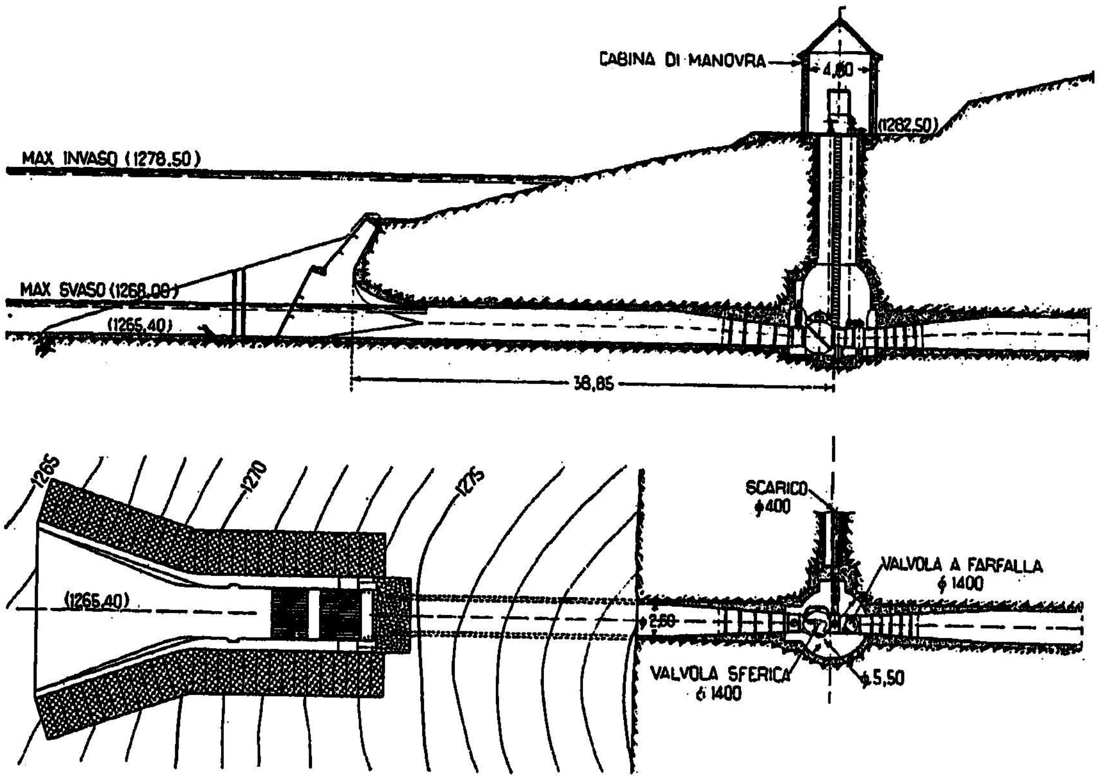
Durante la costruzione della diga, la galleria di scarico di fondo servì per deviare il corso dell'Arvo; a tale effetto le opere all'imbocco furono costruite soltanto quando la diga aveva già raggiunto notevole altezza, mentre nella prima fase di lavoro, quando la deviazione era ottenuta con una traversa provvisoria che sarà descritta al Capitolo IV, l'imbocco era completamente libero in modo da consentire, con un battente di circa 5 m sulla soglia, lo smaltimento di una possibile piena eccezionale di 100 mc/sec (1).

Il serbatoio dell'Arvo è posto in comunicazione con quello dell'Ampollino mediante una galleria forzata della lunghezza di m 6276, che attraversa il massiccio del Montenero.

Secondo il progetto, questa galleria avrebbe dovuto essere ad asse orizzontale e constare di due tronchi rettilinei, dei quali il primo, lungo m 1460, dalla presa fino al vertice Valletta, con tracciato parallelo alla valle dell'Arvo, ed il se-

(1) In realtà le maggiori piene verificatesi durante i lavori non superarono i 30 mc/sec, per l'attenuazione delle punte prodotta dall'invaso al quale dava luogo la traversa provvisoria.

condo, lungo m 4900 che, formando un angolo di 126° col primo, passava nel versante dell'Ampollino, dove era previsto un attacco in pozzo a circa 490 m dallo sbocco. Le difficoltà di perforazione in presenza delle notevoli venute d'acqua che furono incontrate fino dall'inizio del lavoro (v. Ca-



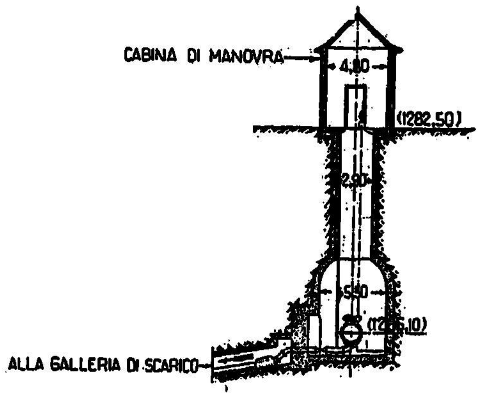




Fig. 46 e Fig. 47.
Galleria Arvo-Ampollino.
Opere di presa.

pitolo IV), diedero luogo ad una variante del tracciato planimetrico, che presenta diversi angoli (fig. 44) e ad una del tracciato altimetrico (fig. 45) che presenta una sopraelevazione di 1 m nella zona centrale.

La sezione trasversale della galleria è circolare con diametro di m 2,60; il rivestimento è costituito da un anello dello spessore

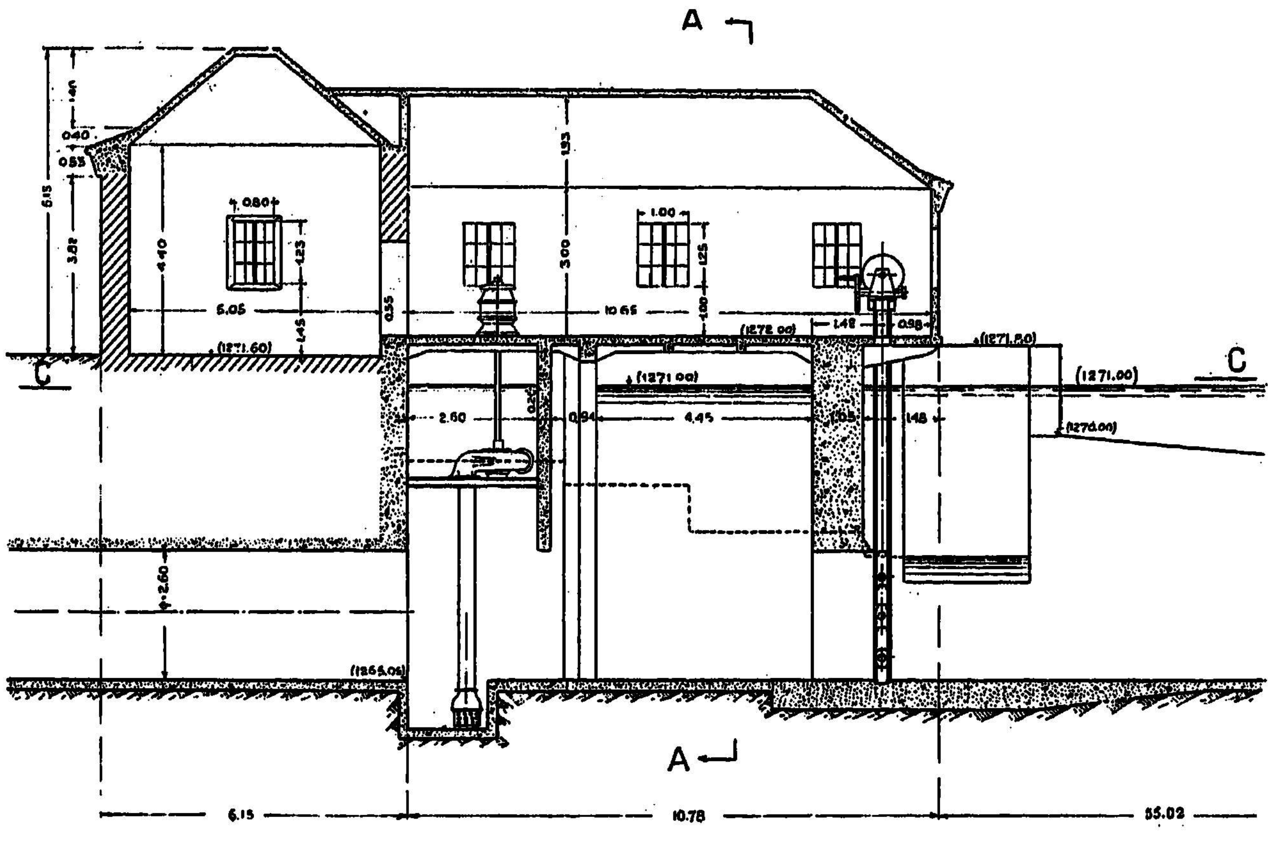



Fig. 48. - Galleria Arvo-Ampollino. - Sbocco nell'Ampollino.

di 30÷35 cm di calcestruzzo di cemento semplice, ovvero armato più o meno fortemente in dipendenza delle caratteristiche dei terreni attraversati. Come abbiamo detto, la galleria funziona sotto pressione ed il carico massimo sull'asse, in corrispondenza dell'imbocco, è di m 11,80. La portata che può essere erogata, quando entrambi i serbatoi sono al massimo livello, è di circa 10 mc/sec.

L'opera di presa è rappresentata nelle figure 46 e 47; essa consta di una trincea d'invito e di un imbocco conico, protetto da griglia, al quale fa seguito un breve tronco di galleria a sezione normale; 30 m circa a valle dell'imbocco, è inserito nella galleria un tronco di tubazione metallica in forma di cono convergente-divergente con diametro minimo di m 1,40 e nella parte centrale di questa sono disposti gli apparecchi d'intercettazione e regolazione.

La chiusura a tenuta è assicurata da una valvola in acciaio fuso del tipo cilindro-sferico, mentre la regolazione della portata si ottiene con una valvola a farfalla, pure in acciaio fuso, disposta a valle della prima. Fra le due valvole si ha uno scarico per il vuotamento eventuale della galleria di derivazione, che immette le acque, attraverso apposito cunicolo, nella galleria di scarico di fondo del serbatoio.

Le valvole ed i comandi relativi sono contenuti in un pozzo della profondità di 18 m che ha nella parte inferiore il diametro di m 5,50 e in quella superiore di m 2,90; i dispositivi di manovra sono tutti riportati in una cabina superiore, a quota 1282,50, che si trova in prossimità della casa di guardia.

Per la misura della portata, è stato disposto a monte della valvola cilindro-sferica un molinello elettrico, collegato con apparecchi di integrazione e registrazione.

Lo sbocco nell'Ampollino (fig. 48) avviene di regola liberamente; si è però installata una paratoia d'intercettazione per poter mettere all'asciutto e visitare la galleria, anche quando

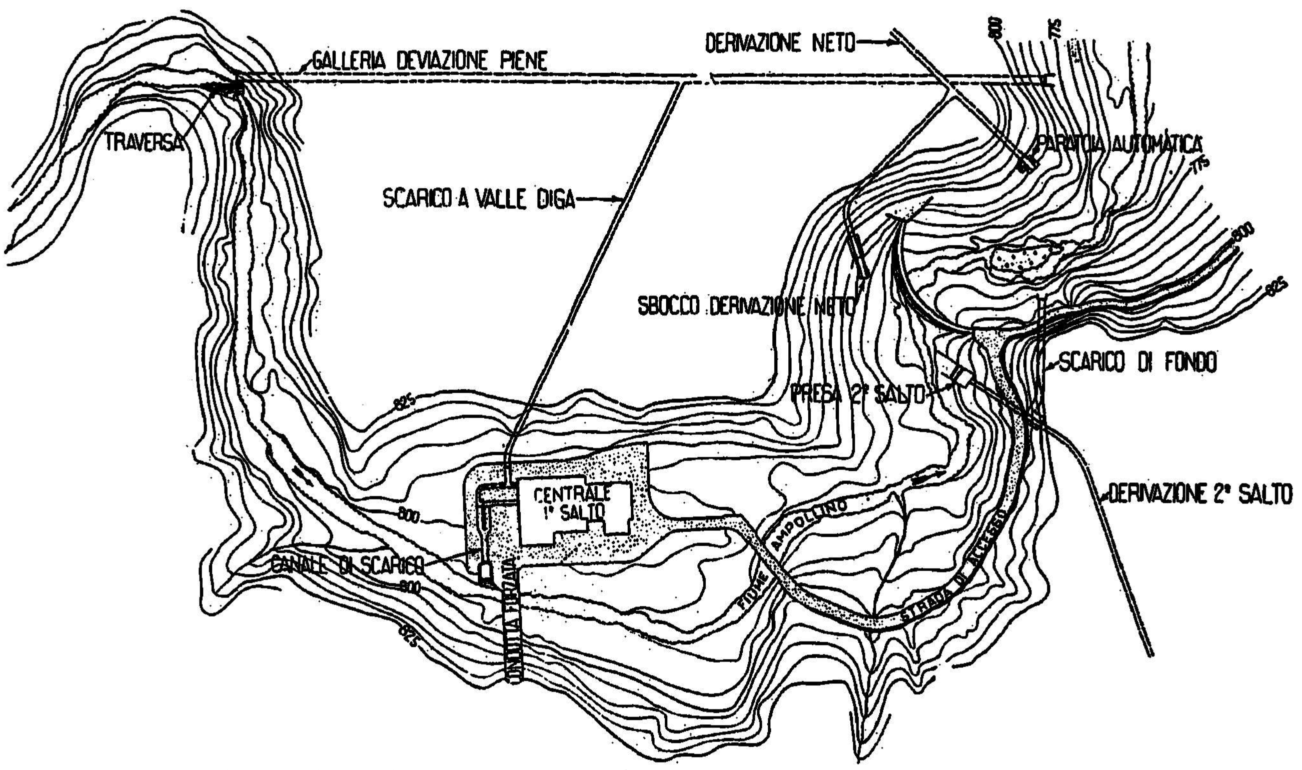



Fig. 49. - Bacino di compenso a quota 800. - Planimetria generale.

questo serbatoio sia a quota superiore alla soglia di sbocco (1265,05). Per evitare che in tal caso la pressione idrostatica nella galleria possa superare il valore corrispondente alla quota 1271 (max. invaso Ampollino), per il quale è stata calcolata l'armatura del rivestimento, si ha, subito a monte della paratoia, uno sfioratore con la soglia alla quota sudddetta.

Nell'edificio di manovra della paratoia sono pure contenute due elettropompe ad asse verticale della portata di 250 l/sec ciascuna (destinate a vuotare e a mantenere accessibile la galleria), nonchè la cabina elettrica di trasformazione che alimenta le pompe suddette.

*c*) Bacino di compenso e diga a quota 800.

A valle della Centrale 1° Salto, per rendere del tutto indipendente il servizio di questa da quello della Centrale 2° Salto, è stato formato, mediante lo sbarramento dell'Ampollino, un bacino di compenso della capacità utile di mc 200.000, nel quale vengono immesse anche le acque del Neto derivate a Juntura.

Dalla planimetria generale (fig. 49) si rileva la disposizione d'insieme delle opere ed in particolare della galleria di deviazione delle piene, che è destinata ad evitare ogni trasporto di materiali entro il bacino. Questa galleria ha una lunghezza di m 460, sezione rettangolare di m 3×4 e pendenza del 7%, sicchè, pur tenendo conto che per gran parte del percorso il fondo e le pareti non sono rivestite, la capacità di erogazione risulta non inferiore a 175 mc/sec.

Il fiume è sbarrato, subito a valle dell' imbocco della galleria predetta, mediante una piccola traversa fissa in muratura con rivestimento in bolognini di granito e l'imbocco stesso è normalmente chiuso da una paratoia piana a comando elettro-meccanico. Le acque provenienti dal bacino imbrifero a valle della diga di Trepidò affluiscono così nel serbatoio di compenso, tracimando la traversa. In caso di piena la paratoia viene aperta e il corso del fiume è completamente deviato nella galleria.

La diga di sbarramento (figg. 50 ÷ 53) è del tipo a volta, in calcestruzzo di cemento armato, con ciglio sfiorante. L'altezza massima sulla risega di fondazione (q. 771) è di m 24,90, lo spessore in sommità di m 1,60 e alla base di m 7,90. Il raggio di curvatura al coronamento, in corrispondenza del paramento a monte, è di m 47,50 e l'angolo al centro fra i piani d'imposta di 104° 35'.

Su entrambe le sponde la parte superiore della diga è impostata contro due grandi piloni, resi necessari dall'andamento del terreno, come risulta nettamente dalla planimetria.

Il volume totale della diga propriamente detta è risultato di circa 9500 mc e le fondazioni si sono dovute spingere a profondità notevole (circa 10 m in

Fig. 50. - Diga a quota 800 in costruzione.

taluni punti), provvedendo inoltre a renderle stagne mediante gunatura ed iniezioni di cemento. Con queste precauzioni la

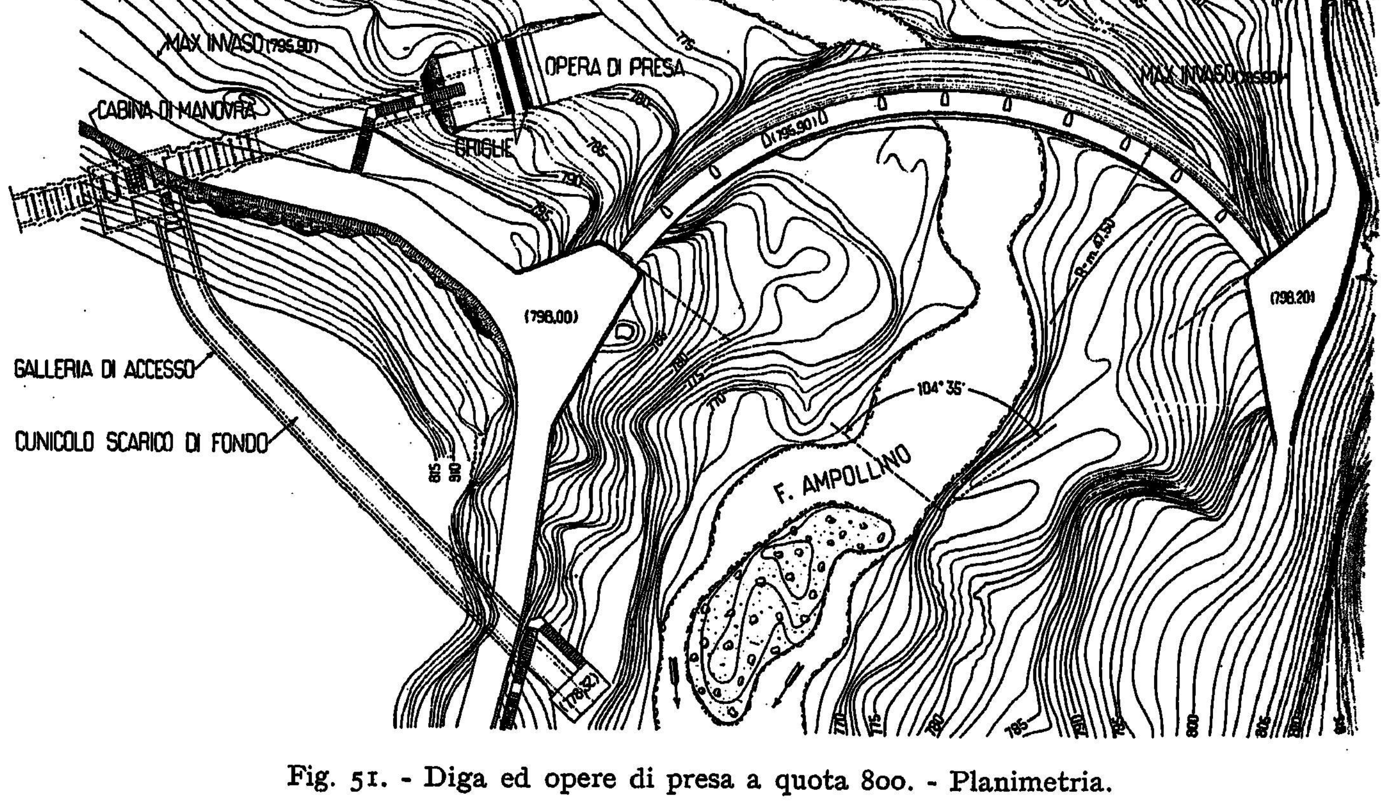



Fig. 51. - Diga ed opere di presa a quota 800. - Planimetria.

tenuta della diga è risultata praticamente perfetta. Il paramento a monte è rivestito con un intonaco di gunite protetto da una spalmatura di Inertol.

citazione del ferro di armatura è stata limitata a 1000 kg/cmq e quella di compressione del calcestruzzo a 35 kg/cmq.

La dosatura di questo fu stabilita con 400 kg di cemento

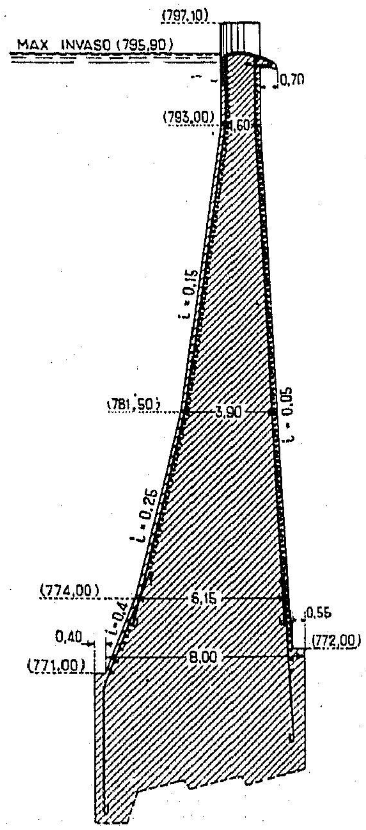



Fig. 52. - Diga a quota 800. Sezione trasversale.

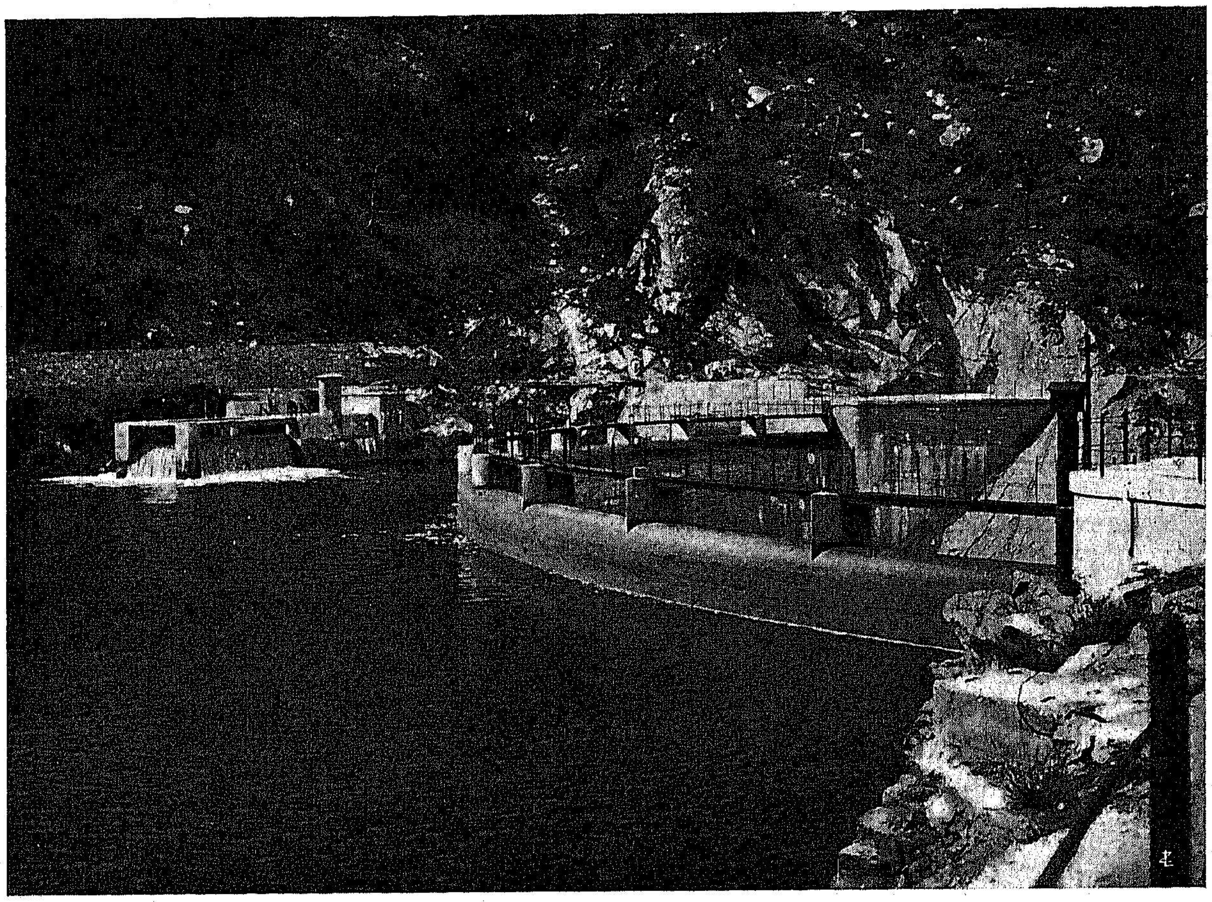


Fig. 53. - Diga a quota 800.

La volta è stata calcolata con le formole relative agli archi elastici incastrati, considerandola suddivisa in elementi orizzontali indipendenti. Per il calcolo è stato tenuto conto, oltre che del carico idrostatico, di una variazione di temperatura di ± 10° con differenza di ± 5° fra i due paramenti (1). La sollecitazione... 

per mc d'impasto nella parte inferiore della diga, e graduale riduzione fino a 300 kg/mc nella parte superiore.

La costruzione non presentò particolari difficoltà; fu solo necessario aumentare il raggio di curvatura (primitivamente progettato di m 37), e quindi lo spessore della diga, per poter impostare entrambe le spalle su roccia compatta che desse sicuro affidamento di stabilità.

ING. MARIO MORTARA.

(*Continua*).

(1) La misura degli spostamenti elastici, che viene regolarmente effettuata, ha indicato in corrispondenza del vertice, con il massimo invaso e per una variazione di temperatura ambiente di 18°, una variazione di freccia di circa 15 mm che concorda sensibilmente con il valore teorico di mm 14,4 ricavato dalle formole usualmente impiegate.

ING. GUIDO FERRO
SCUOLA D'INGEGNERIA DI PADOVA

# Minimo scavo e minimo costo nelle sezioni dei canali

In una breve nota, recentemente pubblicata su questa Rivista (1), il Prof. Marzolo, richiamata la scarsa applicabilità pratica della sezione di minima resistenza di un canale — ben diversa generalmente dalla sezione più economica — ha prospettato l'utilità della determinazione della sezione di minimo scavo, specificando, per differenti valori dell'inclinazione delle sponde, il rapporto più conveniente fra larghezza al fondo ed altezza d'acqua in funzione delle variazioni del franco rispetto all'altezza medesima. Per tal modo è apparsa dimostrata all'evidenza, dall'analisi e dai diagrammi, la convenienza di un

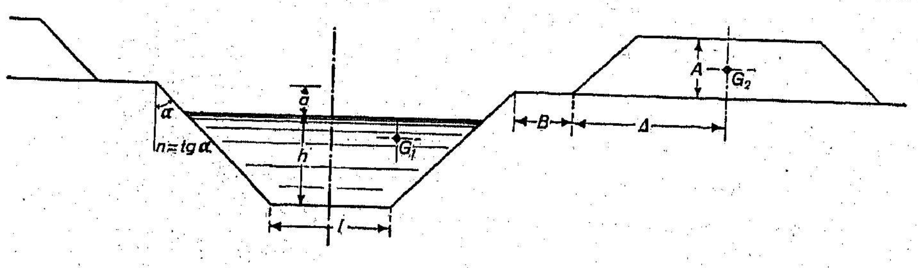



Fig. 1.

restringimento delle sezioni quanto maggiore è il franco in rapporto all'altezza, come del resto appare intuitivo riflettendo che, agli effetti idraulici, la porzione di sezione corrispondente al franco deve considerarsi inutilizzata e quindi devesi ridurre al minimo.

Poichè tuttavia il costo dell'opera, oltre che dal volume di escavo, dipende dal prezzo unitario, su cui notevolmente influisce la distanza di trasporto, è senza dubbio opportuno compiere un secondo passo nella ricerca delle sezioni di minimo costo, fra tutte quelle che — per una data inclinazione delle scarpate, imposta o consigliata dalla natura dei terreni e dalle caratteristiche dell'opera, e per una data pendenza — conciliano le due accennate condizioni di minimo. Agli effetti pratici questa ricerca consente, in altri termini, di evitare che la sezione di minimo scavo non abbia a risultare del minimo costo per l'esistenza di una troppo forte distanza di trasporto, e segnatamente di una troppo forte distanza verticale, che, a parità delle altre circostanze, sopratutto influisce sul costo medesimo, in relazione alle dimensioni della sezione.

In tali circostanze, adottata una generica sezione trapezia, con le notazioni segnate in fig. 1 e detto $V$ il volume di escavo per metro lineare di canale, $d$ la distanza di trasporto, $K$ e $K_1 = \rho K$ i costi unitari rispettivamente per l'escavazione vera e propria (taglio del terreno e carico sui mezzi di trasporto) e per il trasporto successivo alla distanza unitaria, l'espressione del costo da rendersi minima è la

$$C = K\,V\,(1 + \rho\,d) \tag{1}$$

cui devesi associare la condizione idraulica o di portata, espressa nella citata nota sotto la forma

$$\frac{S^3}{\chi} = \frac{((l + n\,h)\,h)^3}{l + 2\,h\sqrt{1+n^2}} = \left(\frac{Q}{c\,I^{\beta}}\right)^2 = \text{costante} \tag{2}$$

Detto per brevità $p = h + a$, sostituendo nella (1) a $V$ e a $d$ i valori quali si ricavano da semplici considerazioni geometriche e nell'ipotesi, genericamente ammessa, di eguagliare agli effetti del costo la distanza di trasporto verticale a 16 volte quella orizzontale, si ottiene praticamente:

$$d = \frac{p\,(1{,}5\,l + n\,p)}{l + n\,p}\left(\frac{n}{6} + 5{,}33\right) + \frac{l + 2\,n\,p}{4} + 8\,A + B + \Delta \tag{3}$$

da cui, trascurando i tre ultimi termini, dipendenti dalla posizione e conformazione dei depositi, cioè da condizioni locali estranee all'oggetto della ricerca, si ha

$$C = K\,p\,(l + n\,p)\left\{1 + \rho\left[\frac{p\,(1{,}5\,l + n\,p)}{l + n\,p}(0{,}167\,n + 5{,}33) + \frac{l + 2\,n\,p}{4}\right]\right\} = \text{minimo} \tag{4}$$

Il sistema delle (2) e (4), funzioni entrambe di $h$ e di $l$, è soddisfatto eguagliando il rapporto fra le derivate prime dell'una rispetto alle due variabili all'analogo rapporto delle derivate prime dell'altra.

Per la (2) si ha:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{\delta}{\delta h}\,\frac{[(l + n\,h)\,h]^3}{l + 2\,h\sqrt{1+n^2}} &= \left[\frac{(l + n\,h)\,h}{l + 2\,h\sqrt{1+n^2}}\right]^2 \left\{3\,l^2 + (6\,n + 4\sqrt{1+n^2})\,l\,h + 10\,n\sqrt{1+n^2}\,h^2\right\}\\
\frac{\delta}{\delta l}\,\frac{[l + n\,h)\,h]^3}{l + 2\,h\sqrt{1+n^2}} &= \left[\frac{(l + n\,h)\,h}{l + 2\,h\sqrt{1+n^2}}\right]^2 \left\{2\,l\,h + (6\sqrt{1+n^2} - n)\,h^2\right\}.
\end{aligned}\right\} \tag{5}$$

E per la (4)

$$\left.\begin{aligned}
\frac{\delta C}{\delta h} &= K\,p\left\{\frac{l}{p} + 2\,[n + \rho\,(8 + n)\,(l + n\,p)] + 0{,}25\,\rho\,\frac{l^2}{p}\right\}\\
\frac{\delta C}{\delta l} &= K\,p\left\{1 + \rho\,p\,(8 + n) + 0{,}5\,\rho\,l\right\}
\end{aligned}\right\} \tag{6}$$

---

(1) Gennaio 1932-X.

E pertanto dalle (5) e (6)

$$\frac{\frac{l}{h+a} + 2\left\{n+\rho\,(8+n)\,[l+n\,(h+a)]\right\} + 0{,}25\,\rho\,\frac{l^2}{h+a}}{1+\rho\,(h+a)\,(8+n) + 0{,}5\,\rho\,l} =$$

$$= \frac{3\,l^2 + (6n+4\sqrt{1+n^2})\,l\,h + 10\,n\sqrt{1+n^2}\,.\,h^2}{2\,l\,h + (6\sqrt{1+n^2} - n)\,h^2}. \qquad (7)$$

Poichè interessa determinare la variazione del valore del rapporto tra la larghezza al fondo $l$ e l'altezza $h$ in funzione dell'inclinazione $n$ delle sponde e dei valori di $h$ e $\frac{h}{a}$, posto anche qui

$$\frac{l}{h} = \lambda\ ,\quad \frac{h}{h+a} = \varphi \qquad (8)$$

e ricordato che nelle ordinarie e più comuni condizioni delle bonifiche — cui particolarmente è diretta l'applicazione di questa nota — per escavo di canali in terra ordinaria, è

$K$ = L. 1,50 per mc,

$K_1$ = L. 0,03 per mc e per metro di distanza,

$\rho = \frac{K_1}{K} = 0{,}02,$

risulta in definitiva dalla (7)

$$\frac{\lambda\varphi^2 + 2n\varphi + 0{,}04\,(8+n)\,(\lambda\,\varphi h + n h) + 0{,}005\,\lambda^2\varphi^2 h}{\varphi + 0{,}02\,h\,(8+n) + 0{,}01\,\lambda\,h} =$$

$$= \frac{3\,\lambda^2 + (6n+4\sqrt{1+n^2})\,\lambda + 10\,n\sqrt{1+n^2}}{2\,\lambda + 6\sqrt{1+n^2} - n} \qquad (9)$$

Nei diagrammi (figura 2) sono state tracciate le linee i cui punti soddisfano alla (9) per varie coppie di valori $\lambda$, $h$ (rispettivamente compresi fra 0 e 5 e fra metri 0 e 5) e per i possibili valori di $\varphi$ (tra $\varphi = 0{,}5$ e $\varphi = 1$) nei tre casi di $n = 0$, $n = 1$, $n = 1{,}5$, di cui i due ultimi sono i più frequenti nei canali di bonifica (1).

Dalla (9) — che si trasforma nell'espressione (14) della nota del Prof. Marzolo per $h = 0$ — e dai diagrammi appare innanzi tutto, com'era facile intuire, che il rapporto $\lambda$ per il minimo costo non è costante con $h$, come accade per la considerazione del minimo scavo, ma varia in funzione diretta di $h$ e la variazione è tanto più sensibile quanto minore è il franco — ed è massima per franco nullo, cioè per $\varphi = 1$, — e, a pari valori del franco in rapporto all'altezza $h$, quanto minore è l'inclinazione $n$ delle sponde. Reciprocamente, per ogni valore di $n$, un dato valore di $\varphi$ richiede differenti valori di $\lambda$ in relazione alla differente profondità. Ad esempio, assunto per semplicità il caso di $n = 0$, la sezione liquida rettangolare con $l = 2\,h$ è la più conveniente per $\varphi = 1$, $h = 0$ (caso limite, che risulta invece come caso generale per le sezioni di minimo scavo) e successivamente, ad esempio, per le coppie di valori

| | $h$ | $\varphi$ | | $a$ |
|---|---|---|---|---|
| m | 0,83 | 0,9 | m | 0,092 |
| » | 2,10 | 0,8 | » | 0,525 |
| » | 4,77 | 0,7 | » | 2,05 |

laddove la sezione liquida quadrata ($\lambda = 1$) è una sezione di minimo costo per valori di $\varphi$ praticamente compresi fra 0,6 e 0,8 e precisamente per

| | $h$ | $\varphi$ | | $a$ |
|---|---|---|---|---|
| m | 0,56 | 0,8 | m | 0,14 |
| » | 1,62 | 0,7 | » | 0,70 |
| » | 3,82 | 0,6 | » | 2,55 |

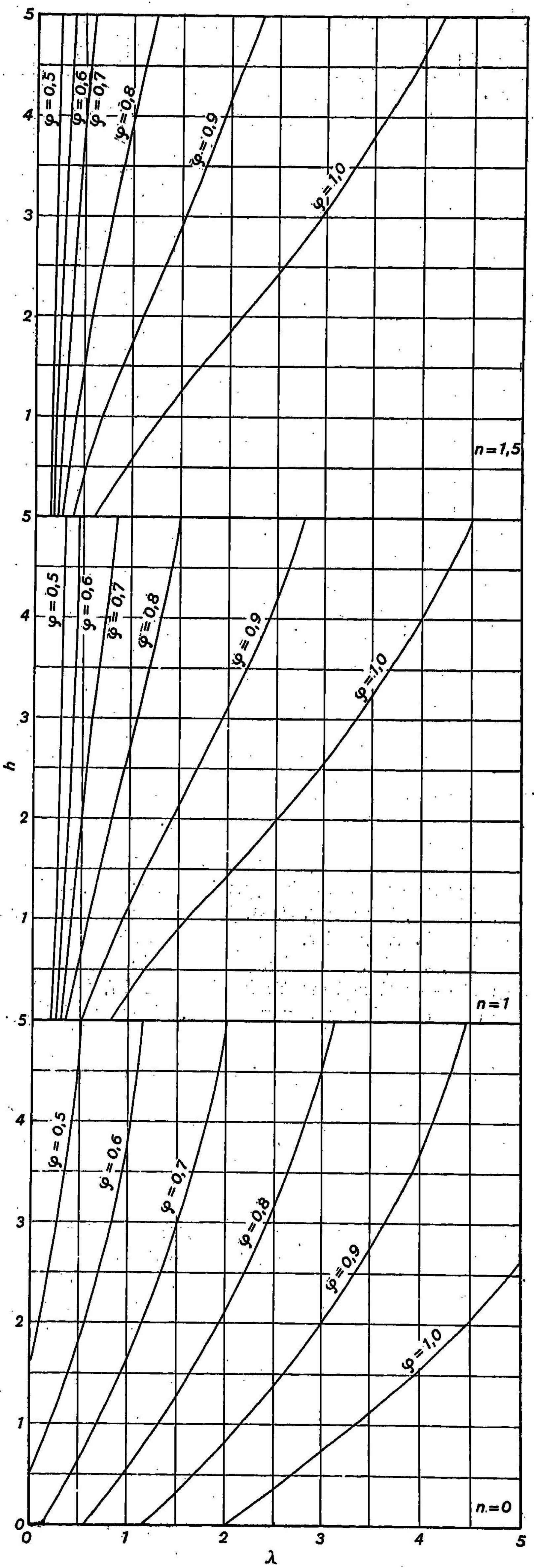


Fig. 2.

(1) Va specificatamente sottinteso che la considerazione del caso $n = 0$ (sezione a sponde verticali) è fatta solamente per ragione di semplicità di espressione analitica e per opportuno confronto; non potendosi per questo ammettere gli assunti valori di $K$ e $K_1$, riferentisi a scavi in terra ordinaria, laddove l'ipotesi $n = 0$ implicitamente presuppone scavi in roccia o in terra compatta con rivestimenti di sponda.

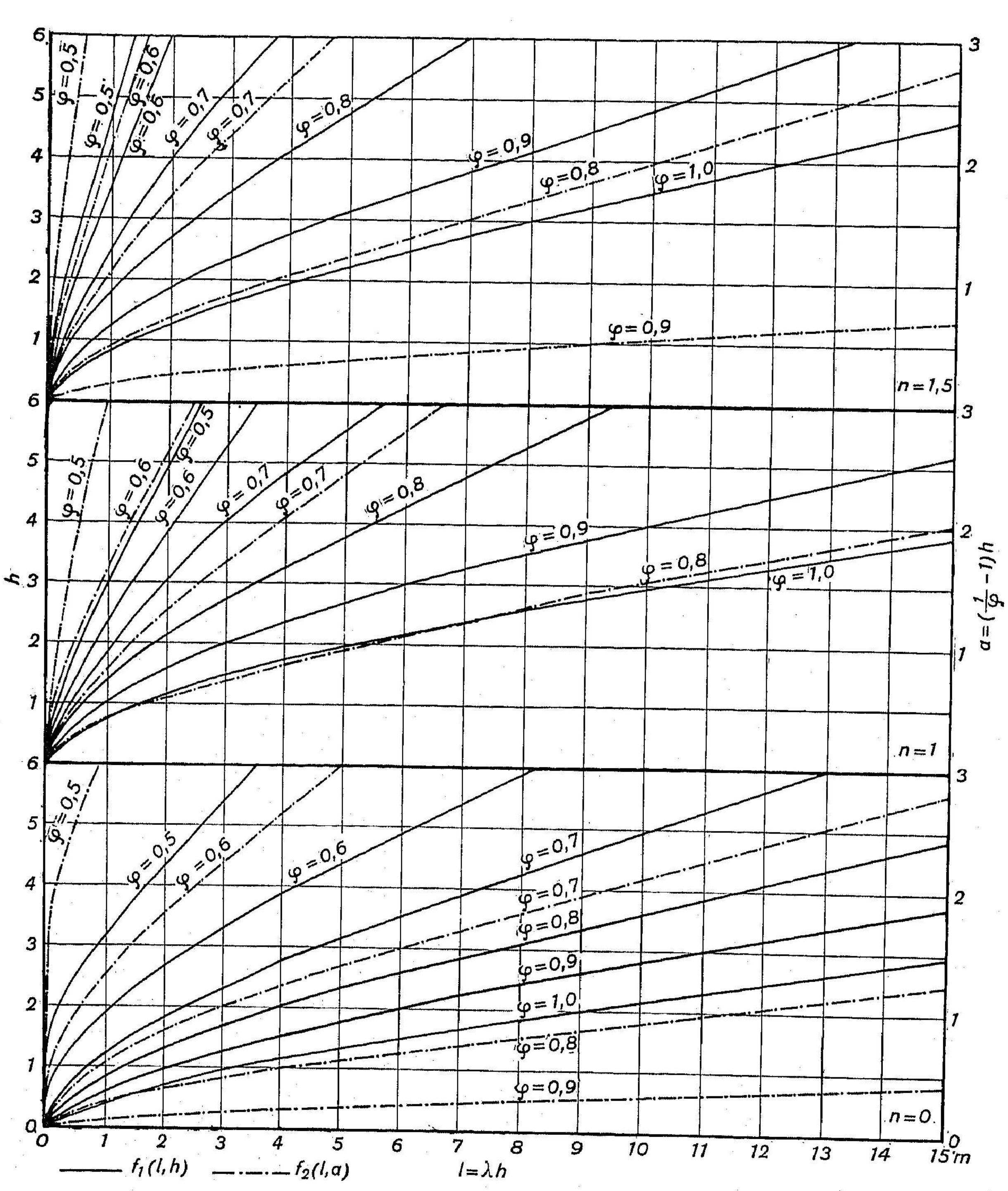



Fig. 3.

Nella figura 3 sono tracciate per i tre accennati casi $n = 0$, $n = 1$, $n = 1{,}5$, le curve $f_1$ $(l, h)$, $f_2$ $(l, a)$ per i differenti valori di $\varphi$ compresi tra 0,5 ed 1. L'uso di questo diagramma o delle formule (2), (8), (9), determina praticamente la sezione di minimo costo — nei suoi caratteristici elementi $l$, $h$ ed $a$ — fra tutte quelle capaci, a pari pendenza $I$, di una portata $Q$. Va tuttavia osservato che, mentre nella ricerca delle sezioni di minimo scavo (essendo il rapporto $\lambda$ costante con $h$ e dipendente solo da $\varphi$ e da $n$) la pratica applicazione richiede solo continue variazioni della larghezza $l$ in rapporto al franco locale $a$, per le sezioni di minimo costo invece, l'integrale applicazione dei risultati che precedono potrebbe richiedere altresì variazioni più o meno sentite dell'altezza o, diversamente, dimostrare uno scostamento più o meno sensibile dalle condizioni di minimo costo.

Ma poichè d'altro canto è certo che l'elemento economico è di capitale importanza (pur non bastando da solo a influire sulla determinazione delle sezioni dei canali), le considerazioni che precedono — lungi dal voler recare norme precise nella determinazione delle sezioni dei canali, anche in relazione ai valori numerici assunti in base ad un caso specifico — trovano la loro giustificazione e possono riuscire non superflue nel senso di indicare la precisa convenienza economica delle sezioni di minimo scavo e la loro applicabilità sulla base del costo unitario di scavo (1).

PROF. ING. GUIDO FERRO.

*Padova - Istituto di Idraulica della R. Scuola d'Ingegneria, maggio* 1932-X.

---

(1) Durante la compilazione della presente nota è apparsa su questa stessa Rivista (aprile 1932-X) una nota del Prof. Lelli, che estende le considerazioni già svolte dal Prof. Marzolo, applicando nell'equazione monomia $U = c\, R^{\alpha} I^{\beta}$ il valore $\alpha = 2/3$, laddove dal Marzolo era stato assunto $\alpha = 1/2$. Quanto è esposto nella presente nota intorno al minimo costo può ovviamente estendersi anche assumendo l'ipotesi del Prof. Lelli, per la quale il secondo membro della (9) si trasformerebbe in

$$\frac{5\lambda^2 + (6\sqrt{1+n^2}+4n)\lambda + 4(n^2 - n\sqrt{1+n^2})}{3\lambda + 2(5\sqrt{1+n^2}-n)}.$$

Si ritiene tuttavia superfluo ripetere i calcoli per la determinazione di nuovi diagrammi, a cagione della natura stessa di questa ricerca, che, come tutte quelle in cui intervengono criteri e dati di costo, non può avere carattere esattamente rigoroso e generale nelle risultanze finali.

ING. ETTORE CESÀRI

DIRETTORE DELL'« UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE »

# L'industria elettrica all'estero

## Stati Uniti d'America

### Caratteri dell'industria.

Gli Stati Uniti rappresentano, oltre alla patria di origine dell'industria elettrica, nche la nazione dove essa ha assunto la maggiore importanza, ia assoluta che relativa. Essa vi è nata in condizioni di ambiente el tutto diverse da quelle di qualsiasi altro paese, il che le a conferito alcune caratteristiche particolari.

Quando nel 1882 sorgeva a New York la prima centrale e i funzionava la prima rete di distribuzione, altri servizi in omune avevano già assunto in quel grande Paese uno sviluppo ella più alta importanza. Particolarmente le ferrovie e il te-egrafo vi avevano raggiunto dimensioni che in Europa destaano stupore: e ciò in conseguenza sia della vastità del terriorio che della febbre di lavoro e di affari che dopo la guerra i secessione aveva pervaso il Nordamerica. Anche il telefono i aveva già un notevole sviluppo, e le distribuzioni di gas i avevano un'importanza proporzionata alla vastità dei grandi entri abitati. Una giurisprudenza si era perciò andata forandо, a partire dal 1876, in materia di pubblici servizi, ed ssa non tardò ad essere estesa per analogia al nuovo genere di istribuzione. Questa fu la prima delle cause che diedero luogo America a quel regime di controllo che spesso viene citato, non sempre a proposito, dai fautori dell'ingerenza statale ell'industria elettrica.

Questi invocano sovente, a sostegno della loro tesi, la prospetà dell'industria elettrica americana come una prova delinnocuità del controllo: dimenticando che sotto il controllo ssa in America è nata. Così essa ha potuto man mano adattare proprii meccanismi tariffarî al regime vigente, e la differeniazione dei prezzi ha potuto stabilirsi per gradi continui e enza scosse. E il controllo americano è d'altra parte cosa ben iversa da quanto qualcuno immagina fra noi.

Il principio del controllo sui pubblici servizi sorse in America ome risultante di diverse correnti di idee. Più che il timore elle conseguenze del monopolio furono i primi cattivi risultati i una concorrenza troppo libera (sopratutto « doppioni » e attaglie coi prezzi portate all'eccesso) che condussero al conollo dei pubblici servizi. Ma più di tutto concorse a farlo ccettare il concetto che a garantire servizi efficienti e a buon ercato occorre assicurare al capitale investito dalle Società n equo profitto, sì da facilitare il richiamo dei nuovi investimenti che annualmente occorrono per far fronte alla continua spansione dei servizi. Quindi il controllo ebbe una funzione ilaterale.

Una lunga vicenda giudiziaria svoltasi fra il 1876 ed il 1899 chiudeva con la sentenza, rimasta celebre, della Suprema orte Federale nel caso della « Milwaukee and St. Paul Railroad »: la quale stabiliva che se ad una Società è tolta la facoltà di applicare ragionevoli tariffe senza regolare investigazione giudiziaria, essa viene così privata del legittimo uso della sua proprietà senza le dovute procedure di legge, il che costituisce una violazione della Costituzione federale. Con tale decisione il controllo veniva sottratto al potere politico, e tutte le questioni che insorgono sulle leggi che regolano i pubblici servizi sono divenute di competenza dell'Autorità giudiziaria.

Questi principî furono applicati anche al caso dell'industria elettrica; la quale non è regolata in modo assolutamente identico nei vari Stati dell'Unione: anzi, vi sono in ciò sensibili differenze fra Stato e Stato. Il concetto generale è basato sulla creazione di Commissioni statali di controllo, le decisioni delle quali sono sempre appellabili davanti all'Autorità giudiziaria in tutti i gradi, fino alla Suprema Corte federale. Tale azione di Appello è possibile anche contro le troppo gravose imposizioni di nuove leggi, poichè in America i tre poteri legislativo, esecutivo e giudiziario sono completamente indipendenti, ed il terzo è il preminente.

Un simile sistema ha potuto esistere in un paese dove è largamente diffuso in tutte le classi il rispetto e l'ammirazione pei guadagni tratti dal lavoro e dall'abilità commerciale.

Questo è l'ambiente nel quale l'industria elettrica americana è cresciuta ed ha prosperato: essa vi si è adattata sin dal primo giorno e perciò quasi non si è accorta dell'esistenza del controllo. Il quale avrà certo influito, ora in un senso ora nell'altro, sulla vita e le direttive dell'industria, ma le ha in pratica lasciato la più larga libertà e talvolta ne ha favorito lo sviluppo.

Hanno presidiato questo sviluppo oltre al già ricordato principio fondamentale che il controllo, ossia la sorveglianza sui prezzi, è completamente sottratto alla politica e si esercita con il sistema delle perizie soggette a gravame davanti alle autorità giudiziarie, alcune norme o costantemente seguite in pratica o proclamate come fondamentali dall'autorità giudiziaria. Fra le altre questa: che ha diritto ad essere retribuito col tasso massimo fissato in ciascuno Stato *tutto* il capitale investito nell'industria e non soltanto il capitale azionario, cosicchè l'eventuale minor costo, per esempio, delle obbligazioni va a vantaggio delle azioni. E ancora quest'altra: che il tasso di diritto spetta a quella cifra di capitale investito che si ottiene determinando il *valore di ricostruzione degli impianti*, cioè il valore cui si giunge supponendo che gli impianti stessi vengano costruiti *ex-novo* ed eseguiti nel momento in cui si fa la perizia, tenendo conto in diminuzione del minor valore dipendente dalla loro età e dal loro stato di conservazione.

Quest'ultima regola ha avuto per effetto di eliminare di colpo le contestazioni dipendenti dalle variazioni intervenute o intervenienti nel potere d'acquisto della moneta. Se questa regola fosse stata seguita in Italia quando la lira perdette il potere d'acquisto antebellico, gli utenti italiani avrebbero dovuto

spendere parecchi miliardi di lire, più di quanto non abbiano sborsato negli anni dal 1919 al 1927 e tutta la logomachia e l'ostilità manifestatasi contro le imprese elettriche avrebbe dimostrato a nudo di mancare del più minuscolo fondamento di giustizia e di equità. Ma tutto il mondo è paese; anche agli Stati Uniti si vanno levando dai demagoghi contro l'industria elettrica le stesse critiche che si fanno alla nostra, e le Commissioni di controllo ne ricevono anch'esse la loro parte di accuse e di ingiurie, perchè ciò che preme agli interessati in generale non è la giustizia ma il tornaconto.

L'effetto più cospicuo della sorveglianza legale agli Stati Uniti è stato quello di impedire in modo assoluto la concorrenza. Ciò che si verifica in alcune grandi città italiane, dove una Società ed il Comune o in concorrenza o in base ad accordi esercitano insieme la distribuzione dell'energia, sarebbe giudicato agli Stati Uniti come un errore grave.

L'industria elettrica americana è prevalentemente in mano a Società private. Le Aziende comunali sebbene in gran numero, rappresentano una modesta frazione dell'attività totale, e vanno gradualmente scomparendo. Numerose sono le « Holdings »: secondo le informazioni date dalla « Bombright and Co. » esse erano alla fine del 1930 circa cinquanta, molte delle quali interessate anche in distribuzioni di gas ed in impianti di trazione.

Secondo l'*Electrical World* (2 gennaio 1932) alla fine del 1931 funzionavano 2596 Imprese delle quali 1308 private e 1288 comunali. Ma il *numero* delle centrali sta nel rapporto di circa *tre* private contro *una* centrale comunale. Nel 1927 gli incassi lordi furono di 1680 milioni di dollari per le Imprese private e 122 milioni per le comunali.

Nel 1912 vi erano 5221 Imprese (incluse le comunali, che erano 2581). Nel 1917 si toccò il massimo con 6542 Imprese, per scendere a 2596 nel 1931.

La tendenza alla concentrazione è dimostrata anche dall'aumento progressivo del numero dei Gruppi che collocano più di cento milioni di kWh annui. Nel 1922 ve n'erano soltanto sei, nel 1927 ve n'erano 124, ed alla fine del 1930 ve n'erano 142. Veramente due, compresi nella Statistica, non raggiunsero nel 1931 tale cifra, ma ciò è attribuibile a cause passeggere. Essi produssero 79 491 milioni di kWh e ne acquistarono 15 338. Le centrali da essi possedute erano 1919 con una potenza complessiva di 29 915 275 kW, dei quali il 28,4% di origine idraulica. Essi rappresentano il 92% della produzione ed il 91% della potenza installata.

I gruppi che produssero più di un miliardo di kWh furono nel 1931 ben 27. Essi produssero 49 600 milioni di kWh, ed erogarono (fra prodotto ed acquistato) 56 706 milioni di kWh.

Il più importante è il Gruppo « New-York Edison » che ha prodotto 5138,2 milioni di kWh. Nel totale esso è superato dal Gruppo « Niagara Hudson », che però acquista da terzi il 16% del suo fabbisogno, che nel 1931 fu di 5.911,4 milioni di kWh. Seguono la « Pacific Gas and Electric Co. » e la « Commonwealth Edison » che stanno fra i 4 ed i 4,5 miliardi di kWh.

È evidente poi la tendenza ad abbandonare le municipalizzazioni già in atto.

Le interconnessioni fra le varie reti vanno ognora aumentando di numero e di importanza, la produzione si va concentrando e va pure diminuendo il numero delle Imprese che acquistano tutta l'energia da distribuire, e non esercitano la produzione: queste ultime erano 507 nel 1912, salirono a un massimo di 2004 nel 1927, scesero a 910 nel 1931.

Il numero di addetti all'industria elettrica che era di 79 335 nel 1912 raggiunse un massimo di 301 000 nel 1930 per scendere nel 1931 a circa 285 000.

L'industria elettrica americana ha sentito in modo relativo le conseguenze della crisi a tutto il 1931. La diminuzione della produzione nel 1931 è stata del 4,2%, ma quella corrispondente degli incassi è stata assai minore come dicono le cifre seguenti:

| *Introiti* | (Migliaia di dollari) 1930 | 1931 |
|---|---|---|
| Utenze domestiche | 664.441 | 695.100 |
| Piccoli utenti luce e forza | 575.598 | 568.640 |
| Grandi utenti di luce e forza | 590.992 | 553.600 |
| Illuminazione pubblica ed altri servizi comunali | 107.841 | 110.300 |
| Trazione | 52.083 | 49.560 |
| Altri servizi | 160.195 | 160.290 |
| TOTALE | 2.151.150 | 2.137.490 |

| *Spese* | (Migliaia di dollari) 1930 | 1931 |
|---|---|---|
| Per aumenti patrimoniali | 960.190 | 633.145 |
| D'esercizio (escluso il servizio capitale e le tasse) | 946.180 | 920.300 |

Fonte: *Electrical World*, 2 gennaio 1932.

Emerge da queste cifre che, nel 1931, l'industria elettrica americana aveva perduto in incassi (rispetto al 1930) 13 660 milioni di dollari, mentre aveva economizzate sull'esercizio 25 880 milioni di dollari.

Per quanto a noi queste cifre sembrino colossali, esse sono certamente inferiori a quelle che rappresentano le perdite subite da altri rami dell'industria agli Stati Uniti. Pel 1932 è previsto che l'aumento degli investimenti non supererà i 454 milioni di dollari. Questa cifra dimostra tuttavia come nonostante la crisi l'industria elettrica americana continui incessantemente la sua opera di sviluppo degli impianti e delle reti in armonia col continuo incremento della domanda da parte del pubblico.

Il capitale investito alla fine del 1931 era valutato in 12,4 miliardi di dollari. È rimarchevole il fatto che le Imprese elettriche americane collocano ogni anno un considerevole numero di obbligazioni presso gli utenti. Durante il 1931 l'importo di tali finanziamenti sostenuti dalla clientela, nonostante la crisi, fu di circa 150 milioni di dollari, suddivisi su circa 250.000 quote (circa l'uno per cento del numero totale degli utenti). In totale il capitale sottoscritto dagli utenti durante l'ultimo decennio fu di circa due miliardi di dollari.

Questo fatto contribuisce alla stabilità dell'industria. La somma incassata dagli utenti sotto forma di interessi e dividendi fu valutata pel 1931 a circa 120 milioni di dollari.

## Risorse naturali

Il territorio degli Stati Uniti è provvisto d'ogni sorta di risorse naturali, il che costituisce insieme con la tenacia del popolo la causa della loro rapida ascesa economica.

Per la parte che ci interessa, gli Stati Uniti sono ben provvisti di combustibili (carbone, petrolio, gas naturali) ed hanno pure una considerevole dotazione di forze idrauliche in valore assoluto, che però riferita alla vastità del territorio non è delle maggiori: essa è simile alla dotazione relativa della Finlandia, della Rumenia e della Germania ed è circa un terzo di quella dell'Italia e un dodicesimo di quella della Svizzera. Il Geological Survey fa ascendere le forze idrauliche degli Stati Uniti a 38 milioni di cavalli utilizzabili pel 90% del tempo. Occorre tener presente che i corsi d'acqua degli Stati Uniti hanno per la grande maggioranza regimi irregolarissimi, cosicchè non è facile definire con precisione quanti kWh annui si possano convenientemente ritenere utilizzabili. È da credersi tuttavia che il grande progresso raggiunto della produzione termica, specialmente ed appunto in America, tenderà a limitare in futuro l'utilizzazione delle forze idrauliche. Ve ne sono tuttavia ancora molte, poste in regioni lontane dai centri di consumo, che si possono ancora realizzare a buon mercato e che presto o tardi verranno utilizzate.

Fra le risorse in combustibili è importante quella dei gas naturali, che si va utilizzando con intensità sempre maggiore. Nel 1927 se ne utilizzarono per produrre energia elettrica circa 400 milioni di mc, e nel 1931 si era già arrivati a 3 800 milioni di mc. Ma la utilizzazione complessiva, comprese le applicazioni termiche, aveva già raggiunto nel 1930 i 5 500 milioni di mc: e non tutto il disponibile è ancora utilizzato. Lo Stato dove l'utilizzazione è più intensa è l'Oklahoma, seguito da vicino dal Texas e dalla California, poi dalla Louisiana. Di questi gas si fa anche esportazione nel Canadà e nel Messico. Certamente questa sorgente d'energia sarà sempre più intensamente sfruttata, e con mezzi di maggior rendimento.

Anche i combustibili liquidi costituiscono una considerevole ricchezza. Il patrimonio di oli minerali degli Stati Uniti fu stimato nel 1922 dall'Ufficio centrale di Geologia in 1030 milioni di tonnellate, pari al 16,3% del patrimonio mondiale, ed è il più alto attribuito ad un unico Stato. Negli anni fra il 1926 ed il 1930 furono estratti, come media annuale, 145 milioni di ettolitri di petrolio greggio.

L'impiego degli oli minerali per la produzione di energia elettrica è in diminuzione. Nel 1917 si consumarono a questo scopo 10 milioni di ettolitri di olio: nel 1922 si raggiunse il massimo con circa 17 milioni; nel 1931 si era scesi sotto i 13 milioni. Cioè circa il nove per cento del petrolio greggio estratto va ancora a produrre energia elettrica. Probabilmente questo fatto proviene dal sopravvento che la macchina a vapore ha ripreso in seguito ai noti progressi intervenuti nella termotecnica durante l'ultimo decennio.

La produzione di petrolio agli Stati Uniti rappresentò nel 1930 il 63,3% della produzione mondiale.

La regione più ricca di oli minerali è quella centrale, seguita dalla occidentale. Lo Stato maggior produttore è il Texas.

Se in questo momento, come si è detto, l'impiego di combustibili liquidi è in diminuzione per la produzione di energia, non è escluso che in avvenire essi non possano rappresentare un importante elemento per tale produzione.

Non minore è la ricchezza in carbone. Secondo valutazioni tedesche gli Stati Uniti posseggono un patrimonio valutabile a quasi duemila miliardi di tonnellate di litantraci ed a 1863 miliardi di tonnellate di carboni poveri: è senza dubbio il maggiore accertamento nel territorio d'una sola nazione, e più di metà del totale mondiale.

La produzione di carbone toccò il massimo nel 1918 (circa 610 milioni di tonnellate) per scendere nel 1930 a circa 480 milioni. L'industria elettrica che nel 1917 consumò 19,5 milioni di tonnellate di carbone e di coke, toccò il massimo nel 1929 con 37,5 milioni, scendendo nel 1931 a circa 33 milioni di tonnellate metriche.

Gli Stati che producono più carbone sono la Pennsylvania, la Virginia occidentale, l'Illinois ed il Kentucky: ma esso è estratto in venticinque Stati.

L'impiego del carbon fossile per produrre energia è destinato ad assumere in America sempre maggiore importanza. Il progresso raggiunto nella sua utilizzazione ha già, come si è detto, portato in campo la discussione sulla convenienza economica della produzione termica in confronto della produzione idroelettrica; e sebbene tale questione non possa dirsi risolta in modo assoluto, pure il campo aperto alla produzione termica va continuamente aumentando.

Fu già più volte rilevato dagli studiosi dell'economia industriale americana che agli Stati Uniti ha prevalso la produzione termica perchè il paese venne colonizzato partendo dall'Atlantico, cosicchè le regioni più avanzate in ricchezza e sopratutto in attività industriale nonchè le maggiori città si trovano negli Stati orientali, poveri di forze idrauliche e ben forniti di combustibili. Probabilmente sarebbe avvenuto il contrario ove la colonizzazione si fosse iniziata dal Pacifico, sulla costa del quale abbondano imponenti forze idrauliche. Questa situazione assai probabilmente avrà la sua influenza anche nello sviluppo avvenire, accentrando assai più negli Stati orientali che negli occidentali la tendenza verso la produzione termica.

## Le centrali idrauliche.

Gli Stati Uniti d'America videro per primi sorgere una centrale idroelettrica per opera di Edison nell'ottobre 1882 (poco dopo la messa in marcia di quella termoelettrica di Pearl Street a New York) ad Appleton nel Wisconsin. Alimentava 250 lampade da 16 candele del primitivo tipo Edison, ossia aveva una potenza di circa 18 kW.

Nel 1912 si erano già utilizzati nelle centrali idroelettriche destinate alla vendita dell'energia prodotta 2 469 231 HP, nel 1922, 5 822 018 HP e alla fine dell'annata 1931, 13 150 000 HP.

Coll'aumentare della potenza installata crebbe pure la capacità unitaria delle macchine: mentre nel 1918 l'unità più potente era di 45 000 HP sono attualmente in esercizio macchine con una potenza unitaria di oltre 100 000 HP.

Nel 1931 furono installati 566 500 kW dei quali solo 11 800 kW in ampliamento di impianti già esistenti.

L'impianto idroelettrico più importante entrato in funzione lo scorso anno fu quello dell'Osage della potenza di 129 000 kW e quello del Susquehanna con una potenza iniziale di 56 000 kW che sarà raddoppiata nel corrente anno.

Secondo il Geological Survey i corsi d'acqua americani potrebbero azionare motori idraulici per un totale di 80 milioni di cavalli effettivi, dei quali al 1° gennaio 1932 era utilizzato il 19,5 %.

Nell'ultimo decennio le potenze idrauliche utilizzate si sono più che raddoppiate. L'aumento è dovuto quasi interamente alle centrali commerciali, quelle per uso proprio essendo rimaste pressochè stazionarie; oggi esse rappresentano circa l'11,2% del totale.

TABELLA I.

POTENZE IN HP EFFETTIVI DISPONIBILI SU TURBINE E RUOTE IDRAULICHE ALLA FINE DEGLI ANNI FRA IL '21 ED IL '31

| Anni | Negli impianti ad uso pubblico | Negli impianti ad uso proprio di industrie | Totale | Incremento in HP | Incremento in % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1921 (Nov.) | 6.200.380 | 1.726.578 | 7.926.958 | — | — |
| 1924 (Marzo) | 7.348.197 | 1.738.761 | 9.086.958 | 1.160.000 | 14,6 |
| 1925 (marzo) | 8.287.332 | 1.750.323 | 10.037.655 | 950.697 | 10,5 |
| 1926 (1° gen.) | 9.259.972 | 1.916.624 | 11.176.596 | 1.138.941 | 11,3 |
| 1927 (1° gen.) | 9.961.202 | 1.759.781 | 11.720.983 | 544.387 | 4,9 |
| 1928 (1° gen.) | 10.538.381 | 1.757.619 | 12.296.000 | 575.017 | 4,9 |
| 1929 (1° gen.) | 11.886.336 | 1.685.194 | 13.571.530 | 1.275.530 | 10,4 |
| 1930 (1° gen.) | 12.141.846 | 1.665.932 | 13.807.778 | 236.248 | 1,7 |
| 1931 (1° gen.) | 13.108.830 | 1.775.837 | 14.884.667 | 1.076.889 | 7,2 |
| 1932 (1° gen.) | 13.814.166 | 1.748.639 | 15.562.805 | 678.138 | 4,3 |

Fonte: *Electrical World*, 9 aprile 1932.

Nella tabella I sono riportate le potenze installate in impianti idraulici, superiori ai 100 HP, secondo i dati del Geological Survey.

Le potenze idrauliche installate negli Stati ove è maggiore la produzione idrica dell'energia sono le seguenti:

TABELLA II.

POTENZE IDRAULICHE NEI DIECI STATI ALLA TESTA DELLA PRODUZIONE IDRICA

| N.° | STATO | POTENZE in HP | POTENZE in % del totale |
|---|---|---|---|
| 1 | California | 2.407.034 | 15,5 |
| 2 | New York | 1.892.464 | 12,2 |
| 3 | Washington | 1.011.306 | 6,5 |
| 4 | North Carolina | 961.416 | 6,2 |
| 5 | Alabama | 931.450 | 6,0 |
| 6 | South Carolina | 809.978 | 5,2 |
| 7 | Maine | 612.561 | 3,9 |
| 8 | New Hampshire | 558.822 | 3,6 |
| 9 | Wisconsin | 519.816 | 3,3 |
| 10 | Georgia | 512.459 | 3,3 |
| | TOTALE | 10.217.306 | 65.7 |

Fonte: *Electrical World*, 9 aprile 1932.

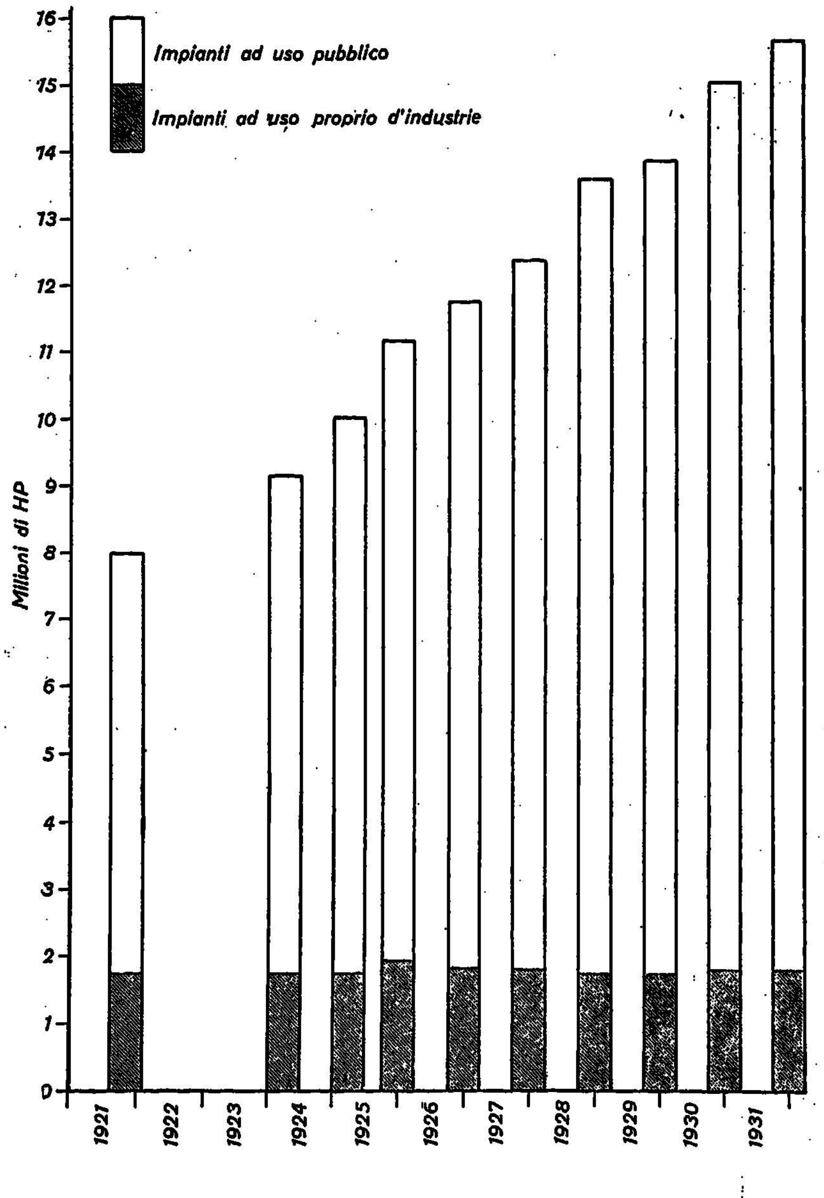



Diagramma I.

Sviluppo delle utilizzazioni idrauliche negli Stati Uniti.

**Dighe e serbatoi.** Numerose sono negli Stati Uniti le dighe, alcune delle quali imponenti: basti citare la famosa diga Hoover nell'Arizona, ancora in costruzione, in calcestruzzo ad arco, alta 223 metri. La Tabella III elenca gli elementi delle più importanti fra quelle destinate ad uso industriale, molte altre essendo state costruite a scopo d'irrigazione. Ve ne sono di tutti i tipi: a gravità, ad arco, ad archi multipli, in terra, in scogliera. L'ardimento costruttivo proprio degli Americani ha trovato qui terreno favorevole. Purtroppo gli Stati Uniti hanno raggiunto in questo campo anche il « record » delle sciagure col tragico disastro di St. Francis in California.

La diga Coolidge costituisce il primo esempio di diga a cupole multiple.

La diga Hoover con l'annessa centrale costituirà il più grande impianto idroelettrico del mondo. Creata in una stretta gola del fiume Colorado (Arizona) con 223 metri d'altezza, ha in sommità una lunghezza di soli 360 metri. Le murature, tutte in calcestruzzo, della diga, accessori e centrale misureranno in volume 3 450 000 metri cubi. Quattro canali in galleria servono a deviare il fiume durante la costruzione, ed hanno uno sviluppo complessivo di quasi 5 km con un diametro dello scavo di circa 16 metri e un rivestimento in calcestruzzo di 90 centimetri di spessore. La portata prevista per questi quattro scaricatori è di circa 5500 mc/sec. Due di queste gallerie saranno rivestite in acciaio e costituiranno i canali di presa, funzionando sotto una pressione di 180 metri: gli altri due funzioneranno da scaricatori, con una portata massima prevista di 9000 mc/sec. La tura destinata alla deviazione del fiume durante i lavori è in terra e ghiaia, alta 24 metri ed ha un volume di 575 000 mc. La tura a valle è alta 15 metri ed ha un volume di 320 000 mc. La fondazione della diga importerà lo scavo di circa un milione di metri cubi di terra e roccia. Si prevede che il colossale getto di calcestruzzo venga compiuto in due anni.

Si è calcolato che occorrerebbero parecchi anni per dissipare il calore sviluppato nella presa del cemento, il che certamente darebbe luogo ad inconvenienti: si è così pensato di raffreddare il calcestruzzo mediante un sistema di tubi annegati nella massa, entro i quali si fa circolare acqua raffreddata artificialmente con un impianto refrigerante. Lo sviluppo di questi tubi è di circa 240 chilometri.

La centrale, con 16 unità, potrà sviluppare 1 600 000 cavalli. Le condotte forzate avranno nove metri di diametro.

Queste cifre danno un'idea della grandiosità di un'opera che al mondo non ha confronti, e che forse per lunghi anni rimarrà insuperata. La crisi che il paese attraversa ed il sempre minor interesse col quale si guardano in America gli impianti idraulici in confronto dei termici fanno ritenere che, almeno per impianti industriali, la costruzione delle dighe andrà sensibilmente rallentando negli anni venturi.

**Gli impianti termici.** Come abbiamo veduto, il nerbo della produzione americana risiede nelle centrali termiche il cui sviluppo fu rapidissimo. Mentre nel 1920 la capacità totale delle centrali termoelettriche destinate alla vendita ammontava a circa 10 milioni di kVA essa è attualmente più che triplicata.

Dal punto di vista della potenza unitaria si sono avuti progressi ancor più impressionanti che nelle macchine idrauliche. La maggior unità in servizio nel 1890 contava 400 kW, nel 1914 si erano già raggiunti i 30 000 kW per unità; i 60 000 kW nel 1918; i 94 000 kW nel 1927; i 160 000 kW nel 1928 e 208 000 kW nel 1929.

L'impianto di Lakeside Milwaukee entrato in servizio nel 1919 fu il primo funzionante con carbone polverizzato.

Questa installazione fu rapidamente seguita dai grandiosi impianti di Lake Shore (Cleveland), Cahokia (St. Louis) River

| | | | timaz. | | m | m | mc | Milioni di L. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Hoover | Arizona - Nevada | * | a gravità in calcestruzzo - pianta arcuata...... | 223,0 | 360 | 2 599 640 | 1.370,0 | * In costruzione |
| 2 | Diablo ........... | Washington | 1931 | arco a raggio costante con spalle a gravità; in calcestruzzo ........................... | 118,5 | 360 | 267 610 | — | |
| 3 | Pardee .......... | California | 1929 | a gravità in calcestruzzo - pianta arcuata...... | 109,0 | 408 | 472 293 | 121,0 | |
| 4 | Salt Springs ...... | » | 1931 | in muratura di pietrame a secco ............ | 101,3 | 397 | 2 293 800 | 135,0 | |
| 5 | Exchequer ........ | » | 1926 | a gravità in calcestruzzo - pianta arcuata...... | 100,5 | 293 | 302 782 | 99,5 | |
| 6 | Ariel ............. | Washington | 1931 | parte a gravità e parte ad arco con raggio variabile in calcestruzzo ..................... | 95,5 | 381 | 234 732 | — | |
| 7 | Horse Mesa ....... | Arizona | 1927 | ad arco con raggio variabile ................ | 93,0 | 239 | 112 669 | 56,0 | |
| 8 | Cushman ......... | Washington | 1926 | » » » » » ................ | 85,5 | 338 | 68 814 | — | |
| 9 | Lake Spaulding ... | California | 1919 | » » » » » ................ | 83,8 | 244 | 146 629 | 45,7 | |
| 10 | Dix River ........ | Kentucky | 1925 | a scogliera con paramento a monte in pietrame aggiustato e rivestito di calcestruzzo ....... | 82,3 | 278 | 1 335 756 | 136,0 | |
| 11 | BakerRiver(Shannon) | Washington | 1926 | misto a gravità e ad arco, tracimabile........ | 80,2 | 137 | 100 927 | *155,5 | * Compreso l'impianto idroelettrico. |
| 12 | Lake Pleasant ..... | Arizona | 1927 | ad archi multipli ......................... | 78,0 | 655 | 75 237 | — | |
| 13 | Coolidge........... | Arizona | 1928 | a cupole multiple ......................... | 76,0 | 284 | 155 978 | 87,5 | |
| 14 | Cobble Mountain .. | Massachusetts | 1931 | in terra a riempimento idraulico............. | 74,8 | 213 | 1 376 280 | — | |
| 15 | Copco N.° 1 ...... | California | 1922 | ad arco con raggio variabile ................ | 72,0 | 98 | 53 760 | 30,0 | |
| 16 | Calderwood ....... | Tennessee | 1930 | » » sottile, tracimabile ................ | 70,0 | — | 305 840 | — | |
| 17 | Mormon Flat ...... | Arizona | 1925 | » » con raggio variabile ................ | 68,5 | 202 | 33 260 | 30,3 | |
| 18 | Yadkin Narrows ... | North Carolina | 1919 | a gravità tracimabile - in calcestruzzo con pianta arcuata ................................ | 66,0 | 427 | 401 415 | — | |
| 19 | Saluda ........... | South Carolina | 1930 | in terra a riempimento semi-idraulico .......... | 63,5 | 2380 | 8 410 600 | — | |
| 20 | Santeetlah ........ | North Carolina | 1927 | ad arco con raggio variabile e spalle tracimabili a gravità ............................. | 61,5 | 103,5 | — | — | |
| 21 | Davis Bridge ...... | Vermont | 1924 | in terra a riempimento semi-idraulico ........ | 61,0 | 381 | 1 490 970 | — | |
| 22 | Lake Arrowhead ... | California | 1922 | in terra a riempimento idraulico............. | 61,0 | 219 | 764 600 | — | |
| 23 | Cheoah........... | North Carolina | 1918 | a gravità tracimabile, in calcestruzzo con pianta arcuata .............................. | 61,0 | 213 | — | — | |
| 24 | Glines Canyon ..... | Washington | 1927 | misto a gravità a ad arco .................. | 61,0 | 169 | — | — | |
| 25 | Wyman .......... | Maine | 1931 | in terra .................................. | 47,3 | 685 | 1 911 500 | — | |
| 26 | Big Meadows ...... | California | 1927 | in terra a riempimento idraulico............. | 39,6 | 381 | 1 171 979 | 51,2 | |
| 27 | Hardy ............ | Michigan | 1931 | in terra a riempimento semi-idraulico ......... | 36,6 | 855 | 1 078 086 | — | |
| 28 | Wilson .......... | Alabama | 1926 | a gravità tracimabile, in calcestruzzo ........ | 42,7 | *1490 | 1 070 440 | **915,0 | ** Compresa la centrale idroelettrica. |
| 29 | Linville .......... | North Carolina | 1919 | in terra a riempimento semi-idraulico ........ | 48,7 | 381 | 955 750 | — | |
| 30 | Somerset ......... | Vermont | 1913 | » » » » » ........ | 32,3 | 635 | 764 600 | — | |
| 31 | Conowingo ....... | Maryland | 1928 | a gravità in calcestruzzo .................. | 32,0 | *1415 | 507 694 | — | * Compresi gli sfioratori. |
| 32 | Bagnell .......... | Missouri | 1931 | » » » .................. | 45,0 | * 775 | 421 295 | 584,0 | |
| 33 | Keokuk .......... | Iowa-Illinois | 1913 | » » » .................. | 16,1 | *1395 | 420 530 | — | |

(1) Nel presente elenco sono comprese soltanto le dighe aventi un'altezza maggiore di m 60 od un volume complessivo maggiore di 450 000 m³.

(2) Il costo complessivo di ogni diga è valutato in base al valore di L. 19,45 per dollaro, senza alcuna distinzione rispetto alle varie epoche di ultimazione delle dighe considerate.

Fonti: *Bureau of Reclamation*: « *Dams and Control Works*, 1929 » e « *Dams High, Large and Unusual*, 1932 ».

Tabella IV.

DATI D'IMPIANTO E D'ESERCIZIO DI ALCUNE CENTRALI TERMICHE AMERICANE

| CENTRALE | Potenza installata kW | Potenza unitaria | | Dati d'esercizio | | Numero dei giri al 1' | Sistema di combustione | Anno di entrata in servizio dei gruppi |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | massima continua kW | economica kW | Pressione vapore all'ammiss. kg/cm² | Temperatura vapore all'ammiss. °C | | | |
| State Line (Chicago) ..... | 208.000 | 208.000 | 150.000 | 42,2 | 388° | 1.800 | | 1929 |
| State Line (Chicago) ..... | 275.000 | 125.000 | 100.000 | 84,5 | 399° | 1.800 | | 1931 |
| | | 150.000 | 120.000 | 84,5 | 399° | 1.800 | | 1931 |
| Philo (Ohio) ............. | 245.000 | 165.000 | 132.000 | 42,2 | 385° | 1.800 | Carbone, griglie automat. | 1929 |
| | | 40.000 | 35.000 | 38,7 | 385° | 1.800 | | 1924 |
| Hell Gate (New York) .... | 694.000 | 50.000 | 40.000 | 18,6 | 322° | 1,800 | » » » | 1925 |
| | | 160.000 | 90.000 | 18,6 | 371° | 1,800 | | 1928 |
| | | 165.000 | 82.000 | 18,6 | 371° | 1.800 | | 1929 |
| Crawford Avenue (Chicago) | 421.000 | 60.000 | 48.000 | 38,8 | 385° | A.P.1.800<br>B.P.1.200 | » » » | 1924 |
| | | 52.000 | 41.600 | 38,8 | 385° | 1.800 | | 1925 |
| | | 77.000 | 61.600 | 38,8 | 399° | A.P.1.800<br>B.P.1.200 | | 1926 |
| | | 91.500 | 73.200 | 38,8 | 399° | A.P.1.800<br>B.P.1.200 | | 1927 |
| | | 104.000 | 69.600 | 38,8 | 383° | 1.800 | | 1928 |
| Hudson Avenue (New York) | 770.000 | 160.000 | 128.000 | 31,0 | 398° | 1.800 | | 1932 |
| | | 110.000 | 81.500 | 28,1 | 371° | 1.800 | | 1928 |
| | | 80.000 | 51.500 | 26,4 | 371° | 1.800 | | 1928 |
| Waukegan .............. | 290.000 | 115.000 | 92.000 | 44,0 | 399 | 1.800 | | 1931 |
| | | 65.000 | 49.000 | 42,2 | 385° | 1.800 | | 1928 |
| | | 50.000 | 40.000 | 42,2 | 385° | 1.800 | | 1927 |
| | | 30.000 | 24.000 | — | — | 1.800 | | 1925 |
| Lakeside (Milwaukee) ..... | 310.800 | 60.000 | 50.000 | 20,4 | 371° | 1.800 | Carbone polverizzato | 1928 |
| | | 10.800 | 7.700 | 84,4/21,1 | 385°/371° | 3.600 | | 1926 |
| Richmond (Philadelphia) .. | 120.000 | 60.000 | 50.000 | 26,4 | 358° | 1,800 | Carbone, griglie automat. | 1926 |
| Cahokia (S. Louis) ....... | 235.000 | 75.000 | 60.000 | 22,2 | 385° | 1.800 | Carbone polverizzato | 1929 |
| | | 50.000 | 40.000 | 22,2 | 385° | 1.800 | | 1928 |
| East River (New York) ... | 280.000 | 160.000 | 128.000 | 26,4 | 371° | 1.500 | » » | 1929 |
| | | 60.000 | 48.000 | 26,4 | 371° | 1.500 | | 1926 |
| Long Beach ............. | 400.000 | 94.000 | 75.200 | 28,1 | 385° | 1.500 | | 1928 |
| Buffalo (Char. R. Huntley) . | 466.000 | 80.000 | 64.000 | 29.9 | 399° | 1.800 | » » | 1930 |
| Pekin.................. | — | 105.000 | 84.000 | 42,2 | 385° | 1.800 | | 1930 |
| Michigan ............... | — | 64.000 | 51.000 | 45,7 | 399° | 1.800 | | 1930 |
| Columbia (Cincinnati) ..... | — | 63.000 | 50.000 | 42,2 | 382° | 1.800 | » » | 1925 |
| Stanton ................ | 50.000 | 50.000 | 40.000 | 42,2 | 386° | 1.800 | | 1927 |
| Edgar (Boston) .......... | — | 65.000 | 52.000 | 24,6 | 385° | 1.800 | Carbone, griglie meccan. | 1927 |
| | | 10.000 | 8.000 | 91,4/24,6 | 388° | 1.800 | | |
| Debray Trenton Channel (Detroit) ............ | 300.000 | 50.000 | 40.000 | 26,4 | 371° | 1.800 | | 1928 |
| Holland................. | — | 55.000 | 44.000 | 84,5 | 399° | A.P.3.600<br>B.P.1.800 | | 1930 |
| Northeast .............. | — | 10.000 | 8.000 | 84,5 | 385° | 1.800 | | 1927 |
| Deepwater .............. | 118.500 | 53.000 | 42.000 | 84,5 | 399° | A.P.3.600<br>B.P.1.800 | | 1930 |
| | | 12.500 | 10.000 | 84,5 | 399° | 3.600 | | 1930 |
| Station «A.» S. Francisco.. | — | 55.000 | 44.000 | 84,5 | 399° | — | | 1930 |
| Philip Carey Co. ......... | — | 12.000 | 10.000 | 101,8/42,2 | 440° | — | | 1930 |
| River Rouge ............ | — | 110.000 | 88.000 | 84,4 | 385° | — | Carbone polverizzato | in costr. |
| | | 12.000 | 10.000 | 91,4/26,8 | 385° | — | | » |
| | | 3.700 | — | 98,5/25,3 | — | — | | » |
| | | — | — | 98,5 | 433° | — | | » |
| South Ambay ........... | — | 25.000 | 20.000 | 88,2 | 399° | — | | 1930 |

Rouge (ora Fordson), Columbia (Cincinnati), Avon (Cleveland), Gould Street (Baltimora) e East River (New York).

Anche il consumo medio unitario di combustibile è notevolmente ridotto; mentre nel 1919 era di 1455 grammi per kWh prodotto, si ridusse nel 1930 a 715 grammi. Questo consumo rappresenta il valore medio di tutte le centrali degli Stati Uniti piccole e grandi, nuove e vecchie. Impianti singoli con buon fattore di carico hanno consumi notevolmente inferiori:

ad es. per la Centrale Columbia presso Cincinnati il consumo è di 0,408 kg/kWh. Attualmente fervono ancora gli studi per una ulteriore riduzione dei consumi unitari: e sono già in esperimento centrali a vapore di mercurio. L'impianto di South Meadow della Hartford Electric Co., con turbine a vapore di mercurio, è in regolare funzionamento fin dal febbraio 1930 ed ha fatto registrare un consumo unitario medio di carbone di 327 gr/kWh corrispondenti a circa 2540 calorie/kWh.

La Tabella IV raccoglie i dati di alcune importanti centrali termiche americane.

TABELLA V.

POTENZA DEI GENERATORI IN kW INSTALLATI NELLE CENTRALI APPARTENENTI ALLE IMPRESE ELETTRICHE DEGLI STATI UNITI

| | 1927 | 1928 | 1929 | 1930 | 1931 |
|---|---|---|---|---|---|
| Impianti idroelettrici .... | 6.849.512 | 7.429.000 | 7.439.000 | 8.100.594 | 8.609.604 |
| Impianti termoelettrici: | | | | | |
| a vapore .......... | 18.961.793 | 19.716.000 | 21.743.000 | 23.331.220 | 23.887.454 |
| a comb. interna .... | | 295.000 | 376.000 | 404.429 | 425.253 |
| TOTALE .......... | 25.811.305 | 27.440.000 | 29.558.000 | 31.836.243 | 32.922.311 |

Fonti: *UNIPEDE - Circolare N.* 35, 15 ottobre 1931.
*Electrical World* 3 gennaio 1931, 2 gennaio 1932.

Nell'anno 1931 la potenza di nuova installazione fu di 836 500 kW dei quali 567 500 kW in ampliamento di impianti già esistenti e 269 000 kW in nuove centrali.

L'unità più potente installata nel 1931 fu di 115 000 kW nella centrale di Waukegan; nel 1932 furono installate due unità di 160 000 kW nella centrale Hudson Avenue della Brooklyn Edison Company cosicchè la potenza attuale complessiva di detta centrale è di 770 000 kW.

Secondo il prospetto pubblicato dall'*Electrical World* nella puntata del 7 maggio '32, riferito ai 142 Gruppi che impiegano almeno 100 milioni di kWh, funzionavano agli Stati Uniti al 1° gennaio 1932 N.° 1008 centrali termiche di una complessiva potenza di 21 401 794 kW. Il maggior numero si trova negli Stati orientali: le Regioni « Middle Atlantic » (1) e « East North Central » (2) da sole hanno 311 centrali con circa 13 milioni di kW. Gli Stati del Pacifico ne hanno soltanto 70, con meno di un milione e mezzo di kW: si verifica cioè l'inverso di quanto si è constatato per le centrali idrauliche.

Secondo i rilievi del Geological Survey la potenza totale delle centrali termiche nordamericane destinate alla vendita dell'energia alla fine dell'annata 1931 ammontava a 23 887 454 kW nelle centrali a vapore e 425 253 in quelle con motori a combustione interna.

Tenuto conto anche delle centrali ad uso proprio d'industrie si può valutare la potenza totale delle centrali termoelettriche americane alla fine dell'annata 1931 a 36 milioni di kW.

## Potenza complessiva.

La potenza installata complessiva nelle centrali appartenenti alle imprese elettriche è indicata nella Tabella V.

Come risulta dai dati già riportati la potenza di nuova installazione nel 1931 fu di 1 403 000 kW dei quali 836 500 nelle centrali termoelettriche e 566500 kW in quelle idroelettriche; furono però posti fuori servizio alcuni vecchi impianti cosicchè l'incremento netto della potenza installata per l'anno 1931 risulta ancora di oltre un milione di kW.

Non sono noti dati recenti relativi alla potenza installata totale negli impianti per produzione di energia elettrica. Il censimento relativo all'annata 1927 del Department of Commerce indica che nelle centrali delle imprese elettriche era installato il 71,1 % del totale che per tale anno ammontava a kW 36 275 001 così ripartiti:

| | Potenza installata in kW | % |
|---|---|---|
| Nelle centrali delle imprese elettriche ... | 25.811.305 | 71,1 |
| » » delle ferrovie ............ | 1.829.239 | 5,1 |
| » » ad uso proprio d'industrie. | 7.345.685 | 20,3 |
| » » isolate .................. | 1.288.772 | 3,5 |
| TOTALE (anno 1927) ...... | 36.275.001 | 100,0 |

Non si sarà quindi molto lontani dal vero valutando la potenza installata complessiva alla fine dell'annata 1931 negli impianti di produzione di energia elettrica a 46 milioni di kW, il 22 % dei quali in impianti idroelettrici.

## La produzione d'energia.

Gli Stati Uniti sono i maggiori produttori d'energia del mondo: la produzione delle Imprese elettriche Nordamericane rappresenta circa nove volte la produzione italiana.

Le statistiche della « Nela » che censiscono il 100 % delle imprese elettriche risultano dalla Tabella VI. Le cifre di questa possono servire anche a farsi un'idea dell'andamento della produzione negli ultimi cinque anni.

TABELLA VI.

PRODUZIONE DI ENERGIA AGLI STATI UNITI NELLE CENTRALI DELLE IMPRESE ELETTRICHE DURANTE GLI ANNI FRA IL 1927 ED IL 1931 (kWh)

| | 1927 | 1928 | 1929 | 1930 | 1931 |
|---|---|---|---|---|---|
| Impianti termoelettrici ...... | 45.968.240.000 | 49.446.510.000 | 59.128.131.000 | 59.387.027.000 | 57.781.530.000 |
| Impianti idroelettrici ...... | 28.718.138.000 | 31.006.988.000 | 30.956.297.000 | 29.204.709.000 | 27.425.448.000 |
| TOTALE .. | 74.686.378.000 | 80.453.498.000 | 90.084.428.000 | 88.591.736.000 | 85.206.978.000 |

Fonte: *Statistiche della « Nela »*.

Sono sensibili gli effetti della crisi a partire dal 1930. I primi mesi del 1932 segnano una ulteriore riduzione. Nel periodo di 12 mesi che termina col marzo 1932 si ebbe una riduzione del 3,8 % rispetto all'analogo periodo dell'anno precedente: la produzione termica subì una diminuzione dell'8,5 % e quella idraulica un aumento del 6,2 %. Evidentemente si cerca di sfruttare al massimo la disponibilità idraulica.

(1) New York, New Jersey e Pennsylvania.
(2) Ohio, Indiana, Illinois, Michigan, Wisconsin.

TABELLA VII.

ELENCO DELLE LINEE DI TRASMISSIONE DEGLI STATI UNITI CON TENSIONE SUPERIORE AI 130 kV E CHE TRASPORTANO UNA POTENZA SUPERIORE AI 100.000 kVA

| Linea N.° | Località di origine e di arrivo | Tensione kV | Frequenza | Numero terne per palo | Lunghezza km | Materiale del conduttore | Filo di guardia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Middle Atlantic:* | | | | | | |
| 1 | Essex - Kearny - Marion | 132 | 60 | 2 | 4,3 | rame | sì |
| 2 | Kearny - Athenia - Roseland - West Orange | 132 | 60 | 2 | 44,1 | alluminio-acciaio | sì |
| 3 | Roseland - Metuchen | 132 | 60 | 2 | 37,0 | » » | sì |
| 4 | Metuchen - Trenton | 132 | 60 | 2 | 45,8 | » » | sì |
| 5 | Roseland - Bushkill | 220 | 60 | 1 | 71,6 | » » | sì |
| 6 | Plymouth Meeting - Towamencin Two | 220 | 60 | 1 | 15,7 | » » | sì |
| 7 | Conowingo - Plymouth Meeting | 220 | 60 | (2 linee) 1 | 92,2 | » » | sì |
| 8 | Windsor - Washington - Charleroi - Lake Lynn | 132 | 60 | 2 | 116,8 | rame | sì |
| 9 | Springdale - Charleroi | 132 | 60 | 2 | 50,3 | » | sì |
| 10 | Springdale - Kittanning | 132 | 60 | 2 | 37,9 | » | sì |
| 11 | Springdale - Butler | 132 | 60 | 2 | 36,8 | » | sì |
| 12 | Springdale - Luxor | 132 | 60 | 2 | 33,9 | » | sì |
| | *East North Central:* | | | | | | |
| 13 | Toronto - Boardman | 132 | 60 | 2 | 64,3 | » | sì |
| 14 | Toronto - Lowellville | 132 | 60 | 2 | 75,3 | » | sì |
| 15 | Toronto - New Castle | 132 | 60 | 2 | 79,9 | » | sì |
| 16 | Toledo - punto a 24 km all'Est di Toledo | 132 | 60 | 1 | 24,1 | » | sì |
| 17 | Centrale Columbia - Linea dello Stato d'Indiana | 132 | 60 | 2 | 1,1 | alluminio-acciaio | sì |
| | *Pacific:* | | | | | | |
| 18 | Linee appartenenti alla Southern California Edison C°. | 220 | 50 | 2 | 17,7 | rame | sì |
| 19 | | 220 | 50 | 1 | 94,1 | alluminio | sì |
| 20 | | 220 | 50 | 1 | 381,3 | » | sì |
| 21 | | 220 | 50 | 1 | 775,5 | alluminio-acciaio | sì |
| 22 | idem alla Bureau of Power & Light | 132 | 50 | 2 | 18,8 | rame | sì |
| 23 | | 132 | 50 | 2 | 17,0 | » | sì |
| 24 | Cottonwood - Vaca - Dixon | 220 | 60 | 2 | 227,8 | » | sì |
| 25 | Pit River N.° 1 - Cottonwood (Linea N.° 1) | 220 | 60 | 1 | 97,2 | rame km 52,3 - all. acc. km 44,9 | no |
| 26 | Pit River N.° 1 - Cottonwood (Linea N.° 2) | 220 | 60 | 1 | 97,2 | rame km 52,3 - all. acciaio km 44,9 | no |
| 27 | Pit N.° 3 - Pit N.° 3 Junction | 220 | 60 | 1 | 13,8 | rame | no |

Fonte: *Supplemento all'« Electrical World »*, 21 settembre 1929.

I dati riportati si riferiscono alla produzione di energia elettrica dalle centrali adibite alla vendita; non esistono statistiche recenti relative alla produzione totale negli Stati Uniti.

Il censimento eseguito per il 1927 dal Department of Commerce fa ammontare tale valore a 102.759.753.811 kWh dei quali il 72,7 % prodotto nelle centrali appartenenti alle imprese elettriche.

Il valore della produzione complessiva sopra riportato per l'annata 1927 si ripartisce come segue:

| | kWh | % del totale |
|---|---|---|
| Dalle centrali delle imprese elettriche | 74.686.378.000 | 72,7 |
| » » delle ferrovie | 3.820.643.618 | 3,7 |
| » » ad uso proprio d'industrie | 20.558.426.000 | 20,0 |
| » » isolate | 3.694.306.193 | 3,6 |
| Produzione complessiva (anno 1927) | 102.759.753.811 | 100,0 |

Fonte: *Electrical World*, 5 ottobre 1929.

Nel 1927 furono inoltre importati 1609 milioni di kWh così il consumo totale per tale anno ammonta a 104369 milioni di kWh. La produzione complessiva degli Stati Uniti compresa l'importazione può quindi essere valutata a 124 miliardi di kWh per l'annata 1929, 120 per l'anno 1930 e 117 miliardi di kWh per l'anno 1931; la produzione per abitante risulta quindi per l'anno 1931 di 950 kWh.

## La trasmissione dell'energia.

Le linee per la trasmissione dell'energia operanti a tensione non inferiore ad 11 000 Volta, secondo la « Nela », avevano alla fine di marzo 1932 uno sviluppo di 341 000 km di terne, contro 325 000 km di terne segnalati alla stessa epoca nel 1931.

Nella Tabella VII sono riportate le linee di trasmissione con tensione superiore ai 130 kV che trasportano una potenza superiore ai 100 000 kVA e la tabella VIII mostra lo sviluppo delle linee di trasmissione alle diverse tensioni dal 1926 al 1930.

TABELLA VIII.

SVILUPPO IN km DELLE LINEE DI TRASMISSIONE DAL 1926 AL 1930

| Tensione V | 1926 | 1927 | 1928 | 1929 | 1930 |
|---|---|---|---|---|---|
| 200.000 | 1,7 | 2,0 | 2,3 | 2,3 | 2,9 |
| 132.000 | 6,6 | 7,5 | 8,7 | 9,5 | 11,1 |
| 110.000 | 18,2 | 19,6 | 20,4 | 22,8 | 25,9 |
| 66.000 | 26,9 | 32,5 | 36,5 | 39,8 | 43,3 |
| 60.000 | 15,0 | 15,9 | 16,3 | 16,4 | 17,0 |
| 44.000 | 14,1 | 15,7 | 16,2 | 17,0 | 18,1 |
| 33.000 | 49,3 | 51,8 | 56,1 | 57,3 | 61,9 |
| 22.000 | 21,8 | 22,5 | 24,1 | 25,9 | 27,7 |
| 13.200 | 37,1 | 38,8 | 39,4 | 41,8 | 45,2 |
| >11.000 <13.200 | 39,2 | 42,9 | 42,2 | 46,4 | 46,6 |
| 11.000 | 14,3 | 16,1 | 17,5 | 18,2 | 22,1 |
| TOTALE | 244,2 | 265,3 | 279,4 | 297,4 | 321,8 |

Fonte: « *Nela* » *Statistical Bulletin*, 7 giugno 1932.

## Il consumo dell'energia.

In America vengono censiti i varii generi di consumo suddivisi in grandi classi di utenze. Tali cifre sono poco significative dal punto di vista dell'impiego dell'energia ed atte solo a fornirci il consumo medio degli utenti delle diverse categorie. Secondo le rilevazioni statistiche della « Nela » si hanno i dati riportati nella Tabella IX relativi alle annate 1930 e 1931.

TABELLA IX.

DESTINAZIONE DELLA PRODUZIONE TOTALE DELLE IMPRESE ELETTRICHE NELLE ANNATE 1930 e 1931.

| Classi di consumatori | 1930 | | 1931 | |
|---|---|---|---|---|
| | Numero di utenti | Milioni di kWh | Numero di utenti | Milioni di kWh |
| Utenze domestiche .. | 20.149.352 | 11.018 | 20.370.631 | 11.785 |
| Utenze commerciali: | | | | |
| Piccole utenze (l. e f.) | 3.613.384 | 13.944 | 3.621.111 | 13.827 |
| Grandi utenze (l. e f.) | 541.051 | 41.621 | 557.495 | 38.096 |
| Illuminazione stradale | 28.670 | 2.227 | 34.098 | 2.318 |
| Trazione urbana e intercomunale ...... | 728 | 4.997 | 637 | 4.607 |
| Servizi elettrici delle ferrovie .......... | 24 | 591 | 27 | 580 |
| Utenze municipali e varie ............ | 18.248 | 508 | 19.191 | 475 |
| TOTALI ...... | 24.351.457 | 74.906 | 24.603.190 | 71.688 |
| Perdite....... | | 14.581 | | 14.109 |
| Energia erogata per la distribuzione ..... | | 89.467 | | 85.797 |

Fonte: *N.E.L.A.*

I dati di produzione delle annate 1930 e 1931 riportati nella Tabella VI sono leggermente diversi dai valori dell'energia erogata per la distribuzione precisata nella Tabella IX; infatti ai valori della produzione sono stati rispettivamente aggiunti 3,364 e 2,97 miliardi di kWh acquistati da altre fonti e 2,489 e 2,38 miliardi di kWh ceduti alle ferrovie.

Ad eccezione delle utenze domestiche e dell'illuminazione stradale tutte le altre classi di utenti segnavano una contrazione del consumo rispetto al 1930. Al 1° aprile 1932 circa il 70% delle abitazioni esistenti erano allacciate.

Diffusissime sono le applicàzioni domestiche di riscaldamento e varie: come appare dalla Tabella X rappresentano circa il 50% del consumo dell'utenza domestica.

Al 1° gennaio 1932 si calcolava che, su 100 persone appartenenti a famiglie di utenti, tali applicazioni fossero usate secondo le seguenti percentuali:

| *Genere di applicazione* | % delle persone che le impiegano |
|---|---|
| Aspirapolvere ........................ | 45,4 |
| Frigoriferi ........................ | 17,1 |
| Bollitori ........................ | 6,1 |
| Spazzole per parquets ........................ | 1,5 |
| Termofori ........................ | 10,9 |
| Calandre per biancheria ........................ | 3,5 |
| Cucine ........................ | 5,3 |
| Asciugatrici ........................ | 16,4 |
| Ferri da stiro ........................ | 96,7 |
| Tostapane ........................ | 40,3 |
| Orologi ........................ | 16,4 |
| Lavanderie ........................ | 40,8 |
| Lavastoviglie ........................ | 0,6 |
| Macchine da caffè ........................ | 28,8 |
| Radiatori ........................ | 16,3 |
| Scaldavivande ........................ | 10,9 |

Il *consumo medio annuo* dell'utente domestico fu nel 1930 di 558 kWh e nel 1931 di 605 kWh. La *popolazione servita* era al 1° gennaio 1932 di circa 85,5 milioni: nel 1912 era di soli 14 milioni, e nel 1922 di 43,1 milioni.

TABELLA X.

APPARECCHI ELETTRODOMESTICI INSTALLATI ALLA FINE DEL 1930

| Tipo dell'apparecchio | Numero in possesso degli utenti (Migliaia) | Numero presunto in servizio (Migliaia) | Consumo medio annuo energia in kWh | Consumo totale in kWh (Migliaia) |
|---|---|---|---|---|
| Ferri da stiro .. | 19.200 | 13.500 | 50 | 675.000 |
| Aspirapolvere . | 9.070 | 6.350 | 36 | 228.600 |
| Radio ........ | 8.600 | 5.600 | 90 | 504.000 |
| App. per lavare | 7.000 | 4.600 | 24 | 110.400 |
| Tostapane .... | 7.800 | 3.100 | 50 | 155.000 |
| Ventilatori .... | 6.040 | 3.925 | 24 | 94.200 |
| Macchine per caffè ....... | 6.000 | 2.400 | 50 | 120.000 |
| Stufe ........ | 3.300 | 1.325 | 40 | 53.000 |
| Frigoriferi .... | 2.250 | 1.800 | 600 | 1.080.000 |
| Fornelli ...... | 950 | 855 | 2.000 | 1.710.000 |
| Padelle ....... | 572 | 515 | 240 | 123.600 |
| Macchine per stirare ..... | 615 | 492 | 125 | 61.500 |
| Scaldacqua ... | 213 | 155 | 3.000 | 465.000 |
| TOTALE .. | 71.610 | 44.617 | 102 | 5.380.300 |
| Illuminazione.. | | | | 5.694.700 |
| TOTALE GENERALE | | | | 11.075.000 |

Fonte: *N.E.L.A. - Statistical Supplement,* 1° gennaio 1931.

## L'elettrificazione ferroviaria.

Anche nei dati relativi alla trazione elettrica gli Stati Uniti offrono le maggiori cifre in confronto di ogni altra nazione. Vasti ed importanti sono gli impianti tramviari e metropolitani: e la trazione ferroviaria vera e propria della quale già da molti anni (il « Baltimore Tunnel » data dal 1895) fu iniziato l'esercizio, viene gradatamente estesa a nuovi tronchi. L'energia consumata complessivamente per trazione tramviaria, metropolitana e ferroviaria già nel 1912 superava i tre miliardi di kWh, raggiungendo un massimo di 5 640 milioni nel 1929, declinando poi a 5 588 milioni nel 1930 ed a 5 312 milioni nel 1931.

All'inizio del 1932 ventidue Società ferroviarie esercivano linee a trazione elettrica su trentaquattro tronchi. Di questi trenta erano alimentati interamente da energia acquistata da Imprese elettriche o da altre Imprese ferroviarie: soltanto sette avevano centrali proprie, e due sole producevano con mezzi proprii tutta l'energia occorrente al loro bisogno.

TABELLA XI.

## ELENCO DELLE LINEE FERROVIARIE ELETTRIFICATE NEGLI STATI UNITI

| SOCIETÀ | LINEE | Lunghezza in km: della linea | Lunghezza in km: dei binari elettrificati | Lunghezza in km: dei binari elettrific. (compresi quelli delle stazioni) | Sistema di elettrificazione: Tensioni V | Fasi | Frequenza | Linea di contatto | Anno dell'elettrificazione |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Baltimore & Ohio | Tunnel di Baltimore | 5,8 | 11,6 | 14,6 | 650 | — | c. c. | Terza rot. | 1895 |
| | Direttissima di Staten Island | 34,7 | 69,5 | 80,4 | 600 | — | c. c. | Terza rot. | 1925 |
| Boston & Maine R. R. | Tunnel Hoosac; Massachusetts | 12,7 | 25,5 | 34,4 | 11.000 | 1 | 25 | Aerea | 1911 |
| Boston Revere Beach & Lynn R. R. | East Boston, Lynn e Winthrop; Massachusetts | 22,2 | 44,4 | 49,8 | 650 | — | c. c. | Aerea | 1928 |
| Butte, Anaconda & Pacific R. W. | Butte, Anaconda, Rocker; Montana | 60,1 | 63,8 | 195,9 | 2.400 | — | c. c. | Aerea | 1913 |
| Chicago, Milwaukee, St. Paul & Pacific R. R. | Harlowton, Mont-Avery; Idaho | 709,8 | 709,8 | 932,5 | 3.000 | — | c. c. | Aerea | 1915-1916 |
| | Othello, Tacoma e Seattle; Washington | 350,9 | 370,3 | 490,4 | 3.000 | — | c. c. | Aerea | 1919-1927 |
| | Great Falls Yard | 0,0 | 0,0 | 9,9 | 1.500 | — | c. c. | Aerea | 1915 |
| Cleveland Union Terminals Co. | Cleveland Terminal, Cleveland; Ohio | 27,3 | 53,1 | 90,1 | 3.000 | — | c. c. | Aerea | 1930 |
| Delaware, Lackawanna & Western R. R. | Wallabout Freight Terminal, Brooklyn; N. Y. | 0,0 | 0,0 | 1,7 | 600 | — | c. c. | Aerea | 1926 |
| | Hoboken, N. J., Newark, Summit, Dover, e ramificazioni | 109,4 | 215,6 | 254,2 | 3.000 | — | c. c. | Aerea | 1930-1931 |
| Erie R. R. | Rochester, Mt. Morris; New York | 54,7 | 61,1 | 61,1 | 11.000 | 1 | 25 | Aerea | 1907 |
| Ft. Dodge, Des Moines & Southern R. R. | Ft. Dodge, Des Moines, Rockwel City; Iowa | 235,8 | 235,8 | 313,8 | 1.200 | — | c. c. | Aerea | 1906-1912 |
| Great Northern R. W. | Skykomish, Wenatchee; Washington | 116,3 | 116,3 | 150,8 | 11.500 | 1 | 25 | Aerea | 1927-1929 |
| Illinois Central R. R. | Chicago-Richton, Illinois, e ramificazioni | 60,8 | 121,9 | 238,6 | 1.500 | — | c. c. | Aerea | 1926-1929 |
| Long Island R. R. | New York & Brooklyn dal lato occident. di Long Island | 197,6 | 479,1 | 597,6 | 650 | — | c. c. | Terza rot. | 1905-1926 |
| | Bay Ridge, Fresh Pond Junction; New York | 19,2 | 61,0 | 133,0 | 11.000 | 1 | 25 | Aerea | 1927 |
| Michigan Central R. R. | Detroit, Michigan - Windsor; Ontario | 7,2 | 14,5 | 45,9 | 650 | — | c. c. | Terza rot. | 1910 |
| New York Central R. R. | New York, Croton, White Plains, e ramificazioni | 101,5 | 343,9 | 587,8 | 650 | — | c. c. | Terza rot. | 1906-1926 |
| New York, New Haven & Hartford R. R. | Nantasket Beach a Pemberton; Massachusetts | 8,0 | 17,6 | 20,9 | 600 | — | c. c. | Aerea | 1895 |
| | Providence, Warren, Bristol, Fall River | 38,5 | 65,4 | 78,0 | 650 | — | c. c. | Aerea | 1901 |
| | New York a Woodlawn | 19,2 | 78,4 | 119,5 | 650 | — | c. c. | Terza rot. | 1907 |
| | Woodlawn N. Y. a New Haven, Conn, compreso Harlem River Branch | 121,0 | 521,3 | 820,4 | 11.000 | 1 | 25 | Aerea | 1907-1914 |
| | Stamford a New Canaan; Connecticut | 12,7 | 12,7 | 15,7 | 11.000 | 1 | 25 | Aerea | 1908 |
| | South Norwalk a Danbury; Connecticut | 38,1 | 38,1 | 49,9 | 11.000 | 1 | 25 | Aerea | 1925 |
| | Port Morris a Fresh Pond Junction e Sunnyside Yards; New York | 14,5 | 41,5 | 42,0 | 11.000 | 1 | 25 | Aerea | 1918-1927 |
| | Bronx, Port Chester, White Plains; New York | 41,6 | 108,4 | 117,4 | 11.000 | 1 | 25 | Aerea | 1912-1929 |
| Norfolk & Western R. W. | Bluefield - Iaeger, Virginia Occ. e ramificazioni | 89,9 | 205,6 | 335,7 | 11.000 | 1 | 25 | Aerea | 1915-1925 |
| Northwestern Pacific R. R. | Sausalito, Cal., San Anselmo, San Rafael e ramificazioni | 33,2 | 61,9 | 66,9 | 600 | — | c. c. | Terza rot. | 1903 |
| Pennsylvania R. R. | Camden - Atlantic City; New Jersey | 120,6 | 234,7 | 241,9 | 650 | — | c. c. | Terza rot. | 1906 |
| | New York, N. Y. - Manhattan Transfer; N. J. | 21,5 | 81,8 | 177,1 | 675 | — | c. c. | Terza rot. | 1910 |
| | Philadelphia Terminal a Paoli, Chestnut Hill, White Marsh, Wilmington, West Chester, Trenton, Norristown | 212,6 | 668,2 | 702,9 | 11.000 | 1 | 25 | Aerea | 1915-1930 |
| Reading Company | Philadelphia, Doyles, Hatboro, Trenton Occ. | 111,6 | 244,2 | 269,2 | 11.000 | 1 | 25 | Aerea | 1931 |
| Southern Pacific R. R. | Oakland, Alameda, Berkeley; California | 80,5 | 157,9 | 190,6 | 1.200 | — | c. c. | Aerea | 1911 |
| Virginian R. W. | Mullens, Virginia Occ.; Roanoke; Virginia | 216,4 | 251,8 | 370,1 | 11.000 | 1 | 25 | Aerea | 1925-1926 |
| | TOTALE | 3305,9 | 5786,7 | 7900,7 | | | | | |

Fonte: *Electrification of Steam Railroad* - *N.E.L.A.* Pubbl. N. 165, novembre 1931.

Erano in esercizio km 3305,9 di linea con km 5786,7 di binario di corsa: comprendendo anche i binari di servizio si aveva una lunghezza di binario elettrificato di circa km 7900,7.

In gran parte l'elettrificazione è stata eseguita con la corrente continua, linea di contatto aerea, oppure colla monofase a 25 periodi. Anche la terza rotaia, corrente continua, ha avuto larga applicazione nei tronchi urbani ed a carattere metropolitano.

Le tensioni più impiegate sono:

da 600 V a 675 V per la terza rotaia, corr. cont.

da 600 V a 3000 V per la corr. cont. linea aerea.

due tensioni fisse di 11 e 22 kV per il monofase.

La Tabella XI fornisce i dati completi dell'elettrificazione ferroviaria agli Stati Uniti.

### Tariffe e prezzi.

Come è noto, i prezzi di vendita americani sono controllati, ed i tipi di tariffe sono in certo modo « standardizzati » sebbene essi cambino da luogo a luogo e talvolta nello stesso centro. La « Nela » ha pubblicato in proposito un volume di circa 600 pagine stampato a minuscoli caratteri, dove sono trascritte tutte le tariffe in uso nei 52 Stati della Confederazione. La sua lettura, per quanto arida, è assai istruttiva e sarebbe da raccomandare ai molti che non si spiegano come a brevi distanze si possano aver tariffe sensibilmente diverse: come se la prestazione complessa che l'Impresa elettrica eseguisce al proprio utente fosse assimilabile alla vendita di una derrata, e se l'energia, prodotta e trasportata in cento modi diversi, dovesse dappertutto avere lo stesso prezzo: il che non si verifica nemmeno pel pane e per gli altri prodotti di uso più comune!

Raccomandiamo ai nostri semplicisti la lettura di quella interessante pubblicazione: particolarmente ai fautori del « controllo ».

Per spiegarsi alla meglio in una così grande varietà di tariffe, di discipline e di prezzi, la Nela ha raggruppato le tariffe in alcune grandi classi (divisione di massima) che qui riassumo:

1) Tariffa a *contatore libero* (Straight line meter rate).

2) Tariffa a *scaglioni* (Step meter rate): Il prezzo medio per kWh varia *a scaglioni* (generalmente 10, 8, 6, 5, 3 cents per kWh) a partire da determinati consumi mensili (25, 50, 100, 200 e più kWh). È stata ormai abbandonata per i risultati assurdi che dà in vicinanza degli scaglioni, per cui con un piccolo maggior consumo in kWh la spesa mensile totale diminuisce.

3) Tariffa a *blocchi* (block meter rate): come la precedente, ma i prezzi decrescenti si riferiscono a *blocchi* di kWh (10 cents per i primi 25 kWh mensili, 8 cents pei successivi 25 ecc.).

4) Tariffa a *richiesta:*

*a) Forfait a richiesta semplice:* forfait basato sulla massima richiesta calcolata sull'impianto;

*b) Forfait a richiesta indicata dal Wright.*

5) Tariffa *Hopkinson*:

*a)* Hopkinson *a blocchi* (vedere 3).

*b)* » *a tre elementi* (costante, richiesta, consumo).

Non è facile, in così grande varietà di tariffe e di prezzi, dare un'idea precisa del costo dell'energia in America. La sola città di New-York occupa quattordici pagine della pubblicazione della Nela, con una varietà di tariffe quale non esiste da noi in tutta Italia.

L'energia per uso domestico è generalmente venduta in base a tariffe del tipo 5)*a*) (Hopkinson a blocchi, ossia a quota costante più quota consumo, a prezzi scalari), oppure del tipo 3) (a blocchi), con l'impegno minimo di un dollaro mensile. Il primo scaglione in quest'ultimo caso viene pagato a prezzi che variano da L. 1,95 per kWh a L. 1 per kWh a seconda dell'importanza degli impianti, per scendere nell'ultimo scaglione a prezzi fra L. 1,20 e L. 0,85.

Interessante è il modo col quale viene stabilita la costante nel caso delle tariffe Hopkinson. Due sono i criteri principalmente adottati: in base alle indicazioni del Wright o di apparecchi consimili (indicatori di massima richiesta), oppure in base alla superficie totale lorda dell'appartamento diminuita di una percentuale (generalmente il 20%), o infine in base al numero di lampade installate (50 Watt per portalampada). In dettaglio poi le tariffe sono variabilissime: spesso è adottata la « clausola carbone », che per le tariffe domestiche rappresenta in media una variazione di L. 0,10 per kWh per ogni variazione del 10% del prezzo del carbone, stabilito come base a cinque dollari per « long ton » (1016 kg). Talora la clausola porta due scale diverse per un determinato consumo base, e per quello oltre tale consumo.

Le tariffe per forza motrice sono in generale molto elevate, perchè di rado la grande industria si serve di energia acquistata. A New York l'energia industriale è venduta a *blocchi*, partendo da L. 1,15 per kWh pei primi 60 000 kWh annui, L. 0,98 pei successivi 30 000 kWh, L. 0,77 pei succesivi 10 000 kWh e infine L. 0,56 per l'eccesso. Vi sono tariffe con *esclusione di punta*, che in media offrono un ribasso di L. 0,20 per kWh sui prezzi suesposti.

L'energia industriale è ceduta anche con tariffa Hopkinson. In questo caso nella città di New York la costante varia fra L. 44 e L. 23,50 per kW-mese di massima richiesta a seconda della potenza, con un minimo di 100 kW, ed il prezzo per kWh aggiunto varia fra L. 0,25 e L. 0,12, consegna su alta tensione. La massima richiesta è calcolata in base alla media della mezz'ora. Per consegna a bassa tensione le costanti aumentano del 14 %.

Queste notizie non dànno che un'idea generale dei sistemi tariffari americani: che sono di una complicazione e di una varietà senza esempio. In generale si può affermare che mentre i prezzi per uso domestico sono già superiori ai nostri, tutti gli altri sono così elevati che da noi riuscirebbero proibitivi.

Dai dati forniti dall'*Electrical World* (2 gennaio 1932) risulta che i prezzi medi di vendita durante il 1931 (incassi divisi per kWh venduti) sarebbero stati i seguenti:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Energia per uso domestico (luce, forza, riscaldamento) | L. | 1,14 | per kWh | |
| Energia per uso misto (luce e forza): | | | | |
| piccole utenze | » | 0,80 | » | » |
| grandi utenze | » | 0,285 | » | » |
| Media generale | L. | 0,535 | » | » |

Da queste cifre emerge la grande differenza che passa in realtà fra le tariffe nostre e quelle americane.

Innanzi tutto l'energia *per uso domestico* comprende anche i consumi per riscaldamento e per altre applicazioni, che da noi vengono fatturati a prezzi molto più bassi. Per tal modo la media risultante di 1,14 è in sostanza molto superiore alla nostra, sopratutto se si considera l'altissimo impiego di energia che si fa nelle case americane per applicazioni diverse dalla luce.

La media generale *attuale* in Italia (è molto discesa da un anno in qua) si può ritenere poco diversa da L. 0,30 per kWh: non si deve quindi esser lontani dal vero affermando che *i prezzi dell'energia agli Stati Uniti sono del* 75% *superiori a quelli italiani.*

## Produzione e commercio di materiale elettrico.

Gli Stati Uniti posseggono i più grandiosi impianti per la produzione di macchinari, apparecchi e materiali elettrici, dei quali fanno ampia esportazione.

Nel 1931 la produzione di questi materiali, apparecchi e macchinari fu valutata a circa 1314 milioni di dollari (venticinque miliardi e mezzo di lire). Tale cifra, sensibilmente uguale a quella che corrisponde all'anno 1923, aveva raggiunto nel 1929 ben 2286 milioni di dollari, cioè quarantaquattro miliardi e mezzo di lire: in due anni si ebbe una diminuzione del 42%.

Le vendite interne nel 1931 furono approssimativamente le seguenti pei titoli indicati:

| | (Milioni di dollari) |
|---|---|
| Motori a corr. alternata (grossi) | 57,— |
| Trasformatori | 36,— |
| Interruttori in olio | 8,5 |
| Apparecchi per quadri e diversi | 11,— |
| » di controllo | 34,— |
| » per trazione | 35,— |
| Contatori e strumenti di misura | 10,5 |
| Turbo-alternatori | 5,8 |
| Piccoli motori | 43,— |
| Condensatori rotanti | 1,5 |
| Regolatori a induzione | 2,5 |
| Generatori da accoppiare a turbine idrauliche | 7,5 |
| TOTALE | 252,3 |

Mancano i dati sui conduttori, materiali per impianti interni ed altri. Notevole il fatto che mentre tutti gli altri articoli segnano diminuzioni, la richiesta di piccoli refrigeranti per uso domestico e di cucine elettriche è in sensibile aumento nonostante la crisi.

Pure nel 1931 subirono una grave falcidia le *esportazioni* (più del 29% rispetto al 1930). In totale le voci del Capitolo «Macchinari ed apparecchiature elettriche» scesero ad 85 milioni di dollari (circa 1660 milioni di lire) compresivi circa venti milioni di dollari di apparecchi radio. Si ebbe un aumento nella voce «Alternatori di oltre 2000 kVA» dovuta a vendite fatte alla Russia, quasi tutte le altre essendo in forte diminuzione. Il miglior cliente fu il Canada con quasi undici milioni di dollari, dei quali un milione e mezzo di soli refrigeranti per uso domestico: di questi ultimi l'Inghilterra, il Belgio e la Francia ritirarono rispettivamente per 706, 565 e 258 migliaia di dollari.

Questo articolo, insieme alle cucine, dovrebbe attirare l'attenzione dei nostri costruttori: è da ritenersi che fra non molto anche fra noi, come in tutti gli altri paesi, queste applicazioni prenderanno uno sviluppo sensibile.

In complesso, le esportazioni americane di materiale elettrico furono di 9 620 migliaia di dollari verso l'Inghilterra, di 6470 verso la Russia, di 3112 verso la Francia, di 2778 verso l'Italia, e di 6171 verso l'Argentina: meno i due primi, tutti in forte diminuzione rispetto al 1930: compresi gli apparecchi radio che assumono una cifra importante.

In dettaglio le esportazioni nel 1931 furono le seguenti, sui principali articoli:

| *Oggetto* | (Migliaia di dollari) |
|---|---|
| Generatori: | |
| a corr. continua sotto 500 kW | 288.— |
| » » » sopra 500 kW | 187.— |
| a corr. alternata sotto 2000 kVA | 137.— |
| » » » sopra 2000 kVA | 1030.— |
| Turboalternatori | 1020.— |
| Accessori e parti di generatori | 1050.— |
| Trasformatori: | |
| sopra 500 kVA | 1010.— |
| sotto 500 kVA | 570.— |
| di misura | 150.— |
| diversi | 490.— |
| Convertitori e macchine diverse a due tipi di corrente | 1150.— |
| Quadri ed apparecchi relativi | 2930.— |
| Contatori ed app. di misura vari | 570.— |
| Strumenti indicatori | 530.— |
| » registratori | 310.— |
| » diversi | 630,— |
| Scaricatori, accessori varii | 560,— |
| Motori sotto 1/2 HP | 1490.— |
| » fra 1/2 ed 1 HP | 335.— |
| » da 1 a 200 HP | 1490.— |
| » sopra 200 HP | 630.— |
| » per trazione | 180.— |
| Locomotori elettrici: | |
| per ferrovie | 170.— |
| » miniere e stabilimenti | 440.— |
| Piccole locomotive per stazioni e magazzini | 220.— |
| Controllers e reostati: | |
| per trazione | 240.— |
| per stabilimenti | 1270.— |
| Utensili elettrici portatili | 790.— |
| Accessori vari per motori | 1760.— |
| Ventilatori | 430.— |
| Lampadine | 815.— |
| Projettori e quadri réclame | 820.— |
| Lavanderie domestiche | 870.— |
| Aspirapolvere | 1180.— |
| Ferri da stiro | 200.— |
| Cucine | 410.— |
| Apparecchi vari con motori elettrici | 450.— |
| Forni elettrici industriali | 900.— |
| Apparecchi medicali | 1120.— |
| Materiale isolante | 560.— |
| Portalampade ed apparecchi per impianti interni | 1370.— |
| Apparecchi di illuminazione | 1260.— |
| » per esterno | 290.— |
| » diversi per impianti interni | 90.— |
| Apparecchi elettrici vari | 4660.— |
| Conduttori e cavi di rame, isolati: | |
| Isolati in caucciù | 450.— |
| Sotto piombo | 280.— |
| Diversi | 1710.— |

Da queste cifre emerge come più che sul grosso macchinario e sul materiale per centrali e sottostazioni l'esportazione americana si regga sopra il materiale minuto, sugli apparecchi ad uso domestico e in generale sul materiale occorrente agli impianti presso gli utenti. Ciò dipende principalmente dalle vastissime interessenze che gli Americani del Nord possiedono oggi nell'industria elettrica mondiale tanto esercente che costruttrice: la prima specialmente nei paesi coloniali o di recente civilizzazione. Se l'industria americana è in prima linea per la bontà dei prodotti non lo è certo per la bontà dei prezzi: e senza l'influenza politica e finanziaria del proprio paese essa si farebbe certamente battere dalle concorrenti europee.

ING. ETTORE CESÀRI.

PROF. DR. ING. MARIO MEDICI

# Nota sul dimensionamento dei dischi giranti delle turbine a vapore in relazione alle oscillazioni flessionali

Nel processo di evoluzione delle turbine a vapore assiali vi fu un periodo (quello degli ultimi anni di guerra e dell'immediato dopoguerra) caratterizzato da un netto orientamento della tecnica costruttiva verso la creazione di « turbine limiti » ossia turbine di potenza proporzionalmente molto elevata in relazione al valore del numero dei giri di rotazione dell'albero.

Nelle menzionate turbine le velocità periferiche dei rotanti raggiungevano spesso i limiti estremi imposti dai requisiti di resistenza dei migliori materiali metallici intervenenti per la costruzione dei dischi e delle palettature giranti. Specialmente nell'industria inglese ed americana si determinò, allora, la tendenza, per altro ben naturale, ad impiegare dei dischi giranti di sagoma quanto più affusolata fosse possibile, in relazione al concetto di ridurre alquanto l'entità delle forze centrifughe entranti in giuoco.

Fu in quell'epoca che si ebbero, conseguentemente, ad esperimentare nella tecnica i maggiori fenomeni di frattura pei dischi e per le palettature giranti in dipendenza delle sollecitazioni derivanti precipuamente da oscillazioni flessionali (vibrazioni trasversali) dei dischi specificati. Si ebbero a riscontrare, talvolta, altresì delle fratture imputabili a fenomeni di vibrazione tangenziale, le quali risultavano, in generale, limitate alla sola zona della palettatura girante superiore a quella di fissaggio della stessa nella corona dei dischi; queste di occorrenza, però, molto meno frequente delle altre fratture dianzi menzionate. Un vero e proprio periodo critico funestò per alcuni anni seriamente la costruzione delle turbine a vapore, specialmente in Inghilterra e negli Stati Uniti d'America, ciò che costrinse ad espletare numerose ricerche di carattere sperimentale e contemporaneamente indagini di carattere speculativo allo scopo di chiarire alquanto la natura dei fenomeni vibrazionali in quistione e dedurre i necessari elementi per potere, con adeguato dimensionamento dei dischi, scongiurarne le conseguenze nocive.

Ne risultò la costituzione, per la letteratura tecnica sull'argomento, di un cospicuo corredo (1) di dati sperimentali, il quale rappresenta tuttora un materiale di riferimento della massima utilità per lo studio delle vibrazioni trasversali dei dischi giranti delle turbine a vapore assiali.

I fenomeni vibrazionali in esame sono rappresentati ordinariamente da oscillazioni assiali normali al piano mediano del disco girante, le quali sono richiamate da forze agenti del pari assialmente (fig. 7).

(1) Cfr. WILFRED CAMPBELL: « Transactions of the Amer. Soc. of Mech. Eng. » 1924, pag. 31 e 1925 pag. 643.
W. C. HECKMANN: « Transactions of the Amer. Soc. of. Mech. Eng. » 1925, pag. 654.

Il vapore effluente dai distributori esercita sulle palettature giranti una forza che ha due componenti: una tangenziale (periferica) ed una assiale. La prima fornisce lavoro motore e sollecita nel contempo le pale giranti a flessione; la seconda da luogo alla spinta assiale ed ad una sollecitazione di flessione per la palettatura girante. Al disco girante si trasmettono le reazioni tangenziali della palettatura, le quali non possono essere pericolose nei riguardi dei fenomeni vibrazionali in discussione, e le reazioni assiali, che possono risultare pericolose nei riguardi specificati e che agiscono in corrispondenza alla corona del disco. Inoltre v'è da considerare la pressione del vapore nel giuoco costruttivo fra il distributore e la girante.

La ripartizione delle forze enumerate lungo l'anello periferico girante non è uniforme, anche in presenza ad iniezione totale, e ciò si deve alle inevitabili interruzioni, cui si da luogo tra i diversi getti fluidi effluenti dai condotti del distributore e per le giunzioni tra i diversi settori distributori.

Specialmente negli elementi delle turbine a vapore con regolazione per gruppi, negli elementi adibiti al sovraccarico ed in quelli nei quali si effettuano dei prelevamenti di vapore si da luogo a delle forze pulsanti agenti trasversalmente al disco da uno o più punti fissi (a seconda dei casi) dell'ambiente entro cui ruota la girante.

Allorchè uno dei valori delle frequenze d'oscillazione di diverso ordine (impulsi) derivanti da una delle cause dianzi enumerate, viene a risultare coincidente con una delle frequenze delle oscillazioni proprie del disco (frequenze naturali) si verifica una condizione di risonanza caratterizzata da una esaltazione più o meno notevole del fenomeno di vibrazione trasversale del disco girante.

Le inflessioni che ne derivano, possono condurre, in determinati casi, addirittura a degli strisciamenti di porzioni del disco contro le pareti dei diaframmi cellulari contrapposte ad esso (1).

***

Le possibilità di vibrazione trasversale dei dischi giranti delle turbine a vapore assiali sono molteplici; però le forme di vibrazione che presentano effettivo interesse per la costruzione delle turbine a vapore assiali sono le tre seguenti:

*a*) le inflessioni dei dischi a forma di ombrello (con uno o più cerchi nodali) (fig. 1);

(1) Cfr.: B. POCHOBRADSKI, L. B. W. JOLLEY and I. S. THOMPSON. « The experimental investigation of vibrations in turbine wheels and blades ». Engineering 30-X-1931.

*b*) le inflessioni del disco per settori, con $z$ diametri nodali ruotanti col disco girante;

*c*) le inflessioni del disco girante per settori con $z$ diametri nodali stazionari nello spazio;

e quelle che risultano dalla combinazione di esse.

Una vibrazione del tipo *b*) risulta dalla combinazione di due vibrazioni trasversali del tipo *c*) di fase diversa. Se una di

Mentre nel primo caso tutte le particelle vibrano in fase (ossia raggiungono tutte la posizione di riposo e quella in cui la velocità del moto vibrazionale è la massima in uno stesso istante), nel secondo, invece, le vibrazioni delle singole particelle del contorno periferico del disco girante sono debitamente sfasate le une rispetto alle altre (ossia le particelle vibranti acquistano successivamente la massima velocità e successivamente raggiungono la posizione di riposo l'una dopo l'altra).

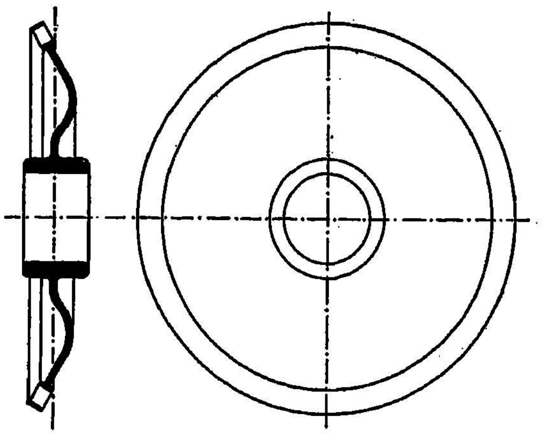


Fig. 1.

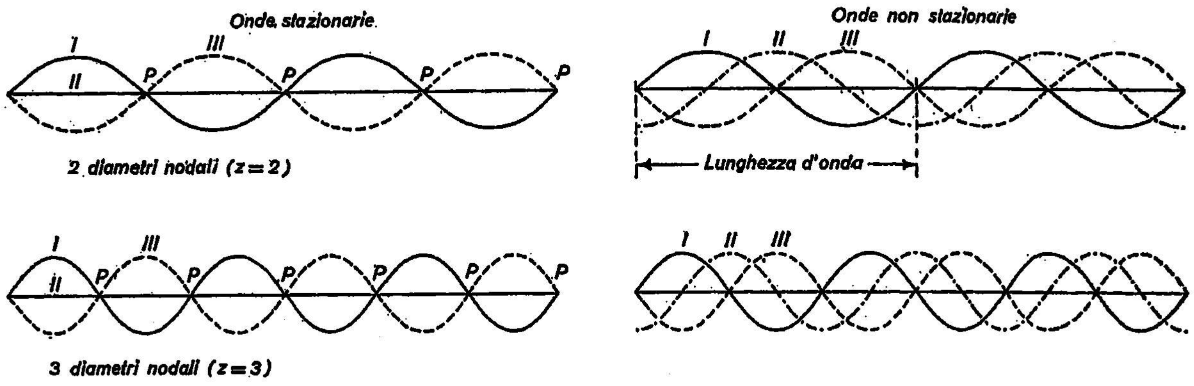



Fig. 2.

queste è caratterizzata, pertanto, da una relazione della forma seguente:

$$F \cos pt \cos z\,\Theta \qquad (1)$$

e l'altra dalla relazione analoga:

$$F \operatorname{sen} pt \operatorname{sen} z\,\Theta\,, \qquad (2)$$

la vibrazione risultante risulta espressa dalla relazione seguente:

$$F \cos (pt \pm z\,\Theta) \qquad (3)$$

le cui velocità angolari relative corrispondenti sono $\pm\ p/z$, mentre quelle assolute nello spazio sono rispettivamente: $\omega + p/z$ ed $\omega - p/z$, se $\omega$ designa la velocità angolare del disco girante.

La fig. 2 mostra esaurientemente, per il caso di due e per quello di tre diametri nodali, come, qualora il numero dei nodi è lo stesso, la frequenza di vibrazioni di ciascuna particella lungo il contorno periferico (orlo) di un determinato disco girante sia la stessa, sia pel caso della vibrazione stazionaria nello spazio che per quello della vibrazione non stazionaria.

Le curve nella fig. 2 rappresentano lo sviluppo della circonferenza periferica del disco girante, compresa la palettatura connessavi. Il primo e la seconda vibrano, infatti, assieme come un disco continuo e devono, pertanto, venire riguardati come un tutto unico nella disamina delle vibrazioni in considerazione (vibrazioni trasversali).

Dalla fig. 2 si rileva che, se le frequenze delle vibrazioni di ciascun punto del contorno periferico del disco sono le stesse, nei due casi della vibrazione stazionaria nello spazio e di quella non stazionaria, mentre la prima compie un intero ciclo, la seconda viene a spostarsi gradualmente verso destra di una quantità corrispondente ad una lunghezza d'onda. Ne consegue che la velocità al secondo di un'onda vibrazionale non stazionaria è uguale al numero delle vibrazioni complete della corrispondente onda stazionaria nello spazio, moltiplicato per il valore della lunghezza d'onda.

L'ampiezza d'oscillazione delle singole particelle, nel caso delle vibrazioni stazionarie nello spazio, varia lungo il contorno periferico del disco girante dal valore zero in corrispondenza ai punti nodali al valor massimo in corrispondenza ai punti intermedi tra due punti nodali. Nel caso delle vibrazioni non stazionarie, l'ampiezza d'oscillazione di tutte le particelle dell'orlo del disco, vibranti successivamente le une dopo le altre, è invece la medesima.

Nel caso delle vibrazioni stazionarie esistono dei punti ***nodali*** $P$ nel vero e proprio senso della parola (ossia punti del disco girante che rimangono effettivamente in quiete); in quello delle vibrazioni non stazionarie nello spazio i punti nodali si vengono a spostare successivamente lungo la periferia del disco girante, per cui tutti i punti del menzionato contorno vibrano l'un dopo l'altro.

Per un determinato disco girante e per una data forma di vibrazione (ossia per una vibrazione con un certo numero di diametri nodali) la frequenza naturale di vibrazione è la stessa, sia nel caso della vibrazione stazionaria che in quello della vibrazione non stazionaria.

Due vibrazioni di ugual ampiezza, procedenti in direzioni opposte:

$y = F \cos (z\,\theta - p\,t)$ nel senso del verso di rotazione

$y = F \cos (z\,\theta + p\,t)$ in senso opposto a quello del verso di rotazione

con ugual velocità angolare $p/z$, producono, se sovrapposte, la vibrazione definita dalla relazione:

$$y = 2\,F \cos z\,\theta \cos p\,t = F \cos\,[z\,\theta - 2\,\pi t\,(f + z\,n)] \qquad (4)$$

$y$ = la deflessione (deformazione) al tempo $t$ in corrispondenza alla posizione angolare $\theta$

$p = 2\,\pi\,f$ (ove $f$ = frequenza della vibrazione)

$z$ = numero dei diametri nodali.

Il tipo di vibrazione più pericoloso pei dischi giranti delle turbine a vapore è risultato essere quello comportante onde vibrazionali procedenti a ritroso rispetto al senso di rotazione del disco girante, con una velocità angolare uguale e contraria a quella di rotazione del disco:

$$\left.\begin{aligned} p &= z\,\omega \\ f &= z\,n \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

nel qual caso le vibrazioni risultano stazionarie nello spazio.

Ad un osservatore fisso, esterno alla girante, la vibrazione si appaleserebbe allora come una deformazione permanente del disco:

$$y = F \cos\,z\,\theta \qquad (6)$$

Un treno di onde vibrazionali, che dovesse procedere con una « velocità » diversa da quella « naturale », sarebbe del tipo delle vibrazioni forzate e richiederebbe, per poter essere mantenuto

lungo il disco, la presenza di forze pulsanti di entità considerevole. Bastano, invece, delle forze trasversali d'entità modestissima per poter ingenerare dei treni d'onda a 2, 3, 4.... diametri nodali, le cui velocità naturali risultano uguali a quei valori delle velocità della girante, che vengono designati come le « *velocità critiche del disco girante* », in quanto ogni disco girante è in grado di sviluppare delle vibrazioni proprie soltanto in corrispondenza ad alcuni particolari valori (quelli per cui valgono le (5)) per la velocità di rotazione (le velocità critiche). Ogni disco girante risponde, generalmente, a vibrazioni con due, tre, quattro, cinque... diametri nodali. Ciascun tipo di vibrazione risulta caratterizzato da una frequenza propria, nel senso che, quanto più grande è il numero dei diametri nodali, tanto più elevato risulta il valore della frequenza e, conseguentemente, tanto più difficile è l'ingenerare la vibrazione stessa.

Le vibrazioni proprie con 2 o più diametri nodali sono delle vibrazioni di natura tale da risultare bilanciate nei riguardi delle reazioni dell'albero; quelle caratterizzate, invece, da un solo diametro nodale (2 nodi), in dipendenza della circostanza che le forze entranti in giuoco costituiscono allora una coppia, implicano la presenza di una coppia corrispondente sull'albero trasversalmente all'asse.

Nel caso di $z = 1$ (disco deformato come in fig. 5 a sinistra) non si deve più considerare un disco isolatamente, bensì tutti i dischi della turbina, in quanto la vibrazione di un disco determina delle vibrazioni sincrone per tutti gli altri dischi calettati sullo stesso albero. Ne derivano delle vibrazioni accoppiate, che possono dar luogo a dei battimenti.

Donde la necessità di impiegare nelle turbine a vapore soltanto dei dischi aventi delle frequenze di vibrazione naturale molto diverse gli uni dagli altri. La presenza di una qualunque forza pulsante agente trasversalmente al disco girante può essere la causa di fenomeni di risonanza, donde la considerazione di quelle condizioni, che vanno sotto il nome di « *frequenze risonanti* ».

L'eventuale verificarsi di un moto qualsiasi di oscillazione ad un'estremità dell'albero della turbina (ad esempio in dipendenza di un lieve sbilanciamento dinamico del suo rotante) può avere come conseguenza una vibrazione del tipo con un diametro nodale pel disco girante, pel quale il valore della frequenza delle forze applicate viene a risultare uguale al valore della frequenza naturale di vibrazione del disco per $z = 1$. Per le vibrazioni con *un solo diametro nodale* non esiste una *velocità critica* del disco girante nel senso dianzi definito.

Una condizione pericolosa di risonanza, con tale tipo di vibrazione, può intervenire soltanto in corrispondenza di quelle che si designano come le « *velocità risonanti minori* ».

Si è indicato innanzi che per le « *velocità critiche* » il numero dei periodi o cicli per giro del disco è uguale a zero; prendono, quindi, il nome di « *velocità minori di risonanza* » quelle corrispondenti rispettivamente ai valori 1, 2, 3...., pel numero dei periodi o cicli per giro e, viceversa, il nome di « *velocità maggiori di risonanza* » quelle corrispondenti rispettivamente ai valori — 1, — 2, — 3.... pel numero dei periodi o cicli per giro.

Per un determinato valore della frequenza della vibrazione stazionaria ed, a parità di altre circostanze, una velocità, la quale risulta « critica » per una vibrazione con un certo numero $z$ di diametri nodali, è da riguardare come la « *prima velocità minore di risonanza* » per la vibrazione con $z$-1 diametri nodali e come la « *prima velocità maggiore di risonanza* » per la vibrazione con $z+1$ diametri nodali. Ciò si rileva dal grafico tracciato nella fig. 3. La linea 1, che è quella particolare diagonale condotta a partire dall'origine $O$, la quale collega tutti i punti del diagramma pei quali il valore della frequenza di vibrazione espressa in periodi o cicli al secondo, risulta uguale al valore del numero dei giri di rotazione al secondo del disco girante, interseca nel punto $P$ la curva delle frequenze risonanti pel treno d'onde procedenti a ritroso relativa ad una forma di vibrazione con due diametri nodali ($z = 2$).

L'ascissa relativa al punto $P$ rappresenta il valore della « *prima velocità minore di risonanza* », così come l'ascissa del punto $R$ rappresenta il valore della « *prima velocità maggiore di risonanza* » per la vibrazione con due diametri nodali.

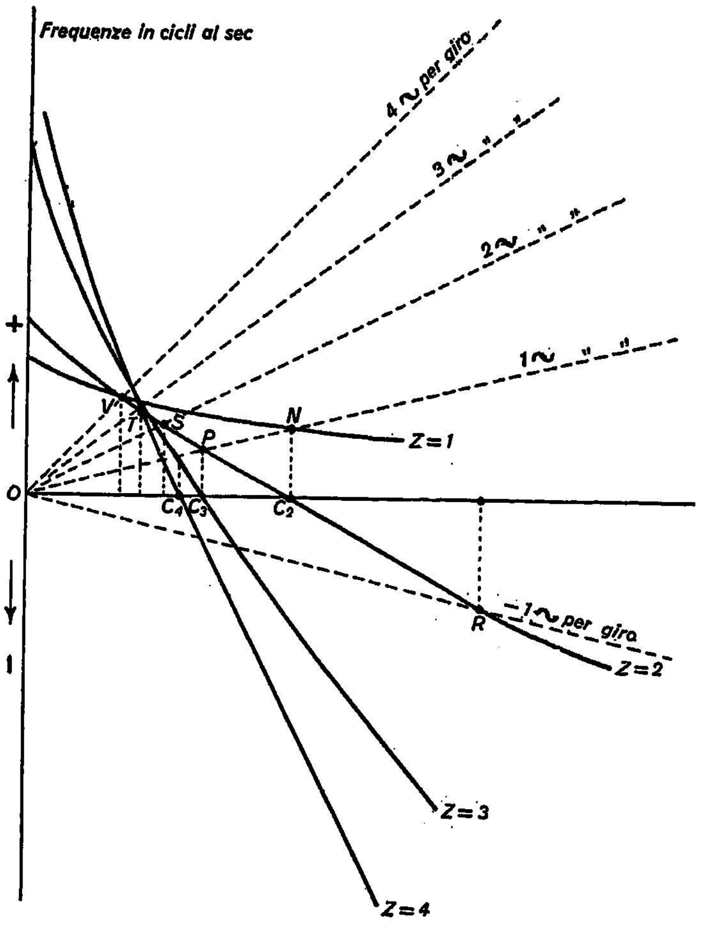



Fig. 3.

L'ascissa relativa al punto $C_2$ rappresenta, invece, il valore della « *velocità critica del disco girante* » per tale forma di vibrazione ed, analogamente, le ascisse relative ai punti $C_3$, $C_4$, $C_5$.... d'intersezione delle curve $z = 3$, $z = 4$, $z = 5$...., coll'asse delle ascisse, rappresentano i valori delle « *velocità critiche del disco girante* » per le forme di vibrazione rispettivamente con 3, 4, 5.... diametri nodali.

Le ascisse relative ai punti $S$, $T$, $V$...., rappresentano rispettivamente la seconda, terza, quarta.... *velocità minore di risonanza* per la forma di vibrazione con due diametri nodali.

L'ascissa relativa al punto $N$ (che è la stessa di quella relativa al punto $C_2$) rappresenta il valore della « *prima velocità minore di risonanza* » per la forma di vibrazione con un solo diametro nodale (quella che può essere richiamata, come si è specificato dianzi, da fenomeni di sbilanciamento dinamico).

Per dischi relativamente sottili (1) (2) il cui modo fondamentale di vibrare è esaurientemente illustrato nella fig. 4, la frequenza naturale di vibrazione, espressa in periodi al secondo, è secondo il Lamb ed il Southwell (3):

$$f = 208\,400\, s/d^2 \tag{7}$$

in cui $s$ designa lo spessore e $d$ il diametro del disco, entrambi espressi in pollici.

Nelle vibrazioni con diametri nodali dei dischi delle turbine a vapore, come si rileva esaurientemente dalla fig. 5 per il caso

---

(1) Cfr. R. E. PETERSON: « Transactions of the Amer. Soc. of Mech. Eng. » 1930, Vol. I APM 52-1-1.

(2) Fu il KIRCHOFF che nel suo lavoro « Ueber die Schwingungen einer elastischen Scheibe » *Crelles Journal*, 1850, dedusse per primo l'espressione del valore della frequenza naturale di vibrazione di un disco sottile.

(3) Cfr. H. LAMB and R. W. SOUTHWELL: « The vibration of a spinning disk ». Proc. Royal Society A. Vol. 99, pag. 272.

di uno e per quello di due diametri nodali, i campi contigui vengono ad oscillare in direzioni opposte.

Se la figura, che rappresenta la vibrazione del disco, presenta un solo diametro nodale, l'elemento in rotazione, durante un

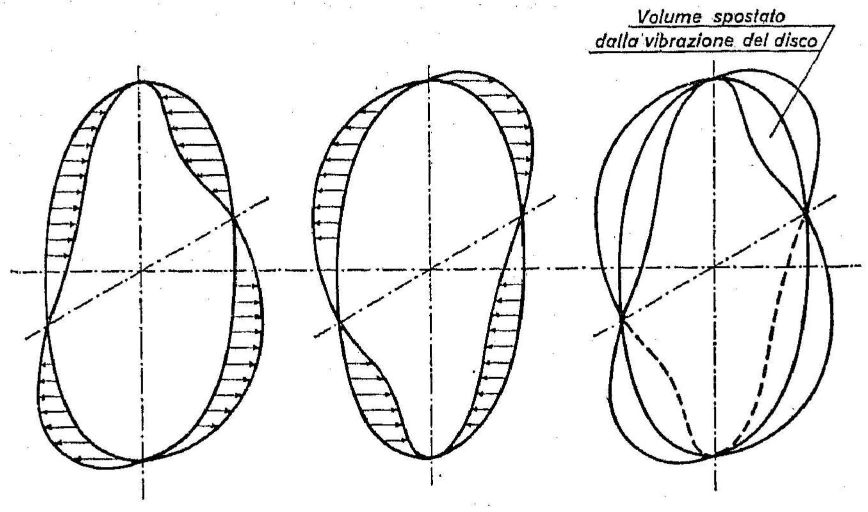



Fig. 4.

giro, non può assumere che una sola e sempre identica deviazione ed una risonanza è possibile, per quanto si è premesso dianzi, solo qualora il numero degli impulsi delle forze agenti risulti uguale al numero dei giri di rotazione dell'albero al se-

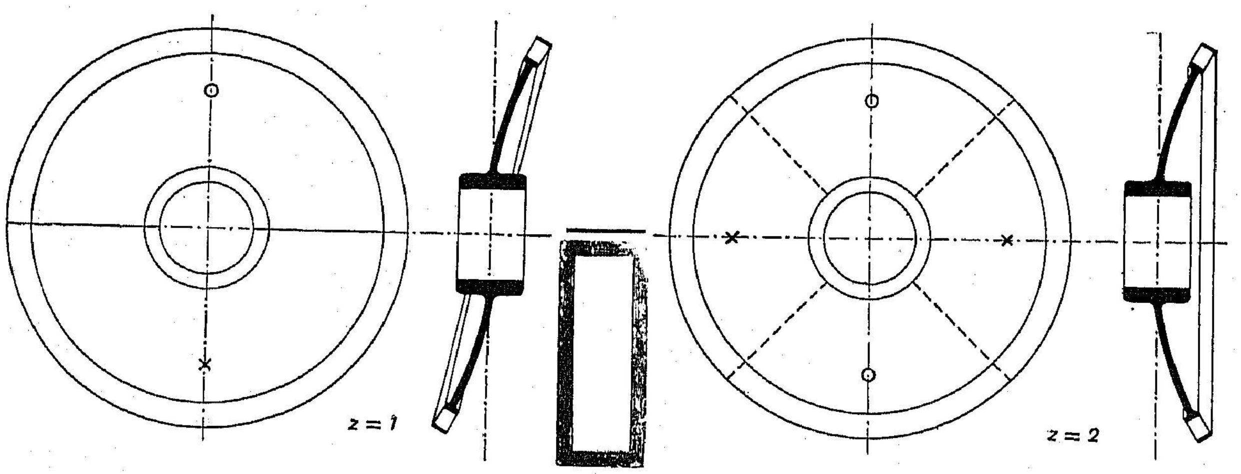



Fig. 5.

condo e coincida con il valore della frequenza naturale di vibrazione (vibrazione propria) del disco girante, espressa in periodi al secondo.

Se la figura che rappresenta la vibrazione del disco presenta, invece, due diametri nodali, una condizione di risonanza può

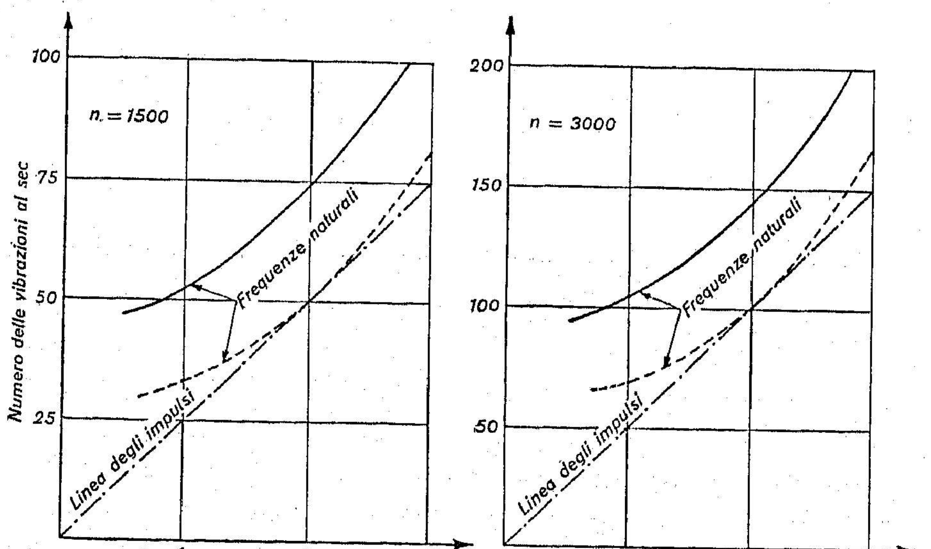



Fig. 6.

verificarsi qualora il numero degli impulsi delle forze agenti risulti doppio del numero dei giri di rotazione dell'albero al secondo e coincide col valore della frequenza naturale di vibrazione del disco girante (numero dei periodi al secondo) e così via.

Con riferimento ai diagrammi tracciati nella fig. 6, si ha risonanza soltanto quando la curva rappresentativa delle frequenze naturali di vibrazione del disco girante viene a toccare o a tagliare la linea degli impulsi delle forze agenti (caso delle curve a tretteggio nella fig. 6). Se la curva delle frequenze naturali di vibrazione risulta tutta al disopra della linea degli impulsi (caso delle curve a tratto pieno) non vi è alcun pericolo di risonanza.

***

La frequenza di un dato tipo di vibrazione è definita da due fattori:

a) *la rigidità del corpo vibrante,* nel senso che quanto più questo è rigido, tanto più alto risulta il valore della sua frequenza naturale di vibrazione espressa in cicli al secondo;

b) *la massa* m *del corpo vibrante.*

Le forze centrifughe che si connettono alla rotazione di un disco girante di turbina a vapore, hanno palesemente un considerevole effetto di irrigidimento per quest'ultimo e, come diretta conseguenza, ne innalzano sensibilmente il valore della frequenza naturale di vibrazione (1). Ne discende che il numero delle vibrazioni al secondo di un disco girante in rotazione è maggiore di quello corrispondente allo stesso disco non ruotante, che vibra sotto l'azione delle stesse forze periodicamente agenti (ugual numero di impulsi al secondo).

Per la frequenza di un disco girante può valere la relazione seguente:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{F_s - F_c}{m}} \qquad (8)$$

ove $F_s$ designa il valore della forza che si rende necessaria per produrre l'inflessione unitaria del disco ed $F_c$ il corrispondente fattore elastico relativo all'irrigidimento del disco per effetto della forza centrifuga.

Il Campbell (1) pone la relazione precedente nella forma seguente:

$$f = \sqrt{f_s + B\, n_s^2} \qquad (9)$$

nella quale $f_s$ designa il valore della frequenza di vibrazione per il disco non posto in rotazione, $n_s$ il numero dei giri di rotazione del disco girante al secondo e $B$ il cosidetto « coefficiente di velocità » il cui valore varia col variare della sagoma del disco girante e colla forma della vibrazione intervenente.

Ne risulta per la « velocità critica » (numero dei giri critico al secondo) l'espressione:

$$n_c = \sqrt{\frac{f_s}{z^2 - B}} \qquad (10)$$

Poichè $B$ ha in generale valori maggiori dell'unità ($B = 2 \div 3$ in media) si scorge immediatamente dall'esame della relazione precedente che per il caso in cui $z = 1$ (vibrazione con un diametro nodale) il valore della « *velocità critica del disco girante* » è un valore immaginario. Ciò risulta in armonia a quanto è

(1) Cio è stato dimostrato analiticamente dal Prof. Stodola nel suo lavoro sull'argomento pubblicato sulla *Schweizerische Bauzeitung* del 1914, pag. 112.

indicato dalla fig. 3, che mostra come per la forma di vibrazione con un solo diametro nodale non si dia luogo a treni d'onde vibrazionali stazionarie nello spazio. La relazione del Campbell è, però, soltanto una relazione approssimata. In effetti $B$ dipende dalle caratteristiche della girante, dal numero $z$ dei diametri nodali della forma di vibrazione ed è funzione altresì della velocità di rotazione. Più esattamente vale una relazione analitica della forma:

$$f = \varphi\,(f_s\,,\,n_s) \tag{11}$$

ove il simbolo φ designa « funzione ».

L'ingenerarsi ed il mantenersi delle vibrazioni è, in ogni caso, caratterizzato dalla relazione che intercorre tra gli elementi che forniscono l'energia occorrente all'uopo e quelli che sono causa di dissipazione d'energia. Perchè l'ampiezza della vibrazione rimanga costante l'ammontare dell'energia dissipata deve risultare ovviamente uguale a quello dell'energia addotta.

Se ne deduce che esistono due mezzi per prevenire i fenomeni vibrazionali in esame:

*a*) aumentare l'entità delle cause dissipatrici d'energia (aumento degli spessori del disco girante);

*b*) diminuire la possibilità di un assorbimento d'energia all'atto dell'ingenerarsi delle onde vibrazionali, coll'evitare che le « *velocità critiche del disco girante* » risultino prossime ai valori della velocità di rotazione dell'albero.

Il Campbell (1) ha dedotta una relazione tra l'energia fornita e l'ampiezza della vibrazione, dalla quale risulta che, con le forme di vibrazione a due o più diametri nodali, le onde stazionarie nello spazio possono essere ingenerate molto più facilmente di quelle non stazionarie.

Il Prof. Stodola per primo ha indicato (2) un metodo di calcolo per le vibrazioni trasversali dei dischi giranti delle turbine a vapore, il quale consiste nell'assumere una forma ipotetica per la deformazione del disco girante e cioè una forma sinusoidale lungo la circonferenza periferica (fig. 2) ed una curva esponenziale

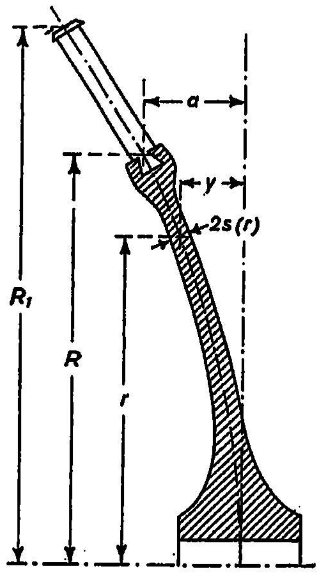


Fig. 7.

per la deviazione lungo un raggio (fig. 7). Calcolando allora il lavoro di deformazione immagazzinato nella girante sotto forma d'energia potenziale, per il momento in cui la deviazione presupposta, dovuta alla vibrazione, è massima ed uguagliando tale energia al valor massimo dell'energia cinetica del sistema vibrante (quella che esso possiede in corrispondenza al passaggio per la posizione media d'oscillazione), egli determina un'espressione della frequenza di vibrazione in funzione delle energie specificate e dell'esponente della curva di deformazione radiale del disco (fig. 7).

(1) Cfr. W. CAMPBELL, op. cit.
(2) Cfr. A. STODOLA, op. cit.

In base ad un noto teorema del Rayleigh tra le ipotesi possibili la vera è quella che fornisce per la frequenza di vibrazione un valore minimo.

Mediante una differenziazione lo Stodola deduce, allora, il valore dell'esponente per cui l'indicata frequenza è la minima.

Il Prof. Stodola rappresenta la sagoma del disco girante in sezione longitudinale con un profilo iperbolico e fa delle ipotesi molto ingegnose per l'irrigidimento dovuto alla corona e pel peso della palettatura connessa al disco girante. Ora, in alcuni casi, la considerazione di un profilo iperbolico pel disco girante costituisce una ragionevole approssimazione; in altri, però, la forma del disco girante in sezione longitudinale è molto lontana da quella a profilo iperbolico, oppure la palettatura connessa al disco è proporzionalmente molto lunga, ciò che allontana notevolmente dalle ipotesi presupposte dal prof. Stodola.

***

In generale se si designa con:

$z$ = numero dei diametri nodali della figura del disco girante inflesso,

$\varphi$ = angolo di una delle direzioni nel disco,

$\omega_c$ = $2\pi f$ (prodotto omogeneo con una velocità angolare),

per l'elongazione momentanea $y$ al tempo generico $t$, in corrispondenza ad un valore generico $r$ del raggio, può ritenersi valere, con sufficiente approssimazione, la relazione seguente:

$$y = a\,f\,(r)\ \mathrm{sen}\,z\,\varphi\,\cos\omega_c\,t \tag{12}$$

nella quale relazione la parte per la quale non interviene l'espressione del tempo $t$ rappresenta l'inflessione del piano mediano della girante, a causa della vibrazione trasversale.

Se si designa con $\Phi$ la coordinata assoluta nello spazio:

$$\Phi = \varphi + \omega\,t \tag{13}$$

è:

$$\varphi = \Phi - \omega\,t \tag{14}$$

ossia

$$y = a\,f\,(r)\ \mathrm{sen}\,(z\,\Phi - z\,\omega\,t)\,\cos\omega_c\,t \tag{15}$$

Scomponendo quest'espressione

$$y = \frac{a}{2}\,f\,(r)\ \mathrm{sen}\,z\,\Phi + \frac{a}{2}\,f\,(r)\ \mathrm{sen}\,(z\,\Phi - 2\,\omega_c\,t) \tag{16}$$

si ottiene una figura fissa (vibrazione stazionaria) definita dall'equazione:

$$y_1 = \frac{a}{2}\,f\,(r)\ \mathrm{sen}\,z\,\Phi \tag{17}$$

alla quale viene a sovrapporsi un'onda vibrazionale non stazionaria, definita dalla relazione:

$$y_2 = \frac{a}{2}\,f\,(r)\ \mathrm{sen}\,(z\,\Phi - 2\,\omega_c\,t) \tag{18}$$

In dipendenza della deformazione del disco girante per effetto della vibrazione, in armonia ai precetti della teoria dell'elasticità, nel disco girante viene ad accumularsi una certa quantità d'energia sotto forma potenziale che, con riferimento alla fig. 7, è espressa dalla relazione:

$$E_{pi} = \frac{E}{3\,(1-\mu^2)}\int_0^{2\pi}\!\!\int_0^R s^3\,(r)\left(\frac{1}{\rho_1^2} + \frac{2\,\mu}{\rho_1\rho_2} + \frac{1}{\rho_2^2}\right) r\cos^2\omega_c\,t\,dr\,d\varphi \tag{19}$$

nella quale $E$ designa il modulo di elasticità longitudinale del materiale, $\mu$ il modulo di Poisson, $s$ lo spessore del disco girante, $\rho_1$ e $\rho_2$ i due raggi di curvatura delle curvature principali, secondo cui viene a risultare inflesso il piano mediano del disco girante.

Poichè il disco ruota con una velocità angolare $\omega$ sussiste un'ulteriore quantità d'energia sotto forma potenziale, che è quella legata alle forze centrifughe, per la quale lo Stodola dà un'espressione più complicata (1) mentre l'Hort (2) deduce la seguente relazione approssimata:

$$E_{pc} = \frac{a^2 \rho \omega^2}{2} \int_0^{2\pi} \int_0^{R_1} r^2 s(r) f(r) \frac{d f(r)}{dr} \operatorname{sen}^2 z . \varphi . t \cos^2 \omega_c \, dr \, d\varphi \tag{20}$$

nella quale relazione l'integrazione deve venire estesa sino all'estremità della palettatura girante (3).

Si ha, pertanto, complessivamente un'energia potenziale elastica pel sistema deformato pari a:

$$E_p = E_{pi} + E_{pc} \tag{21}$$

cui viene a contrapporsi l'energia cinetica inerente alla vibrazione del disco:

$$E_c = \frac{a^2 \rho \omega_c^2}{2} \int_0^{2\pi} \int_0^{R_1} r \, s(r) \, f^2(r) \operatorname{sen}^2 z \varphi \operatorname{sen}^2 \omega_c t \, dr \, d\varphi = K \omega_c^2 \tag{22}$$

I valori del lavoro di deformazione e dell'energia cinetica devono essere uguali tra loro. Il lavoro di deformazione raggiunge il valore massimo nel momento in cui la deviazione dell'elemento in vibrazione è la massima; l'energia cinetica invece, nel momento in cui si attraversa la posizione media d'oscillazione, nella quale si raggiunge la massima velocità. Vale, pertanto, la:

$$(E_p)_{\omega_c t = 0} = (E_c)_{\omega_c t = \frac{\pi}{2}} \tag{23}$$

dalla quale può dedursi il numero di vibrazioni del disco girante nell'unità di tempo (secondo) ossia la frequenza di vibrazione in periodi al secondo:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{(E_c)_{\omega_c t = 0}}{(K)_{\omega_c t = 0 \frac{\pi}{2}}}} \tag{24}$$

sempre quando è nota la funzione $s(r)$, che caratterizza il profilo del disco girante.

***

Una delle circostanze che influenzano sensibilmente i valori delle frequenze naturali di vibrazione di un disco girante di turbina a vapore è rappresentata dalle condizioni inerenti ai valori effettivi degli sforzi interni, che si verificano pel disco stesso anche in dipendenza della temperatura che il disco assume all'atto del funzionamento della turbina.

La valutazione di tali sforzi richiede, infatti, una conoscenza più esatta della deformazione del disco, che non si renda necessario per la valutazione delle frequenze di vibrazione.

Un disco girante di turbina a vapore può considerarsi, nei riguardi in discussione, come una piastra di spessore variabile inflessa e deformata secondo due direzioni e, pertanto, sollecitata a flessione ripetuta, sovrapposta ad una sollecitazione di tensione.

Nell'ipotesi che il materiale costruttivo del disco girante sia perfettamente omogeneo nelle sue più piccole particelle e che il moto di ciascuna particella del disco sia armonico ed isocrono, la forza necessaria per generare la deformazione unitaria (spostamento unitario) può ritenersi d'ugual valore lungo tutto il sistema e quindi la forma assunta da quest'ultimo, in dipendenza della deformazione, tale che, per ciascun elemento del disco, la forza deformante risulti all'incirca proporzionale alla deformazione.

Ne consegue che la forma assunta dal disco girante, in dipendenza della deformazione dovuta ai fenomeni vibrazionali in esame, può, con una certa approssimazione, ritenersi, almeno per la porzione intermedia del disco, la stessa di quella che si avrebbe in dipendenza d'un carico per unità di superficie della detta porzione del disco proporzionale al prodotto dello spessore del disco per la deviazione massima dell'elemento di massa intervenente.

Nelle calcolazioni correnti un simile procedimento può applicarsi dividendo il profilo del disco girante in un certo numero di sezioni (immaginando sostituito, ad esempio, l'effettivo profilo del disco con un certo numero di anelli conici, secondo il procedimento di calcolo strutturale dei dischi giranti delle turbine a vapore proposto recentemente dal Keller (1)).

Calcolando, per ciascuna delle sezioni del disco, i valori dell'energia potenziale e dell'energia cinetica ed uguagliando poi le somme dei termini corrispondenti, si è in grado di dedurre, in maniera relativamente agevole, l'espressione della frequenza di vibrazione.

Un simile procedimento presuppone, però, l'esame di un certo numero di curve pei valori della deviazione massima richiamata dalla vibrazione, in funzione del raggio, ossia richiede tanti tentativi successivi fintantochè non si perviene ad individuare quella particolare curva che da il valor massimo per la frequenza di vibrazioni del disco girante in esame.

Ora dal momento che si è costretti a servirsi di ipotesi, può, invece, risultare più opportuno per la valutazione della frequenza naturale di vibrazione di nuove costruzioni il considerare un gruppo di dischi giranti aventi tutti una stessa forma base (di profilo qualsiasi in sezione longitudinale). Noti, allora, in base a ricerche sperimentali i valori delle frequenze naturali di vibrazione di un disco girante della serie, per i diversi valori $z$ dei diametri nodali delle forme di vibrazione di occorrenza più frequente nel campo delle turbine a vapore, si può da questi risalire ai valori delle frequenze presumibili per un nuovo disco girante. All'uopo occorre che i rapporti tra i valori degli spessori $s$ ed $S$ dei due dischi in considerazione e due grandezze di riferimento $s_0$ ed $S_0$, scelte in base alla sola considerazione che ciascuna di esse deve avere lo stesso valore per tutti i punti del disco corrispondente, risultino poco diversi dall'unità e possibilmente uguali per le porzioni esterne dei dischi, ossia:

$$\frac{s}{s_0} \cong \frac{S}{S_0} \tag{25}$$

---

(1) Cfr. A. STODOLA: « Dampf-und Gasturbinen » VI ediz., pag. 908.

(2) Cfr. W. HORT: *Zeitschr. des V.D.I.* 1926, pag. 1380.

(3) Il Prof. Hort, per la condizione di risonanza, pone la (18) nella forma seguente:

$$y_2 = \frac{a}{2} \operatorname{sen} \frac{\frac{2\pi\Phi}{2\pi}}{2} - 2\pi \frac{\frac{t}{2\pi}}{2\omega z}$$

dalla quale ricava che la velocità angolare dell'onda non stazionaria risulta espressa dalla relazione seguente:

$$\omega' = \frac{2\pi}{z} \Big/ \frac{2\pi}{2 z \omega} = 2\omega$$

ossia, mentre un osservatore fermo vedrebbe compiersi $2z$ vibrazioni durante un giro di rotazione del disco, un osservatore, ruotante col disco, percepirebbe soltanto un numero $z$ di vibrazioni.

(1) Cfr. CURT KELLER « Beitrag zur analytischen Berechnung hochbelasteter Radscheiben » Stodola Festschrift 1929.

— « Die Berechnung rotierender Radscheiben mittels konischer Teilringe » E. W. Mitt. 1932, pag. 23.

ed altresì che i rapporti tra i valori dei raggi $r$ ed $R$ dei due dischi e due grandezze di riferimento $r_0$ ed $R_0$, scelte anch'esse in base alla considerazione d'avere lo stesso valore per tutti i punti del disco corrispondente, risultino poco diversi dall'unità e possibilmente uguali per le porzioni esterne dei due dischi:

$$\frac{r}{r_0} \cong \frac{R}{R_0} \tag{26}$$

Se $F_s$ designa il valore della frequenza di vibrazione, in periodi al secondo, relativa al disco girante di riferimento non posto in rotazione ed $f_s$ il valore corrispondente della frequenza pel nuovo disco girante, vale allora la relazione:

$$f_s \cong F_s \left(\frac{s_0}{S_0}\right) \cdot \left(\frac{R_0}{r_0}\right)^2 \tag{27}$$

L'impiego di una formula di questo tipo implica un errore che può andare sino al 3% in più ed al 5% in meno, come è comprovato da ricerche esperite al riguardo dalla « Maschinenfabrik Oerlikon » (1). Essa garantisce, in ogni caso, un certo grado di sicurezza, in relazione alla circostanza che la frequenza di vibrazione di un disco girante non posto in rotazione è sempre minore di quella dello stesso disco girante posto in rotazione.

Se si dispone poi di elementi tali da potere prevedere il valore del coefficiente $B$ del Campbell per la sagoma dei dischi della serie di calcolo, coll'applicazione delle formula (9) o, ancor meglio, mediante la (11), può dedursi senz'altro la corrispondente frequenza $f$ di vibrazione pel disco posto in rotazione e si può giudicare in merito al grado di sicurezza disponibile in ciascun caso specifico nei riguardi dei fenomeni di risonanza pericolosi.

Se il margine di sicurezza viene a risultare troppo piccolo si può variare opportunamente il valore della frequenza $f$ di vibrazione del disco girante in progetto, in diversi modi e cioè lo si può accrescere:

*a*) indebolendo alquanto gli spessori della palettatura in punti opportuni,

*b*) riducendo i valori degli spessori del disco (immediatamente sotto l'attacco alla corona, nel caso in cui la forma di vibrazione del disco è a tre o quattro diametri nodali e, viceversa, più verso il mozzo qualora la forma di vibrazione è quella con due diametri nodali); e, viceversa, lo si può abbassare con procedimento inverso. Quest'ultimo può essere il caso allorchè si ritiene conveniente che la frequenza naturale di vibrazione del disco risulti inferiore, per debite quantità, al valore del numero di giri di rotazione normale del disco girante al secondo.

Ci si riserva in una nota successiva di esaminare in dettaglio alcuni casi particolari, dei più suggestivi nei riguardi specifici, e di considerare altresì il problema delle vibrazioni accoppiate della palettatura.

PROF. DR. ING. MARIO MEDICI.

(1) Cfr. *Bulletin Oerlikon* N. 90, dicembre 1928, pag. 389.

## BIBLIOGRAFIA

E. OEHLER: « Ueber Biegungsschwingungen von Dampfturbinenlaufrädern ». *Eeits. des V.D.I.*, 1925, pag. 335.

C. DELANGE: « Vibrations des roues de turbines a vapeur ». *Génie Civil*, 1925, pag. 8 et 37.

E. HAHN: « Détermination des fréquences critiques d'une pièce élastique ». *Schweiz. Bauzeitung*, 1926, pag. 1.

M. KÖNIG: « Dissertation der Techn. Hochschule Zurich », 1926.

FR. DUBOIS: « Ueber Transversalschwingungen der Dampfturbinen-Laufradscheiben ». *Schweiz. Bauzeitung*, 1927, pag. 149.

W. HORT: *Zeitschr. der techn. Physik*, 1928, pag. 373.

KLOTTER: *Ingenieurarchiv*, 1930, pag. 123.

ING. EMILIO SANTUARI

# Della trasmissione a distanza mediante corrente continua ad alta tensione

*Rapporto presentato al IV Congresso della Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique*

Parigi, luglio 1932

Il tema della trasmissione a corrente continua ad alta tensione torna a ricorrere insistente nelle memorie tecniche pubblicate negli ultimi mesi.

L'insistenza a trattare un argomento ormai dimenticato è senza dubbio indice dell'interesse sempre maggiore che i tecnici mostrano verso la forma primitiva della trasmissione di energia elettrica, ormai quasi abbandonata a favore dell'impiego di corrente alternata.

L'uso della corrente continua a scopo di trasmissione è rimasto infatti limitato agli impianti a intensità costante secondo il sistema Thury e a quelli di trazione elettrica (filo di contatto e feeders di alimentazione).

Non si può parlare di trasmissione a corrente continua ad alta tensione senza ricordare l'opera veramente mirabile e geniale di R. Thury che, in un'epoca nella quale l'elettrotecnica era ancora in fasce, seppe ideare, realizzare e mettere a punto in tutti i suoi più piccoli particolari quel sistema ad intensità costante che forma oggetto dell'ammirazione universale e che oggi, nonostante il successo trionfale della corrente alternata, sopravvive ancora. Esso costituisce un insieme completo che consente di trasmettere energia elettrica alle più grandi distanze ed è l'unico sistema a corrente continua ad altissima tensione che si possa tuttora realizzare con sicurezza e senza sorprese eccessive basandosi su elementi positivi e su risultati di decine d'anni di esercizio. È perciò il solo che possa per il momento competere con quello a corrente trifase per quei trasporti di ingenti blocchi di energia a lunghe distanze, che rendono necessaria l'adozione di tensioni superiori ai 220 kV.

L'argomento « Trasmissione dell'energia elettrica a corrente continua ad alta tensione » forma oggetto di una relazione presentata dallo stesso Thury all'*Elektrotechnischer Verein* di Berlino nell'occasione del suo cinquantenario (cfr. p. es. *R.G.E.* del 15 e 22 marzo 1930, pagg. 411÷419 e 459÷463).

Sarebbe cosa ardua e superflua e compito certamente impari alle nostre forze tornare a svolgere un argomento trattato così ampiamente con tanta competenza ed acume.

Nostro intento è solo quello di esaminare se, dopo la pubblicazione della memoria dell'Ing. Thury, siano sorte nuove possibilità che diano serio affidamento di risolvere, in un'epoca a noi vicina, in maniera economica e con mezzi nuovi e tecnicamente più perfetti di quelli finora usati, il problema della trasmissione mediante corrente continua ad alto potenziale (1).

A scanso di incorrere in luoghi comuni, al solo scopo di richiamare le idee, riepilogheremo i vantaggi che presenta la corrente continua rispetto a quella alternata, se applicata alla trasmissione d'energia.

1°) Assenza completa di reattanza induttiva e capacitiva e delle sue conseguenze, quali le variazioni di tensione, la corrente reattiva, le sovratensioni dovute ad effetti di risonanza e la instabilità.

2°) Rende quindi superfluo l'uso di dispositivi di compensazione, rifasamento, regolazione di tensione e stabilizzazione della marcia in parallelo, quali i condensatori reattori rotanti, le bobine di selfinduzione ecc.

3°) Manca qualsiasi vincolo dovuto al sincronismo e quindi esiste la massima possibilità di regolare e ripartire nel modo più agevole la potenza dei diversi impianti funzionanti in parallelo.

4°) Il macchinario, le condutture e le altre parti dell'impianto, anche quelle che riguardano la produzione dell'energia, se fatta a mezzo corrente alternata, possono essere sfruttati in maniera più completa non essendo necessario proporzionarli anche per la corrente reattiva.

5°) A parità di tensione efficace gli isolanti e i dielettrici, compresa l'aria, vengono sollecitati in misura notevolmente minore. Quindi sono più limitati i fenomeni e le perdite per effetto « corona » e per effluvio a parità di tensione efficace.

6°) Vengono eliminate le tensioni e correnti circolanti nei rivestimenti metallici dei cavi, e quindi le perdite relative, e così pure le perdite per isteresi dielettrica.

7°) Vengono soppresse le perdite addizionali nei conduttori.

8°) È perciò possibile di adottare tensioni di servizio sensibilmente più elevate a parità d'isolamento e nella maggior parte dei casi di elevare la potenzialità delle linee e dei sistemi di trasmissione esistenti.

A questi vantaggi fanno riscontro naturalmente i diversi inconvenienti della corrente continua, dei quali i più evidenti sono:

1°) Impossibilità di trasformare per mezzo di apparecchi statici la tensione da un valore ad un altro.

2°) Impossibilità di sfruttare i vantaggi della corrente reattiva per la regolazione di tensione.

3°) Potere enormemente distruttivo dell'arco a corrente continua.

4°) Difficoltà di spegnere rapidamente l'arco una volta adescato e in generale di interrompere con sufficiente prontezza un circuito a corrente continua.

(1) Un esame riassuntivo più completo è contenuto p. es. nell'articolo: PROF. DR. F. NIETHAMMER- « Gleichstrom - Hoechstspannungs-Uebertragungen ». - *E. u. M.*, vol. 49, N. 14, 1931.

5°) Difficoltà di commutazione e limitazioni da essa imposte.

Chi considera questi inconvenienti si rende subito conto che l'Ing. Thury seppe affrontarli ed eliminò gran parte degli ostacoli con una trovata veramente geniale: la creazione di un sistema funzionante a intensità costante, anzichè a tensione costante.

Questo sistema ad intensità costante è stato ideato quando si conosceva praticamente solo la corrente continua. La meta immediata alla quale furono rivolti gli studi dell'Ing. Thury, e da lui raggiunta, fu perciò la diretta generazione e la diretta utilizzazione dell'energia a corrente continua ad alta tensione. Alla conversione di questa energia in corrente trifase si dovette arrivare per necessità di cose in un secondo tempo, quando l'uso della corrente alternata si era ormai imposto nella quasi totalità degli impianti.

Le applicazioni della corrente alternata ne misero subito in evidenza il pregio principale fra quelli già accennati: la possibilità di trasformare, mediante semplici apparecchi statici, di funzionamento sicuro e non richiedenti speciale sorveglianza, l'energia elettrica da una tensione all'altra e di adattare perciò facilmente la tensione d'esercizio ai diversi scopi a cui l'energia è destinata.

Uno dei maggiori ostacoli invece che trattenne i tecnici dal generalizzare l'impiego del sistema Thury fu la necessità di ricorrere ad un numero considerevole di collettori, collegati in serie, per generare e convertire la corrente continua.

Il compito affidato al collettore di una macchina a corrente continua è sostanzialmente quello di raddrizzare la corrente alternata, prodotta nell'indotto delle macchine generatrici, in corrente continua o viceversa di convertire la corrente continua in alternata per alimentare l'indotto dei motori. Considerate sotto questo punto di vista, anche le macchine a corrente continua, comprese le convertitrici, non ci appaiono altro che come una sottospecie delle macchine a corrente alternata.

Si giunse perciò a domandarci se non sarebbe stato possibile di separare completamente il collettore dalla macchina della quale fa parte, sostituendolo con un apparecchio semplice e meno delicato, destinato puramente a raddrizzare o invertire la corrente, prodotta o consumata in comuni macchine a corrente alternata senza collettore.

Nacquero così i diversi tipi di raddrizzatori, apparecchi che di per sè stessi dovrebbero avere rendimento elevatissimo, limitandosi essi a convertire in modo diretto una forma di energia (corrente alternata) in un'altra (corrente continua) e viceversa, senza far passare per questo l'energia attraverso successive trasformazioni parziali o totali, con inevitabili perdite, come avviene nelle convertitrici e nei gruppi convertitori, per mezzo di macchine ingombranti, costose, di esercizio e manutenzione più o meno delicata.

Le proporzioni dei raddrizzatori ideali dovrebbero quindi essere minime, in vista appunto della esiguità delle loro perdite, in via teorica assai ridotte.

Il vantaggio che offrono questi apparecchi è evidente. Esso consiste nel permettere di impiegare per la produzione, la distribuzione e il consumo dell'energia, compresa la trasformazione della tensione, il sistema a corrente alternata che meglio si presta, adottando invece la corrente continua per la trasmissione a lunghe distanze. Si arriva così a sfruttare nella maniera più completa i pregi dell'uno e dell'altro sistema, evitandone nella misura del possibile gli inconvenienti.

I raddrizzatori finora costruiti sono di parecchie categorie, delle quali le principali e per noi più importanti sono quelle dei raddrizzatori meccanici e quella dei raddrizzatori in atmosfera di vapore di mercurio.

I primi sono senz'altro di funzionamento reversibile, mentre fino negli ultimi anni la reversibilità dei secondi non si era ancora raggiunta.

Dei numerosi tipi di raddrizzatori meccanici studiati e sperimentati fino ad oggi nessuno ha dato finora risultati talmente soddisfacenti e promettenti, da poter offrire serio affidamento di venire costruito in un'epoca a noi vicina per le potenze e le tensioni che interessano il problema della trasmissione a corrente continua. Difficoltà di vario genere, in prima linea la deficienza della commutazione, ne limitarono la costruzione ad unità di potenza e tensione relativamente ridotte.

Dello sviluppo ulteriore dello stesso transverter, che una decina d'anni fa aveva dato adito alle maggiori speranze di avere risolto in modo definitivo il problema dei raddrizzatori per qualsiasi potenza e tensione, mancano da parecchi anni notizie attendibili.

In due pubblicazioni recenti (1) sono state bensì avanzate dai costruttori delle previsioni relative alla possibile buona riuscita di raddrizzatori meccanici a getto di mercurio o a getto liquido, ma si tratta per il momento di previsioni quasi esclusivamente teoriche.

Non è quindi nel campo dei raddrizzatori meccanici che va cercato oggi l'apparecchio destinato a risolvere il problema che ci interessa, ma in quello dei raddrizzatori in atmosfera di vapore di mercurio (2).

A tutti sono noti il cammino trionfale percorso dai raddrizzatori a vapore di mercurio e il loro progresso incessante. Essi hanno semplificato in modo sensibile, e in certi casi perfino resa economicamente possibile, la soluzione di molti problemi industriali, non ultimo quello della trazione elettrica con corrente continua.

Il raddrizzatore di mercurio non è in ultima analisi che un raddrizzatore meccanico, privo di parti mobili, a funzionamento rigorosamente sincrono colla sorgente di corrente alternata alla quale è connesso, in cui le spazzole e il sistema che la fa ruotar sono sostituiti dall'arco nell'atmosfera di vapore di mercurio.

Esso è quindi per sua stessa natura libero dal maggiore inconveniente che si è finora opposto allo sviluppo dei differenti tipi di raddrizzatori meccanici: la difficoltà di commutazione.

L'esperienza di esercizio raccolta nell'ultimo decennio e i continui perfezionamenti tecnici hanno anche fatto del raddrizzatore un organo di funzionamento quasi altrettanto sicuro quanto quello di un comune trasformatore statico a corrente alternata, se si eccettuano alcune mancanze, quali p. es. la possibilità di dar luogo ad archi di ritorno, la maggiore complicazione dei servizi accessori.

All'aumento della potenzialità unitaria dei raddrizzatori a vapore di mercurio si sono finora opposte due cause principali.

La prima può dirsi intrinseca alla natura degli apparecchi stessi; essa ha costretto i costruttori a ridurre l'intensità permanente d'esercizio (possibile oggi a seconda della tensione fino a ca 8000÷8500 amp.) al disotto dei valori che un paio d'anni fa si era sperato di raggiungere con sicurezza quasi assoluta.

La seconda sembrerebbe invece essere estranea alle caratteristiche di costruzione e alle proprietà dei raddrizzatori. Si tratta dell'impossibilità d'impiego industriale della corrente continua per tensioni d'esercizio di valore superiore a 3,5÷4,0 kV. Ma anche questa seconda limitazione, se considerata in se stessa, deve venire fatta risalire alla mancanza propria, sostanziale dei raddrizzatori, a cui abbiamo già accennato: all'impossibilità di invertirne il funzionamento.

Infatti finchè esisteva questa impossibilità, mancava completamente lo scopo di sviluppare la costruzione dei raddrizzatori

---

(1) J. Hartmann: «The jet wave rectifier». *J.I.E.E.*, Vol. 68, N. 414, Agosto 1930, pagg. 945-988.

F. Kesselring: «Die technischen und wirtschaftlichen Aussichten fuer den Synchrongleichrichter». *V.D.E.* Fachberichte 1931, pagine 21-23.

(2) Gran parte delle notizie che seguono, relative ai raddrizzatori a griglia polarizzata, sono state già pubblicate nel fasc. XII, vol. VIII, dicembre 1931 a pagg. 1045-1046 di questo periodico sotto il titolo: «Prove dimostrative con raddrizzatori a vapore di mercurio a controllo di griglia per correnti industriali».

per forti potenze unitarie superiori a quelle raggiunte, a tensioni elevatissime, perchè una volta ottenuta corrente continua ad altissima tensione, non si sarebbe trovato modo di impiegarla, se non ad alimentare dei gruppi convertitori rotanti, sul genere di quelli usati nel sistema Thury, per trasformare la corrente continua in alternata. Ma anche questa applicazione sarebbe stata impossibile qualora si fosse resa necessaria l'inversione del senso dell'energia.

Furono invece già costruiti dei raddrizzatori a vapore di mercurio per scopi specialissimi per tensioni fino a 15 kV e potenze dell'ordine di grandezza di 500 kW (per gabinetti di fisica e stazioni radio) e in sede di esperimento si è giunti fino a 30 kV, pure non avendo così raggiunto il limite della possibilità.

Questi progressi e i risultati felici delle numerose applicazioni industriali dei raddrizzatori per forti potenze e tensioni fino a 4,0 kV rendono legittima la speranza che, ora che il problema della reversibilità di questi apparecchi è stato risolto in principio, essi potranno rendere in un'epoca assai prossima possibile la soluzione pratica ed economica del problema della trasmissione a corrente continua ad altissima tensione.

I nuovi apparecchi raddrizzatori invertitori possono essere considerati come frutto del connubio fra raddrizzatori a vapori di mercurio e valvole termojoniche. Il controllo del flusso di energia che li attraversa avviene mediante griglie polarizzate.

Una descrizione dettagliata del loro funzionamento esula dall'oggetto di questa memoria e potrà venire desunta dalle pubblicazioni comparse nel corso del 1931 per opera delle diverse case costruttrici (1).

Essi si possono suddividere in due grandi classi fondamentali: i raddrizzatori-invertitori a catodo di mercurio, che si possono immaginare derivati dai comuni raddrizzatori a vapore di mercurio a cui sia stata applicata una griglia polarizzata, e i raddrizzatori-invertitori a catodo caldo, denominati thyratron, che è lecito supporre derivati dalle valvole termojoniche, fatte funzionare in atmosfera di vapore di mercurio a bassa pressione, anzichè nel vuoto o in gas rari.

Le proprietà comuni alle due classi e che ne caratterizzano il funzionamento sono le seguenti:

1°) Il valore della loro resistenza interna è assai basso. Le perdite interne degli apparecchi sono di ca. 10 a 15 watt per ampère per i thyratron e da 20 a 30 watt / amp. per quelli a catodo di mercurio. Perciò il loro rendimento per le altissime tensioni è prossimo all'unità.

2°) Il consumo di energia per il controllo delle griglie polarizzate è pure limitatissimo. Non oltrepassa la decimillesima parte della potenza passante per l'apparecchio.

3°) L'effetto del controllo di griglia sulla corrente anodica (flusso di energia) differisce da quello delle valvole termojoniche nel senso che non rende possibile una modulazione di questa corrente, dato il vuoto incompleto e la presenza di ioni positivi nell'atmosfera del vapore di mercurio.

Negli apparecchi a catodo di mercurio la griglia polarizzata impedisce all'arco di adescarsi fino a tanto che essa non è positiva, anche nel caso in cui l'anodo stesso sia positivo. L'arco si forma, dunque, ad anodo positivo, nel momento stesso in cui la griglia assume una polarità positiva e si spegne da sè nel momomento in cui l'anodo diventa negativo, indipendentemente dalla polarità delle griglia.

Nei thyratron invece la griglia polarizzata impedisce la formazione dell'arco fino a tanto che il potenziale di griglia è più elevato di un determinato valore critico, fissato dalle caratteristiche dell'apparecchio.

Anche nei thyratron l'azione della griglia non ha nessuna influenza sull'estinzione dell'arco, che avviene solo naturalmente per l'effetto valvola dell'apparecchio nel momento in cui il potenziale dell'anodo diventa negativo.

Sfruttando ingegnosamente le proprietà della griglia i costruttori sono riusciti ad ottenere tre risultati di importanza capitale per l'impiego dei raddrizzatori-invertitori agli scopi della trasmissione d'energia mediante corrente continua.

In primo luogo è possibile, agendo convenientemente e nella dovuta successione di tempo sul controllo della griglia dei diversi anodi di un raddrizzatore, di regolare senza salti, in modo continuo la tensione della corrente continua erogata da un apparecchio, e quindi di variare la potenza passante per lo stesso entro limiti assai vasti, restando inalterata la tensione della sorgente alternata di alimentazione.

Si può in secondo luogo, alternando opportunamente la polarizzazione delle griglie, convertire corrente continua in corrente alternata di una frequenza qualunque, e regolare anche in questo caso la potenza passante per l'apparecchio.

È possibile infine di interrompere entro l'intervallo di un periodo il passaggio della corrente attraverso l'apparecchio. Si facilita così in modo rilevante la soppressione degli archi di ritorno e l'interruzione dei corti circuiti.

Il controllo di griglia può avere luogo, a seconda dei differenti costruttori e dei tipi di apparecchi, con sola corrente continua, con sola corrente alternata oppure con corrente ondulata (corrente continua e corrente alternata sovrapposta).

Ma i progressi raggiunti nell'impiego di valvole a vapore di mercurio con griglie polarizzate non si arrestano qui. Una casa costruttrice (B. B. C.) è riuscita infatti a costruire un interruttore a corrente continua ad azione ultrarapida, capace d'interrompere automaticamente un corto circuito sulla corrente continua in un intervallo di tempo equivalente ad una piccola frazione di quello richiesto da un interruttore ultrarapido a comando elettromagnetico.

Il funzionamento di questo ingegnosissimo apparecchio, costituito da una valvola unipolare a vapore di mercurio, munita di griglia polarizzata, è basato sull'azione contemporanea della polarizzazione negativa della griglia e di un condensatore a carico negativo che, in caso di corto circuito, viene a trovarsi istantaneamente inserito in parallelo all'arco della valvola.

Esperienze eseguite in sala prove hanno dimostrato l'enorme rapidità di funzionamento di questo nuovo tipo di interruttore, che promette pertanto di eliminare uno degli inconvenienti e pericoli più seri per gli impianti a corrente continua: la permanenza degli archi.

Gli apparecchi, ai quali abbiamo accennato, si trovano ancora in uno stadio di intenso sviluppo, pure avendo superato con buon esito le prime esperienze in sala prove per le potenze e tensioni per le quali sono stati finora costruiti i raddrizzatori industriali a vapore di mercurio.

Essi sembrano possedere tutti i requisiti necessari per supe-

---

(1) Vedi p. es.: SCHENKEL & V. ISSENDORF: « Neue Anwendungen der Grossgleichrichter fuer Spannungs- und Leistungsregelung ecc. » *Siemens-Zeitschrift*, Berlino, marzo 1931, pagg. 142-146.

O. W. PIKE: « *Power Control thru grid-regulated Heavy* ». *Current Tubes*. Reprint from May, 1930.Issue of Electronics for G.E.Co.

E. KERN: « Neue Anwendungen des gesteuerten Gross-Gleichrichters ». *Bull. S.E.V.*, 1931, N. 28, pagg. 533-543.

S. A. BROWN, BOVERI & CIE. - Baden (Suisse). « Quelques applications du redresseur a vapeur de mercure avec grilles polarisées ». Broch. 101 F, Ottobre 1931.

C. BRABAND: « Die Anwendung gittergesteuerter Quecksilberdampf Gleichrichter zur selbsttaetigen Regelung von Maschinen ». - *V.D.E. Fachberichte* 1931, pagg. 29-32.

Nella presentazione del presente rapporto, terminato nel corso del gennaio 1932, non si è potuto tener conto di parecchie interessanti memorie pubblicate nei diversi periodici tecnici negli ultimi mesi, che danno notizia di ulteriori interessanti innovazioni e risultati di prova nel campo dei raddrizzatori a getto di mercurio e di quelli a griglia polarizzata in atmosfera di vapore di mercurio.

Nel frattempo è comparso anche il seguente rimarchevole contributo al problema che interessa questo rapporto:

H. PILOTY: « Wirtschaftlichkeit der Drehstrom- und Gleichstrom - Uebertragung ». Dal volume:

R. RUEDENBERG: « Elektrische Hochleistungsuebertragung auf weite Entfernung ». J. Springer, Berlino 1932.

rare gli ostacoli ed eliminare gli inconvenienti che si erano finora opposti alla soluzione pratica ed economica del problema che interessa il nostro rapporto.

Non è però lecito di nasconderci che, per quanto i costruttori possano disporre di larga messe di dati sperimentali e d'esercizio sugli apparecchi costruiti finora, molte saranno le difficoltà che essi dovranno superare e parecchie le incognite che dovranno risolvere prima di giungere alla costruzione e messa a punto di unità di potenza e tensione sufficiente per gli impianti di trasmissione ad altissima tensione.

Ad ogni modo oggi, come due anni fa, la chiave per la realizzazione di questi impianti è ancora nelle mani dei costruttori, pur essendo stati con tutta probabilità trovati ed individuati i mezzi coi quali si potrà raggiungere la meta e riavvicinata di molto l'epoca nella quale si potranno tentare le prime prove pratiche dei novi apparecchi.

Facendo astrazione dai problemi d'indole costruttiva, molti se ne dovranno risolvere che riguardano le ripercussioni del funzionamento dei nuovi apparecchi sull'esercizio. In primo luogo quelle sulle armoniche dei circuiti a corrente alternata alimentanti o alimentati da questi apparecchi, della induttanza e capacità delle linee sulla ondulazione della corrente continua, l'influsso che quest'ondulazione può avere sui circuiti di comunicazione a corrente debole, l'effetto della rapidissima interruzione dei circuiti a corrente continua sulle sovratensioni ecc.

I requisiti posti dalla corretta e rapida azione degli apparecchi di protezione selettiva contro guasti e corti circuiti sono naturalmente anch'essi enormemente più gravosi per linee a corrente continua che per quelle a corrente alternata, dati gli effetti distruttivi degli archi a corrente continua. La selezione deve avvenire in un tempo assai più breve di quello consentito dai circuiti a corrente alternata.

I nuovi impianti di trasmissione potranno funzionare con ritorno a terra o converrà limitarci a mettere a terra il punto di mezzo dell'impianto, adottando la disposizione del sistema a tre fili?

Ecco un'altra questione, di importanza capitale per il costo delle linee di trasmissione e per il servizio, sulla quale potranno decidere solo i risultati di anni di esercizio.

Un calcolo sommario di massima sulla base di un caso pratico potrà mettere in maggiore evidenza gli enormi vantaggi economici che si otterrebbero se si riuscisse a servirsi della terra quale conduttore di ritorno.

Si voglia ad esempio fare funzionare con corrente continua ad altissima tensione, una linea trifase a 132 kV, 50 periodi, della lunghezza di 300 km formata di tre conduttori di rame da 120 mm². Essa può trasmettere con corrente trifase una potenza normale di ca. 40 000 kW.

Fatta funzionare a corrente continua col punto di mezzo a terra, usufruendo di due soli conduttori e del terzo come riserva, nella supposizione largamente sfavorevole per il sistema a corrente continua, che la tensione d'esercizio possa venire portata per le limitazioni dovute all'effetto corona, al valore di $2 \times \frac{132}{\sqrt{3}} \sqrt{2} = 2 \times 108$ kV, essa sarà in grado di trasmettere una potenza normale di ca. 53 000 kW all'arrivo.

Supposto invece che fosse possibile di funzionare col ritorno a terra, si potrebbero utilizzare i tre conduttori in parallelo. Sarà probabilmente possibile di portare anche la tensione d'esercizio della corrente continua almeno al valore di $132 \sqrt{2} = 187$ kV, dato che la distanza fra i due poli e cioè fra i tre conduttori allo stesso potenziale da una parte, e la terra (conduttore di ritorno) dall'altra è molto maggiore che nel primo caso. La potenza normale di trasmissione all'arrivo sarebbe allora elevata a ca. 300 000 kW.

I rapporti fra le potenze normali che si possono trasmettere con corrente trifase, corrente continua col punto di mezzo a terra e corrente continua con ritorno a terra sarebbero quindi di 1,000 : 1,325 : 7,5. I vantaggi dell'ultimo sistema (ritorno a terra), del quale Thury si proclama deciso fautore sulla base dei risultati nettamente favorevoli raggiunti a Losanna durante 417 giorni di servizio con un impianto a 22 kV di 56 km di lunghezza, appaiono dunque talmente seducenti da indurre i tecnici a nuovi sforzi per risolvere questo problema e a procedere a nuove prove il giorno in cui sarà possibile la costruzione industriale dei nuovi raddrizzatori-invertitori per altissima tensione.

Esempi analoghi si potrebbero citare a proposito di linee in cavo. Questi calcoli sono naturalmente approssimativi, in ogni caso però basati su ipotesi nettamente sfavorevoli alla corrente continua. A noi infatti non sono note le leggi del fenomeno corona per corrente continua, nè quelle che determinano il comportamento degli isolanti dei cavi. Le poche esperienze eseguite finora fanno però ritenere che la sollecitazione dielettrica degli isolanti e dell'aria con tensioni di corrente continua è sensibilmente inferiore a quella dovuta a tensioni alternate di pari valore massimo.

Altro problema da risolvere è quello dell'isolamento degli apparecchi e della costruzione di istrumenti di misura, registratori e contatori, per la corrente continua ad alta tensione.

Un punto ancora da chiarire è il possibile comportamento dei nuovi apparecchi a griglia per quanto riguarda la potenza reattiva.

Si supponga p. es. di voler collegare il centro di produzione *A* col centro di consumo *B*, distante da *A* alcune centinaia di chilometri e che il collegamento si faccia con una linea ad altissima tensione a corrente continua. La energia venga prodotta in *A* sotto forma di corrente alternata e quindi a mezzo di trasformatori e apparecchi a griglia trasformata in corrente continua ad altissimo potenziale e immessa nella linea di trasmissione. Nel punto *B* l'energia dovrà di nuovo venire convertita in corrente alternata mediante complessi costituiti da apparecchi a griglia e trasformatori.

Gli alternatori in *A*, mancando qualsiasi ragione di stabilità, verranno costruiti per produrre quasi esclusivamente potenza attiva, a parte la esigua potenza reattiva richiesta per l'alimentazione dei complessi trasformatori-raddrizzatori. La rete di distribuzione allacciata al punto *B* richiede invece una determinata potenza reattiva per venire mantenuta alla tensione di esercizio. Questa potenza reattiva non può venire prodotta altro che da macchine (condensatori sincroni o simili) installate a valle dei complessi apparecchio a griglia, trasformatore del centro *B*. Infatti gli apparecchi a griglia consentono solo la conversione della potenza attiva e non permettono di usufruire della corrente continua alimentante il centro *B* come sorgente di eccitazione allo scopo di produrre la potenza reattiva necessaria.

Sotto il punto di vista della produzione di questa potenza la trasmissione a corrente continua non si troverebbe in svantaggio rispetto a quella mediante corrente alternata, perchè, come è noto, anche i grandi trasporti mediante corrente alternata ad altissima tensione si prestano economicamente a trasmettere unicamente potenza attiva.

Qualora però si trattasse di linee in cavo di lunghezza moderata funzionanti a tensioni medie, destinate a collegare centri di produzione a corrente alternata con centri di consumo pure a corrente alternata, oppure dei centri di consumo fra di loro, le condizioni cambierebbero sensibilmente servendo queste linee al trasporto contemporaneo di potenza attiva e reattiva. Volendo modificarle a corrente continua o costruirle addirittura per corrente continua, lasciando naturalmente intatti la produzione e il consumo a corrente alternata, la possibilità del trasporto della potenza reattiva rimarrebbe esclusa. Bisognerebbe provvedere a produrla o trasmetterla in altra maniera.

È quindi ulteriore compito dei costruttori di intensificare i loro studi per ovviare nella misura del possibile a questa mancanza degli apparecchi a griglia.

Poniamo ora che il problema della costruzione e della messa a punto del macchinario necessario alla conversione di corrente continua in alternata e viceversa sia stato pienamente risolto e immaginiamo di voler procedere al progetto e all'esecuzione di una linea (aerea o in cavo) ad altissima tensione. Vediamo subito che, se vogliamo costruirla economicamente, cioè in modo da ottenere il massimo effetto col minimo dispendio, ci troviamo di fronte ad un'altra serie di quesiti che non sono stati ancora risolti.

Noi conosciamo bensì qualitativamente i vantaggi che offre la corrente continua rispetto a quella alternata per quello che riguarda la minore sollecitazione dielettrica a cui si trovano sottoposti gli isolanti, compresa l'aria e la porcellana, ma ci troveremmo in un serio imbarazzo se fossimo chiamati ad esporre questi vantaggi in cifre attendibili, e praticamente esatte.

È quindi indispensabile che, parallelamente all'opera dei costruttori per sviluppare il macchinario atto a realizzare la trasmissione a corrente continua con mezzi nuovi e totalmente diversi da quelli tentati finora, vengano intrapresi gli studi e le ricerche necessarie per determinare le leggi che governano il fenomeno corona per corrente continua, quelle che regolano il comportamento dei diversi isolanti, della porcellana ecc. ecc. per corrente continua, allo scopo di dotare il tecnico progettista e costruttore dei nuovi impianti di un corredo di dati sperimentali e pratici analogo a quello di cui dispone attualmente per lo studio e la costruzione delle linee di trasmissione a corrente alternata.

Si tratta di una massa considerevole di lavoro che costruttori e esercenti hanno il compito di condurre a termine nell'interesse comune nel più breve tempo possibile per dare nuovi mezzi e possibilità all'estensione e allo sviluppo degli impianti elettrici.

Resterebbe da esaminare il problema delle sovratensioni sulle linee a corrente continua. Per ciò che riguarda le sovratensioni di origine interna è probabile che, a parte gli effetti dovuti a fenomeni di risonanza colle armoniche (ondulazioni) della corrente, le sovratensioni causate da bruschi cambiamenti di regime (interruzioni di corrente) possano riuscire più elevate di quelle analoghe sulle linee a corrente alternata, data l'estrema rapidità con cui deve aver luogo l'interruzione. Le sovratensioni di origine esterna dovrebbero avere l'ordine di grandezza di quelle che si formano sulle linee aeree a corrente alternata. Non si vede nessuna ragione apparente che giustifichi una differenza a questo proposito.

Ultimo problema è quello delle perturbazioni prodotte sulle linee a correnti deboli dagli impianti a corrente continua che si servono della terra come conduttore di ritorno. Esso può venire aggiunto al problema principale delle sovratensioni del quale è già stato fatto cenno.

La presente relazione può venire così riassunta. Un'analisi concreta del problema della trasmissione a corrente continua ad alta tensione, basata su elementi qualitativi e pratici, è tuttora prematura, per quanto i progressi raggiunti negli ultimi tempi nella costruzione dei nuovi apparecchi a griglia polarizzata ci facciano presumere prossima la soluzione di questo problema.

Le stesse nozioni che interessano lo studio della parte elettrica delle linee di trasmissione a corrente continua, riguardanti in modo particolare l'isolamento, sono ancora del tutto sommarie e concorrono alla loro volta a rendere impossibile un'analisi in questo senso.

Ci auguriamo che i progressi in questo campo siano talmente rapidi da potere consentire negli anni prossimi un trattamento più positivo ed esauriente del problema sulla base di sicuri dati di esperienza e di esercizio.

ING. EMILIO SANTUARI.

ING. NOVERINO FALETTI
DELLA « DINAMO » SOC. IT. PER IMPRESE ELETTRICHE

# La protezione selettiva di una rete a maglie con relais a impedenza

## PREMESSA.

Nel mese di aprile 1931 la Società Italiana per Imprese Elettriche « Dinamo » ha messo in servizio una installazione di relais a impedenza, per la protezione selettiva di un anello della propria rete di distribuzione ad alta tensione nella zona di Vallemosso, in Provincia di Novara e Vercelli. Nel mese di novembre u. s. sono state eseguite alcune prove sul funzionamento dei relais provocando ad arte dei corto circuiti bifasi, trifasi e delle doppie messe a terra in diversi punti della rete che si trovava in servizio normale.

I risultati di queste prove e le osservazioni fatte durante più di un anno di servizio, sul funzionamento di questi relais, permettono di arrivare a qualche conclusione interessante; conclusioni che, penso, potranno interessare coloro che si occupano della produzione e distribuzione di energia elettrica e si preoccupano di migliorare il servizio riducendo il numero e la durata delle interruzioni del servizio medesimo.

## GENERALITÀ SULLA PROTEZIONE SELETTIVA DI UNA RETE.

Un sistema di protezione contro le sovracorrenti è selettivo quando, verificandosi un guasto in un punto qualunque della rete, comunque complicata, funzionano per primi i relais degli interruttori contigui al guasto, di modo che venga messo *rapidamente* fuori servizio il solo elemento della rete in cui si è verificato il guasto medesimo. Il sistema di protezione deve poi presentare una certa riserva nel senso che, se per avventura non si aprisse uno degli interruttori contigui al guasto, abbiano a funzionare gli apparecchi successivi più prossimi in modo che la zona messa fuori servizio sia comunque limitata al minimo possibile.

È facile vedere che in caso di corto circuito, in un punto di una rete a maglie comunque intrecciate, il massimo valore della corrente si ha nella conduttura colpita dal corto circuito, mentre la tensione aumenta in ogni caso dal punto del corto circuito (ove scende pressochè a zero) verso i punti di alimentazione.

Una prima condizione alla quale deve soddisfare un relais selettivo è pertanto questa: *che il tempo di scatto dell'interruttore da esso comandato sia tanto più piccolo quanto più piccola è la tensione e più grande l'intensità della corrente.*

La funzione matematica più semplice che realizza questa condizione è il quoziente:

$$\frac{\text{tensione}}{\text{intensità}} = \frac{E}{I} = Z = \text{Impedenza}$$

il quale è precisamente tanto più piccolo quanto più grande è la corrente e piccola la tensione.

Si dovrà cioè costruire un relais nel quale il tempo di scatto sia proporzionale alla impedenza misurata fra il luogo del guasto ed il luogo nel quale è installato il relais. In caso di corto circuito in un punto della linea l'impedenza scende pressochè a zero nel luogo del corto circuito e aumenta, proporzionalmente alla distanza, nelle due direzioni (fig. 1); se il tempo di scatto del relais è proporzionale a questa impedenza, esso risulta di conseguenza proporzionale anche alla distanza del guasto.

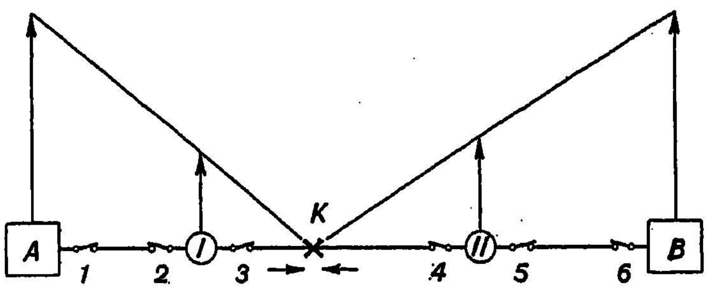



Fig. 1. - Variazione dell'impedenza in funzione della distanza.

Di qui *il nome di relais ad impedenza o di relais a distanza* dato a questo tipo di relais.

L'esame della fig. 1 fa scaturire una seconda condizione alla quale deve soddisfare un relais selettivo.

Se si produce un corto circuito in k, si dovranno aprire solamente i due interruttori 3 e 4 per avere un funzionamento corretto della protezione; è però facile vedere che il relais dell'interruttore 2, mentre ha la stessa tensione di quello 3, perchè i riduttori di tensione sono unici nella sottostazione, è percorso da una corrente almeno uguale o maggiore, epperciò, se nessun provvedimento particolare è preso, anche l'interruttore 2 si apre contemporaneamente o prima del 3. Occorre quindi procedere ad un'ulteriore selezione che si ottiene servendosi della direzione dell'energia. Basta osservare che attraverso l'interruttore 2 l'energia affluisce alla sottostazione mentre dall'interruttore 3 ne esce.

*La seconda condizione è pertanto quella che il relais debba determinare l'apertura dell'interruttore solo se l'energia defluisce dalla sottostazione.*

Il relais ad impedenza deve quindi essere completato con un relais direzionale oppure è necessario che lo stesso relais ad impedenza abbia caratteristica direzionale.

Una terza condizione che si richiede oggi ad una buona protezione è quella *che i tempi di scatto determinati dai relais siano molto brevi* (due o tre secondi al più) per evitare i danni che le elevate correnti di corto circuito possono produrre agli impianti e le uscite di parallelo. È noto infatti che la diminuzione di tensione che si verifica in una rete per effetto di un corto circuito, provoca una riduzione notevole della coppia sincronizzante degli alternatori delle centrali collegate in parallelo, tanto più quando, come avviene purtroppo spesso oggidì, grossi alternatori lavoranti con carico ridotto si trovano già

ad avere debole eccitazione. In queste circostanze un corto circuito che duri da cinque a sei secondi determina inevitabilmente la rottura della marcia in parallelo mentre che, se esso viene eliminato in un tempo molto breve, la ripresa del sincronismo è ancora possibile.

Infine è certamente desiderabile che in caso di guasto *i relais abbiano a funzionare anche con correnti di corto circuito inferiori alle correnti normali di servizio.*

Nelle reti dove si verificano variazioni notevoli fra il massimo carico normale ed il minimo (carico notturno, dei giorni festivi ecc....) può presentarsi infatti l'eventualità che un corto circuito, che si verifica con la minima potenza di macchinario allacciata alla rete, assorba una corrente inferiore a quella del servizio normale; è pur tuttavia opportuno che anche questi corti circuiti vengano possibilmente eliminati.

Ho affermato più avanti che in caso di corto circuito l'impedenza misurata dal relais è proporzionale alla distanza compresa fra il punto di guasto ed il relais; questo è vero solo se si tratta di un corto circuito franco. L'esperienza però dimostra che la maggior parte dei guasti si manifesta con archi sugli isolatori che presentano resistenze ohmiche tanto più grandi quanto più alta è la tensione della rete.

Se il tempo di scatto del relais è funzione dell'impedenza $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$, ne possono risultare tempi di scatto notevolmente diversi anche per guasti che si producono nello stesso punto a seconda della diversa resistenza dell'arco; per archi di grande resistenza i tempi di scatto risultanti possono essere di durata eccessiva.

Alcune Case Costruttrici costruiscono pertanto dei relais a reattanza (invece che a impedenza) per la protezione delle linee aeree perchè la reattanza è sensibilmente proporzionale alla lunghezza della linea e non è comunque influenzata dalla diversa natura dell'arco.

### Descrizione del relais.

Il tipo di relais installato dalla « Dinamo » possiede in maniera assai soddisfacente i requisiti che ho or ora ricordati, necessari ad una buona protezione selettiva.

Esso consta di tre organi collegati fra loro meccanicamente:

il dispositivo ad impedenza per la messa in funzione del relais;

il movimento ad orologeria (che, in condizioni normali, è tenuto bloccato dal dispositivo di messa in funzione);

l'ohmetro che determina il tempo di scatto del relais.

I tre elementi sono visibili nella fig. 2 dove il movimento ad orologeria è stato allontanato dal corpo del relais.

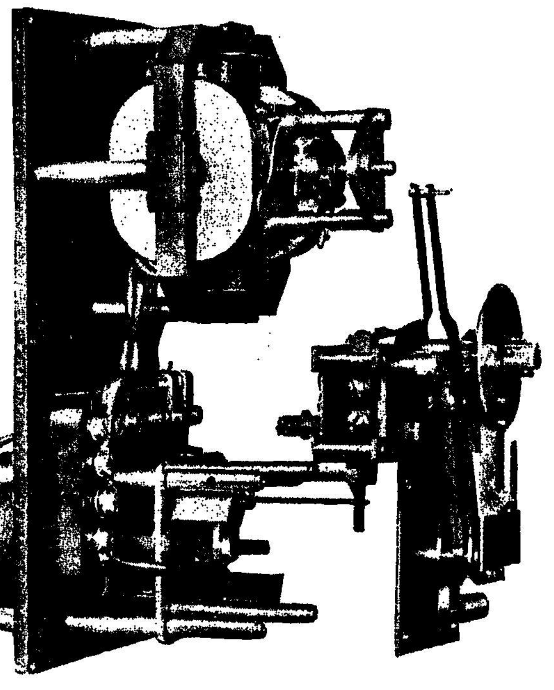


Fig. 2. - Elementi del relais.

Quando si produce un corto circuito, tale che l'impedenza della linea, misurata dal relais, si abbassi al disotto del valore al quale è tarato il dispositivo di messa in funzione, questo si sposta e libera il movimento ad orologeria; questo trascina allora verso destra, con velocità angolare costante, una leva, fino a che essa non viene a fissarsi fra i denti di un segmento portato dall'equipaggio mobile dell'ohmetro; in questo momento la leva fa fulcro sulla sua estremità superiore, ed essendo tuttora trascinata nella sua parte centrale dal movimento ad orologeria, sposta lievemente verso destra la sua estremità inferiore: questo spostamento chiude od apre un contatto che determina l'apertura dell'interruttore.

*L'ohmetro* è l'organo più importante del relais, ed ha la funzione importantissima di misurare la reattanza della linea e di proporzionare ad essa il tempo di scatto del relais.

Lo schema delle connessioni dell'ohmetro è quello della fig. 3.

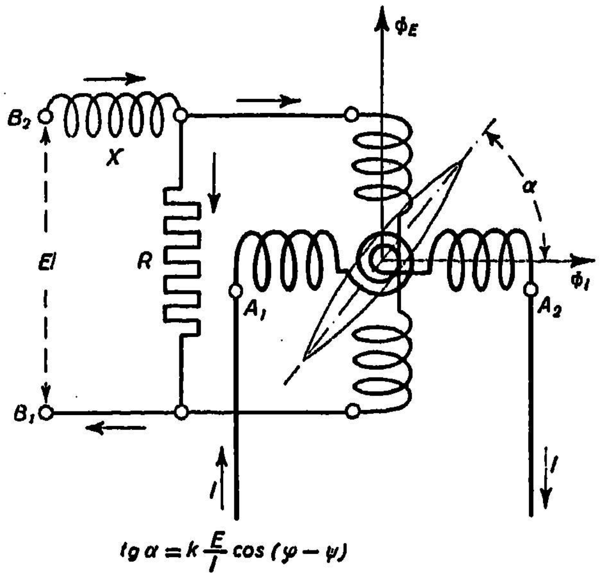



Fig. 3. - Schema delle connessioni dell'ohmetro.

Due bobine incrociate che generano due flussi ortogonali, uno proporzionale alla tensione ed uno alla corrente, esercitano la loro azione su un equipaggio mobile costituito da un nucleo di ferro dolce magnetizzato da una bobina disposta in serie con il circuito di corrente. Se si considerano i valori medi delle coppie che tali flussi esercitano sull'equipaggio mobile e si scrive la loro eguaglianza nelle condizioni di equilibrio dell'equipaggio stesso, si ricava l'equazione dell'ohmetro nella seguente forma:

$$tg\,\alpha = K \frac{E}{I} \cos(\varphi - \psi)$$

dove $\varphi$ è lo sfasamento fra $E$ e $I$ (sfasamento fra tensione e corrente applicate al relais = angolo caratteristico dell'impedenza di corto circuito)

e $\psi$ è l'angolo caratteristico dell'impedenza del circuito voltmetrico dell'ohmetro (angolo fra E e $Ie$).

Accorgimenti costruttivi molto semplici, quali ad es. l'aggiunta di una resistenza in parallelo e di una reattanza in serie al circuito voltmetrico, permettono di fare $\psi = 90°$ (corrente nelle bobine voltmetriche dell'ohmetro sfasata di 90° in ritardo sulla tensione).

L'equazione di cui sopra diventa allora

$$tg\,\alpha = K\,Z \text{ sen } \varphi = K\,X$$

ossia l'ohmetro misura la reattanza.

Se si fa $\psi = 0$ l'ohmetro misura invece $Z \cos \varphi = R$, ossia la resistenza ohmica.

Sono i due tipi di costruzione che caratterizzano rispettivamente i relais destinati alla protezione di linee aeree e quelli per cavi.

La costruzione dell'ohmetro si vede nella fig. 4.

È chiaramente visibile il circuito magnetico « *d* » coi poli « *c* » su cui sono avvolte le bobine di corrente « *b* » e quelle di tensione « *a* ». L'equipaggio mobile e costituito dal nucleo di ferro dolce « f » in forma di *z* magnetizzato dalla bobina « *e* » in serie

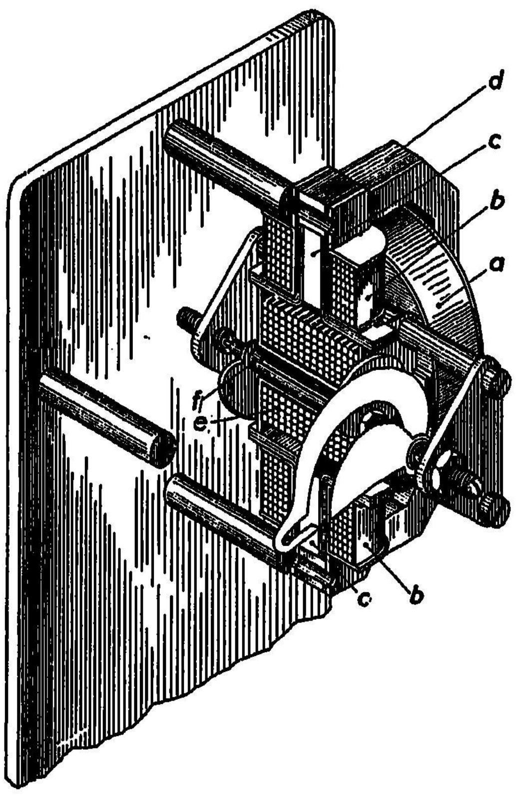



Fig. 4. - Sezione dell'ohmetro.

con le bobine di corrente; sul davanti esso porta un segmento dentato che assume un'inclinazione ben determinata secondo la reattanza misurata dall'apparecchio; l'angolo quindi che il segmento dentato fa con la sua posizione di riposo, serve di misura della distanza del guasto.

Per trasformare, nel relais, quest'angolo in un tempo di scatto ad esso proporzionale, una volta liberato il movimento ad orologeria dal dispositivo di messa in funzione, una leva si sposta con velocità angolare costante (fig. 5).

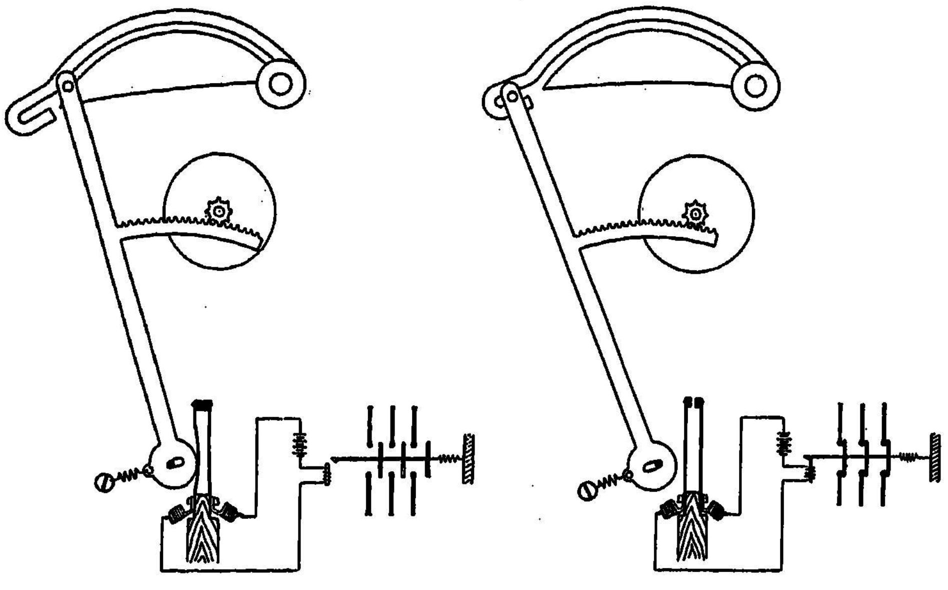


Fig. 5. - Collegamento meccanico fra ohmetro, movimento ad orologeria e contatti di apertura dell'interrruttore.

Il movimento è trasmesso a questa leva dal movimento ad orologeria per mezzo di un pignone che ingrana in una cremagliera fissata al mezzo della leva.

La leva ruota intorno alla sua estremità inferiore fino a che il movimento della sua parte superiore è libero. Dal momento in cui questa viene a urtare contro il segmento dentato dell'ohmetro, l'estremità superiore diviene fissa e il movimento d'orologeria, che continua a trascinare la leva, non può che farla ruotare intorno all'estremità superiore; si sposta allora leggermente l'estremità inferiore che da una molla era mantenuta in un'apertura allungata e si provoca così la chiusura del contatto che determinata l'apertura dell'interruttore.

La durata della corsa della leva non è altro che il tempo di scatto del relais; esso dipende dalla posizione del segmento dentato cioè dalla reattanza e per conseguenza dalla distanza del guasto, come era desiderato.

L'ohmetro serve anche bene come elemento direzionale. Se il senso dell'energia si inverte, il flusso nelle bobine di corrente dell'ohmetro si inverte rispetto al flusso delle bobine di tensione e l'equipaggio mobile va ad occupare la posizione simmetrica di quella precedente rispetto alla posizione zero. Le connessioni sono disposte in modo che il segmento si sposta verso il basso quando l'energia esce dalla sottostazione, ed il relais deve determinare lo scatto, mentre si sposta verso l'alto se l'energia entra nella sottostazione: il coltello della leva scivola allora sotto il segmento e non determina lo scatto se non quando è arrivato alla fine della corsa cioè dopo 5" + tempo addizionale. Se la zona colpita dal corto circuito non è già stata messa fuori servizio, come dovrebbe, questo rappresenta una certa riserva.

Eventuali errori nella misura della distanza possono essere commessi, nel sistema descritto, dall'ohmetro e dal movimento della leva.

L'ohmetro è uno strumento di precisione ed i suoi errori sono relativamente piccoli.

Le curve dalla fig. 6, ricavate sperimentalmente, fanno vedere che gli scarti nelle indicazioni dell'ohmetro sono abbastanza piccoli in tutto il suo campo di misura da 0 a 5 ohm e per correnti variabili da 1 a 10 volte la corrente normale.

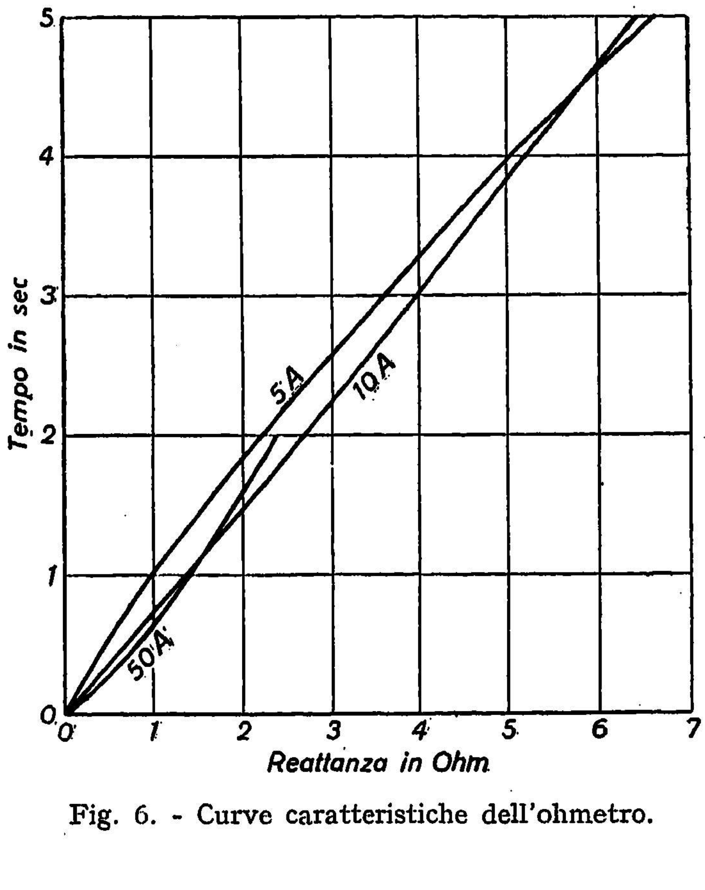



Fig. 6. - Curve caratteristiche dell'ohmetro.

La velocità della leva è determinata dal movimento di orologeria, che è assai preciso, e perciò essa è assolutamente indipendente dalle condizioni in cui si verifica il corto circuito (corrente, sfasamento ecc.).

C'è dunque da aspettarsi che la determinazione del tempo di scatto in funzione della distanza sia fatta da questo relais con ottima approssimazione.

*Il dispositivo di messa in funzione ad impedenza* merita pure due parole di spiegazione.

Non sempre l'aumento di corrente è il miglior criterio per segnalare un guasto.

Si possono presentare in servizio normale dei sovraccarichi notevoli di una linea, fino al doppio e più della corrente normale, (specie quando vi sono linee in parallelo) ed insieme la necessità di mantenere il servizio nonostante la sovracorrente. Possono,

d'altra parte, verificarsi dei guasti che, per le particolari condizioni della rete, assorbono correnti inferiori alla normale, e che pur tuttavia è desiderabile eliminare.

Se si traccia il diagramma dell'impedenza misurata dal relais in funzione della corrente, a tensione costante, si ottiene un ramo di iperbole equilatera. Infatti da $Z = \frac{E}{I}$ si ricava $ZI = E =$ costante.

Un relais alimentato da riduttori di tensione e di corrente con secondario rispettivamente di 110 V e 5 A misura una impedenza normale di servizio di 22 ohm; per un sovraccarico del 100% l'impedenza scende a 11 ohm. La impedenza del tronco di linea protetto dal relais, riportata sul secondario dei riduttori, è sempre molto minore di quest'ultimo valore. Un guasto sulla linea ha in ogni caso come conseguenza una diminuzione dell'impedenza misurata dal relais; se si fa in modo che il dispositivo di messa in funzione sblocchi il relais per impedenza di poco inferiore a 11 ohm, il relais rimarrà bloccato per sovraccarichi fino al doppio della corrente normale ed entrerà invece in funzione, anche per correnti inferiori alla normale, quando l'abbassamento di tensione, dovuto al corto circuito, sia sufficiente a ridurre il valore della impedenza al di sotto di 11 ohm.

La fig. 7 mostra la caratteristica del dispositivo di messa in funzione del relais in esame, cioè l'impedenza limite di sblocco del relais.

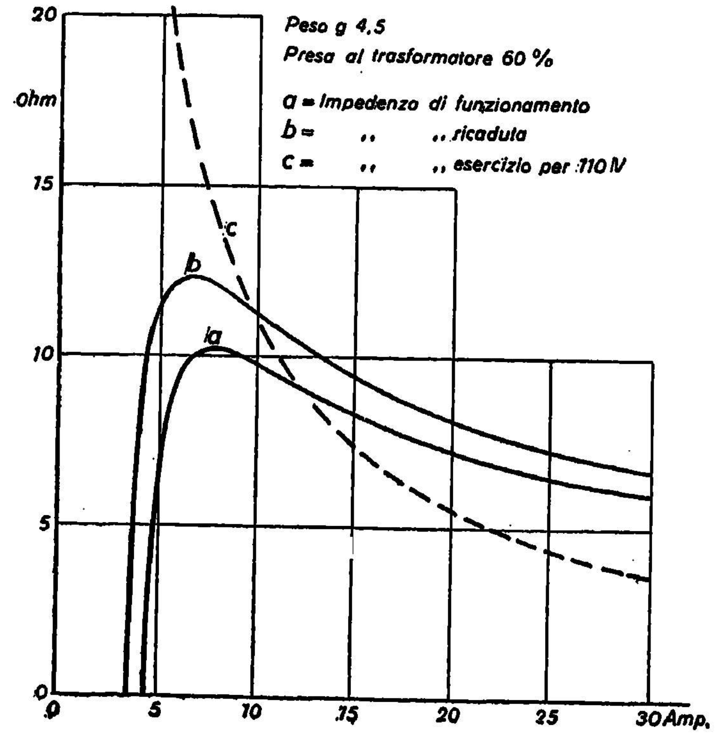



Fig. 7. - Curve caratteristiche del dispositivo di messa in funzione.

È una curva « a » ad andamento discendente che taglia l'iperbole dell'impedenza normale di servizio nel punto che corrisponde al massimo sovraccarico ammissibile senza che funzioni il relais. La curva fa vedere che il relais può entrare in funzione anche per correnti inferiori alla normale, purchè l'impedenza della linea si riduca a valori sufficientemente bassi.

La curva superiore « *b* » è quella dell'impedenza di ritorno del relais alla posizione di riposo; essa è sensibilmente superiore a quella che ne determina lo sgancio. Questo fatto insieme con l'andamento discendente della caratteristica sono preziosi per evitare che un relais entrato in funzione in seguito ad un corto circuito abbia a ricadere, prima dell'eliminazione del guasto, per effetto dell'aumento di impedenza dovuto alla eventuale resistenza dell'arco, resistenza che è invece nulla o trascurabile all'atto dello stabilirsi del corto circuito e quindi all'atto dell'entrata in funzione del relais.

La caratteristica più opportuna si può scegliere caso per caso fra un'intera famiglia di curve.

Il dispositivo di messa in funzione è molto semplice. Consta di due bobine fisse, coassiali, una di corrente e una di tensione che agiscono in senso opposto su un medesimo nucleo di ferro dolce girevole attorno allo stesso asse delle bobine (fig. 8).

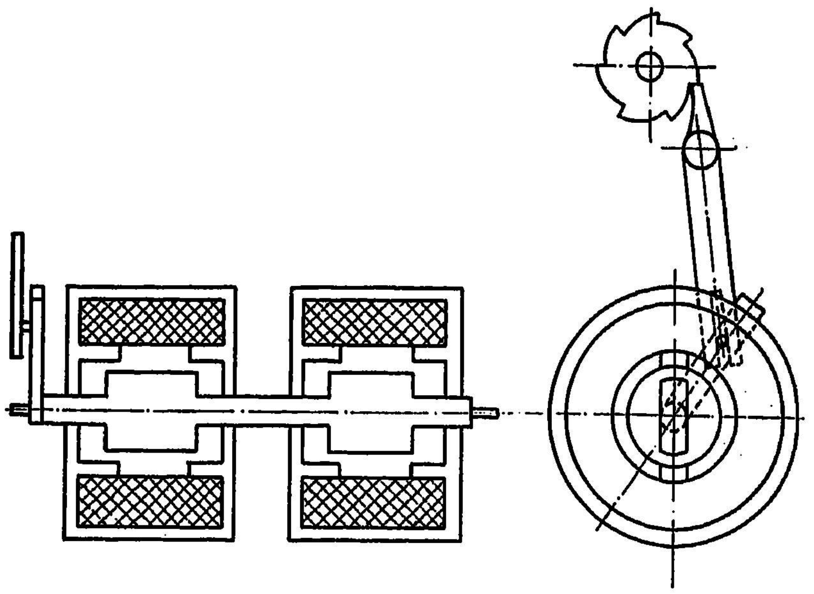


Fig. 8. - Dispositivo di messa in funzione.

In servizio normale il sistema di tensione ha la prevalenza su quello di corrente e mantiene l'ancora mobile in una posizione fissa determinata che blocca il movimento ad orologeria e che è la posizione normale di riposo. Se l'impedenza diminuisce, cioè se la tensione si abbassa o la corrente cresce o se le due cose si hanno contemporaneamente, la coppia sviluppata dalla bobina di corrente ha la prevalenza e l'ancora si sposta leggermente, di quanto basta però per liberare il movimento di orologeria e metterlo in funzione.

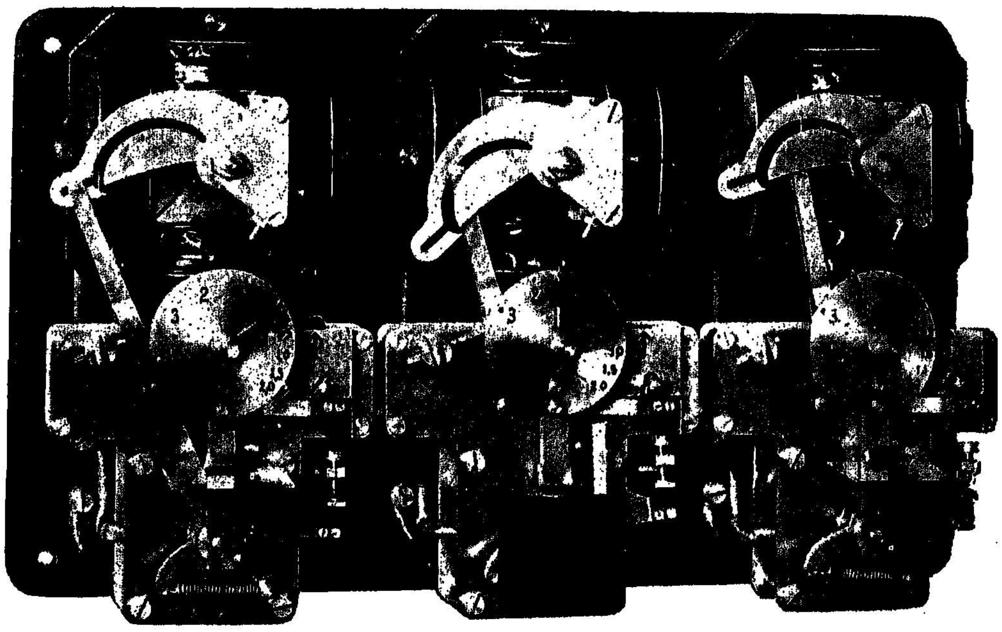


Fig. 9. - Differenti posizioni del relais.

La fig. 9 rappresenta tre posizioni fondamentali del relais.

Vista di sinistra: Relais nella posizione di riposo.

Vista di mezzo: Il relais ha funzionato con senso direzionale diretto per energia di corto circuito che esce dalla sottostazione. La fotografia lo rappresenta nel momento in cui chiude il contatto.

Vista di destra: Il relais ha funzionato con senso direzionale inverso per energia di corto circuito che entra nella sottostazione. Il coltello della leva si sposta sotto il segmento, cosicchè il relais non può chiudere il contatto che alla fine della corsa della leva e cioè dopo 5" + tempo addizionale.

Si vede nella parte superiore l'ohmetro con il segmento dentato ed il pezzo di guida che, appoggiandosi sul perno della leva, impedisce al segmento di portarsi bruscamente nella posizione corrispondente al valore della reattanza misurata, ma lo obbliga invece a giungervi dolcemente seguendo la leva.

In servizio normale il segmento è mantenuto nella posizione corrispondente ad una reattanza nulla mediante una fenditura ricavata nel pezzo di guida e nella quale questo si appoggia al perno della leva. Quando un corto circuito si produce nelle immediata vicinanze del relais il segmento non si muove. In ogni caso il segmento non può muoversi fino a che il coltello della leva si sposta nell'interno della fenditura di cui sopra; il tempo corrispondente a questo spostamento è assolutamente indipendente dalla reattanza da misurare e costituisce un « ritardo addizionale ». Esso può essere regolato meccanicamente da 0,5" a 2", spostando la leva nell'interno della fenditura per mezzo di una vite. Il ritardo addizionale è da fissare in relazione ai tipi di interruttori che sono installati sulla rete; deve essere tanto più lungo quanto più piccola è la capacità di rottura degli interruttori.

Si vede al centro del relais un piccolo disco indicatore che porta una scala graduata da 0 a 5 verso sinistra e da 0 a 2 verso destra. Una lancetta, collegata meccanicamente colla leva, trascina un indice fino a che si stabilisce il contatto. Quando il relais ritorna nella posizione di riposo anche la lancetta ritorna alla posizione di riposo ma l'indice rimane sul quadrante e vi indica il tempo di scatto del relais fornendo così un'indicazione approssimata della distanza del guasto. I tempi indicati dalla scala di destra rappresentano invece i ritardi addizionali. Quando il relais stabilisce il contatto di apertura dell'interruttore un cartellino cade ed indica così quale dei relais ha prodotto lo scatto (nella figura di mezzo il cartellino è caduto).

Queste indicazioni sono utili per stabilire la natura del guasto.

MONTAGGIO E REGOLAZIONE.

Per evitare intempestive aperture di interruttori è necessario che, per un guasto che avviene in un punto della rete, i tempi di scatto dei relais installati in due stazioni consecutive differiscano almeno di un secondo. È inoltre desiderabile che i tempi di scatto massimi siano pressochè uguali per tutti i tronchi di linea protetti. In pratica però i tronchi di linea compresi fra due sottostazioni successive sono spesso assai differenti e diverse ne sono quindi le reattanze. I relais, essendo inseriti sui secondari di riduttori di tensione e di corrente, misurano le reattanze delle linee riportate al secondario dei riduttori medesimi, cioè le reattanze primarie divise per il quoziente dei rapporti di trasformazione dei riduttori di tensione e di corrente che li alimentano:

$$Z = \frac{E}{I} = \frac{Ue\ e}{Ui\ i} = z\ \frac{Ue}{Ui};$$

I riduttori di tensione sono di solito ben proporzionati alla tensione su cui sono inseriti; quelli di corrente invece, specie quando esistono già, hanno spesso sulle stesse linee dei rapporti di trasformazione differenti. Le reattanze delle linee, riportate ai secondari dei riduttori, possono così risultare assai diverse da tronco a tronco. Se i relais, che sono tutti uguali, vengono inseriti senza speciali accorgimenti, i tempi di scatto da essi determinati risulteranno assai diversi da tronco a tronco e taluni potranno essere troppo lunghi, altri eccessivamente corti. È quindi necessario di poter regolare la reattanza misurata dal relais. A tale scopo a ciascun relais viene aggiunto un piccolo trasformatore di regolazione il quale permette di variare la tensione applicata al relais da 0 a 100% della normale per gradi di 1%. È così possibile ricondurre la reattanza secondaria d'un tronco di linea qualunque ad uno stesso valore ed ottenere in conseguenza dei tempi di scatto pressochè uguali per tutti i tronchi di linea.

La fig. 10 rappresenta lo schema dei collegamenti interni del relais.

L'interruttore a *Hg* (2) è normalmente aperto, cosicchè l'ohmetro non è normalmente sotto tensione; l'interruttore si chiude, e mette l'ohmetro sotto tensione, nel momento stesso in cui il relais viene messo in funzione. L'interruttore (1) è comandato dalla leva principale: esso si apre nell'istante in cui il perno della leva esce dalla fenditura inferiore del segmento.

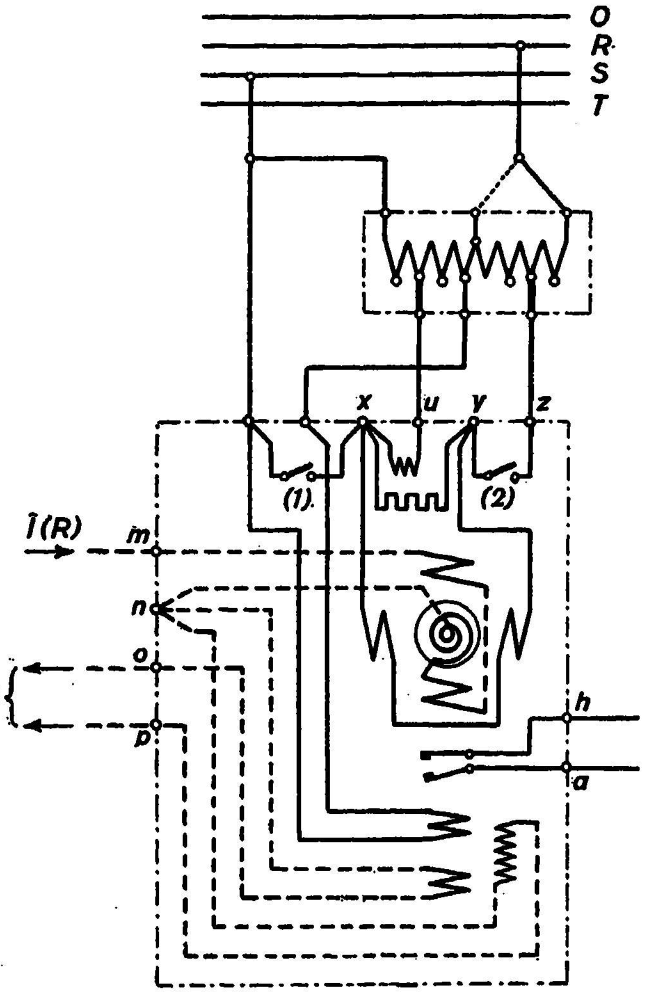



Fig. 10. - Schema del relais.

Nell'istante cioè in cui il relais deve determinare la direzione, all'ohmetro viene applicata la piena tensione, invece della tensione ridotta attraverso il trasformatore di regolazione, e viene corto circuitata la reattanza che normalmente è in serie col circuito voltmetrico dell'ohmetro stesso. Ciò aumenta considerevolmente la sensibilità direzionale dell'apparecchio cosicchè essa è ancora buona per valori della tensione del 0,3% a corrente normale, vale a dire anche per corti circuiti che si producono con arco nelle immediate vicinanze del relais.

RETE DELLA « DINAMO » PROTETTA COI RELAIS.

La Società Dinamo ha scelto, per l'installazione di questi relais, un anello della propria rete di distribuzione, nella zona di Vallemosso, che presenta delle caratteristiche particolarmente adatte per sperimentare l'efficacia selettiva del nuovo tipo di relais.

La fig. 11 mostra lo schema della rete: tre terne a 45 kV portano alla sottostazione di Borgomanero l'energia proveniente dalle centrali: due linee a 45 kV partono da questa sottostazione e vanno una alla stazione di Lessona e l'altra a Bornate: qui l'energia è trasformata a 8 000V, e 4 condutture a 8 kV partenti due da Bornate e due da Lessona si riuniscono a Vallemosso e alimentano gli utenti della zona. A Vallemosso sono installati due condensatori sincroni per la regolazione della tensione, della potenza complessiva di 8500 kVA. A Lessona ed a Bornate sono in servizio trasformatori della potenza complessiva di 3000 e di 4000 kVA rispettivamente.

L'anello era prima protetto con i soliti relais a massima con tempo di scatto indipendente dall'intensità della corrente; è inutile dire che, agli effetti della selezione dell'elemento guasto, l'efficacia di tale protezione era pressochè nulla. Quasi sempre accadeva che un guasto in una qualunque delle 4 linee a 8 kV provocava l'andata fuori servizio di tutte e quattro e corti

circuiti particolarmente violenti provocavano addirittura lo scatto degli interruttori delle linee a 45 kV partenti dalla sottostazione di Borgomanero, mettendo fuori servizio l'intera zona.

La protezione con relais di massima accoppiati a relais wattmetrici direzionali non avrebbe risolto completamente il pro-

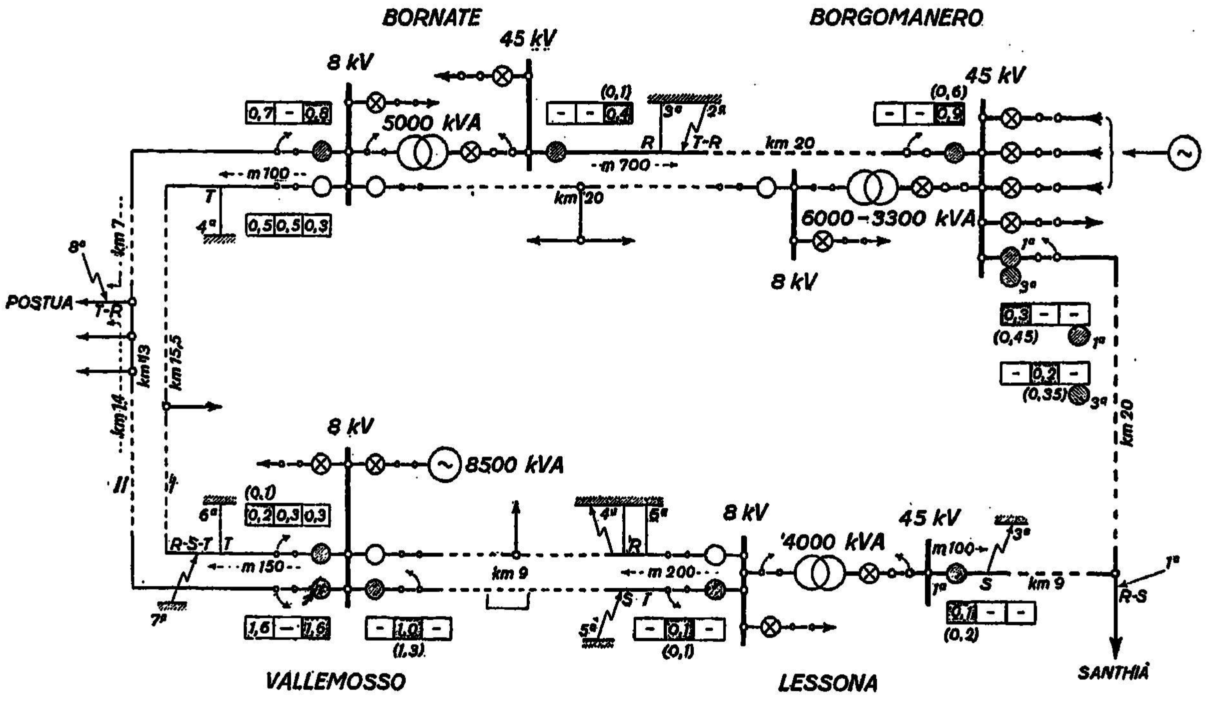



Fig. 11. - Rete della Dinamo: zona Borgomanero-Bornate-Vallemosso-Lessona.

blema: rimaneva sempre la possibilità di andata fuori servizio di entrambe le linee comprese fra due sottostazioni per un guasto in una sola di esse; sarebbe stato necessario completare l'installazione con una protezione differenziale delle linee in parallelo, con notevole complicazione di numero e di tipo di relais.

Il relais a reattanza ha risolto invece il problema nel modo più semplice e completo.

I guasti che si possono presentare e contro i quali si è voluto che la protezione fosse efficiente sono:

corto circuiti trifasi con o senza arco a terra
corto circuiti fra due fasi » » » »
doppia messa a terra di due fasi differenti appartenenti a due linee diverse.

Essendo il neutro isolato l'andata a terra di una sola fase non costituisce guasto che determini la messa fuori servizio

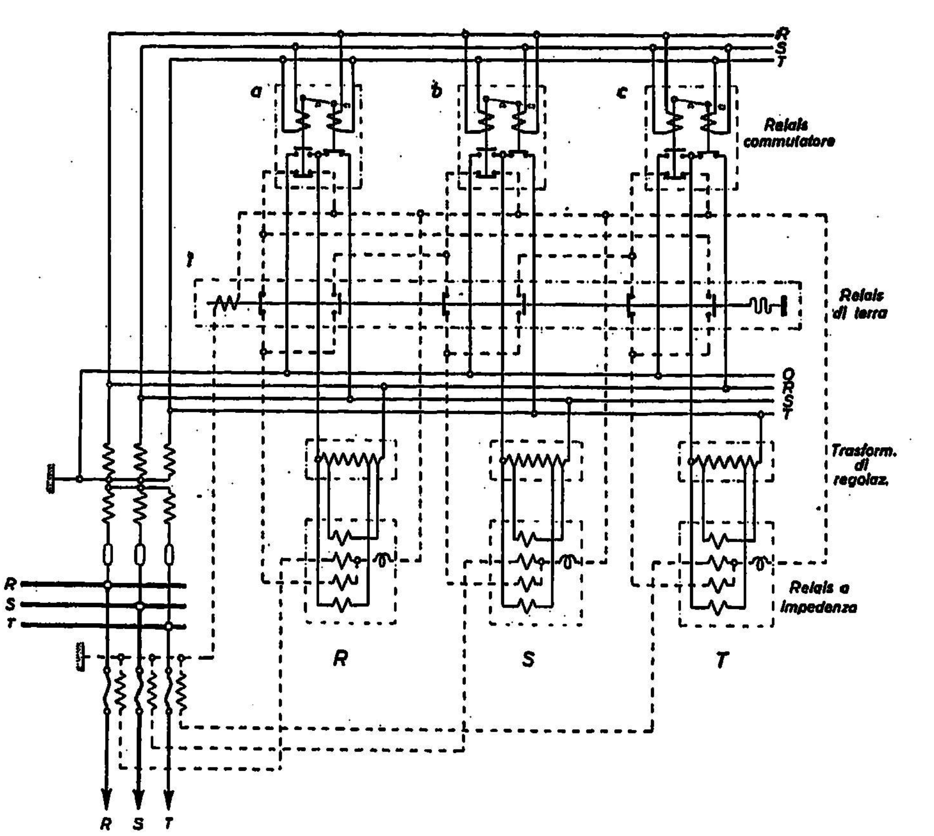



Fig. 12. - Schema di inserzione dei relais in linea trifase con neutro isolato.

del sistema; la rete funziona ugualmente, solamente la tensione delle altre due fasi verso terra viene moltiplicata per 1,73.

Per una protezione così completa è necessaria un'installazione di relais come è indicata nello schema della fig. 12.

Per ogni partenza di linea sono cioè necessari:

tre relais a reattanza (uno per fase) coi rispettivi trasformatori di regolazione;

tre relais commutatori ed un relais per corrente di terra.

Il relais commutatore è un relais a squilibrio di tensioni: è costituito da due bobine alimentate da due differenti tensioni concatenate del sistema e agenti in opposizione su una stessa leva a bilancia. Un contrappeso fa occupare normalmente alla leva la posizione di nucleo destro attirato. Se la tensione che alimenta la bobina destra diminuisce del 20% rispetto a quella che alimenta la bobina sinistra, questa ha il sopravvento anche sul contrappeso e la leva ruotando attorno al suo fulcro aziona alcuni interruttori che sono inseriti sui circuiti di corrente e di tensione dei relais.

Il relais a corrente di terra è un relais a massima ad azione istantanea, inserito sul filo di ritorno comune dei tre riduttori di corrente. Lo scatto del relais, che avviene per correnti regolabili fra 1 e 5 Amp., aziona un opportuno commutatore inserito sui circuiti di corrente dei relais.

In condizioni normali ciascun relais selettivo è inserito sulla corrente della fase corrispondente e sulla tensione concatenata fra la detta fase corrispondente e quella che segue nel senso ciclico.

Il funzionamento di un relais commutatore produce l'apertura del circuito di corrente del corrispondente relais selettivo (il quale rimane così bloccato) e l'inserzione del relais sulla tensione di fase in luogo della tensione concatenata.

Il funzionamento del relais di terra determina lo spostamento del circuito di corrente di ciascun relais selettivo dal proprio relais commutatore a quello della fase che segue nel senso ciclico.

Il funzionamento contemporaneo di un relais commutatore (*b*) e del relais di terra determina pertanto il blocco del relais selettivo della fase che precede (*R*) e l'inserzione del relais selettivo della fase corrispondente (*S*) sulla tensione di fase.

Il relais di terra, che è inserito come abbiamo visto sul filo di ritorno comune ai tre riduttori di corrente, funziona solo se la somma vettoriale delle tre correnti nelle fasi è diversa da zero e quindi solo quando si ha una derivazione di corrente a terra che interessa una sola delle tre fasi di una linea; tale è il caso di una doppia messa a terra di due fasi differenti appartenenti a due linee diverse. Esso rimane inattivo nel caso di corto circuito fra due fasi o trifasi con o senza arco a terra.

Se si è disposti a rinunciare alla protezione contro le doppie messe a terra, si può semplificare l'installazione, riducendo i relais selettivi a due soli per ogni posto di protezione e sopprimendo il relais di terra.

Quando avviene un corto circuito trifase le tre tensioni concatenate si riducono pressochè nella stessa misura; nessun relais commutatore funziona; i tre relais selettivi restano inseriti ciascuno sulla corrente di corto circuito della propria fase e sulla tensione concatenata pure di corto circuito fra la propria fase e quella che segue: tutti e tre i relais funzionano e determina lo scatto quello della fase maggiormente interessata dal corto circuito.

In caso di corto circuito fra due fasi, la tensione concatenata fra le due fasi interessate dal corto circuito si riduce notevol-

mente rispetto alle altre due: funziona il relais commutatore della fase che segue nel senso ciclico e blocca il corrispondente relais selettivo. Resta libero di funzionare il relais selettivo della fase che precede il quale è inserito sulla corrente di corto circuito e sulla tensione di corto circuito e stabilisce quindi il tempo di scatto esatto corrispondente alla reattanza della linea.

Se si verifica una doppia messa a terra in due fasi appartenenti a due linee differenti, per es. fase R a terra sulla linea 1 e fase *S* a terra sulla linea 2, funzionano i relais di terra delle due linee (perchè in ciascuna terna la somma delle correnti nelle tre fasi è diversa da zero) ed i relais commutatori *b* (della fase *S* che segue) (fig. 13).

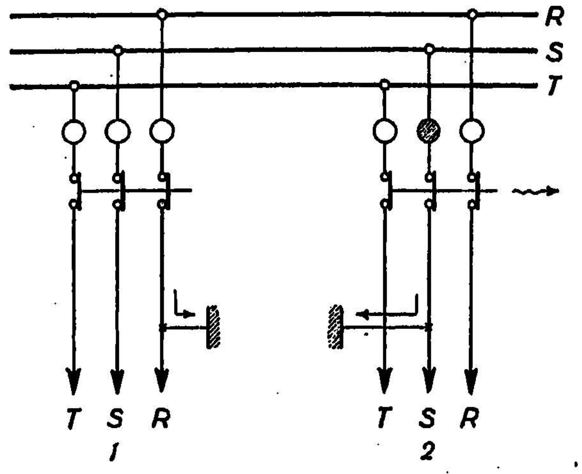



Fig. 13.

Per l'avvenuto scatto dei relais di terra, i commutatori *b* bloccano in questo caso i relais di fase *R* e restano invece liberi di funzionare i relais di fase *S* i cui circuiti di corrente sono stati allacciati ai commutatori *c*. Funziona così il relais fase *S* della linea 2 sulla corrente di guasto e sulla tensione di fase e determina l'apertura del solo interruttore della linea 2 (la fase *S* della linea 1 non è percorsa dalla corrente di guasto). Nel caso di doppia messa a terra una sola delle due linee interessate dal guasto viene aperta, col minimo disturbo quindi per il servizio.

In ogni caso il funzionamento combinato dei relais commutatori e del relais di terra garantisce la opportuna inserzione dei relais selettivi delle fasi interessate dal guasto e la esclusione di quelli delle fasi non interessate, in modo da avere un funzionamento sicuro dei relais stessi nella loro azione selettiva.

I grafici della fig. 14 rappresentano i tempi di scatto teorici (risultanti dal calcolo) dei relais installati nelle diverse sottostazioni espressi in funzione della reattanza dell'anello di linea formato da due conduttori (caso tipico del corto circuito fra due fasi) che è quanto dire in funzione della distanza.

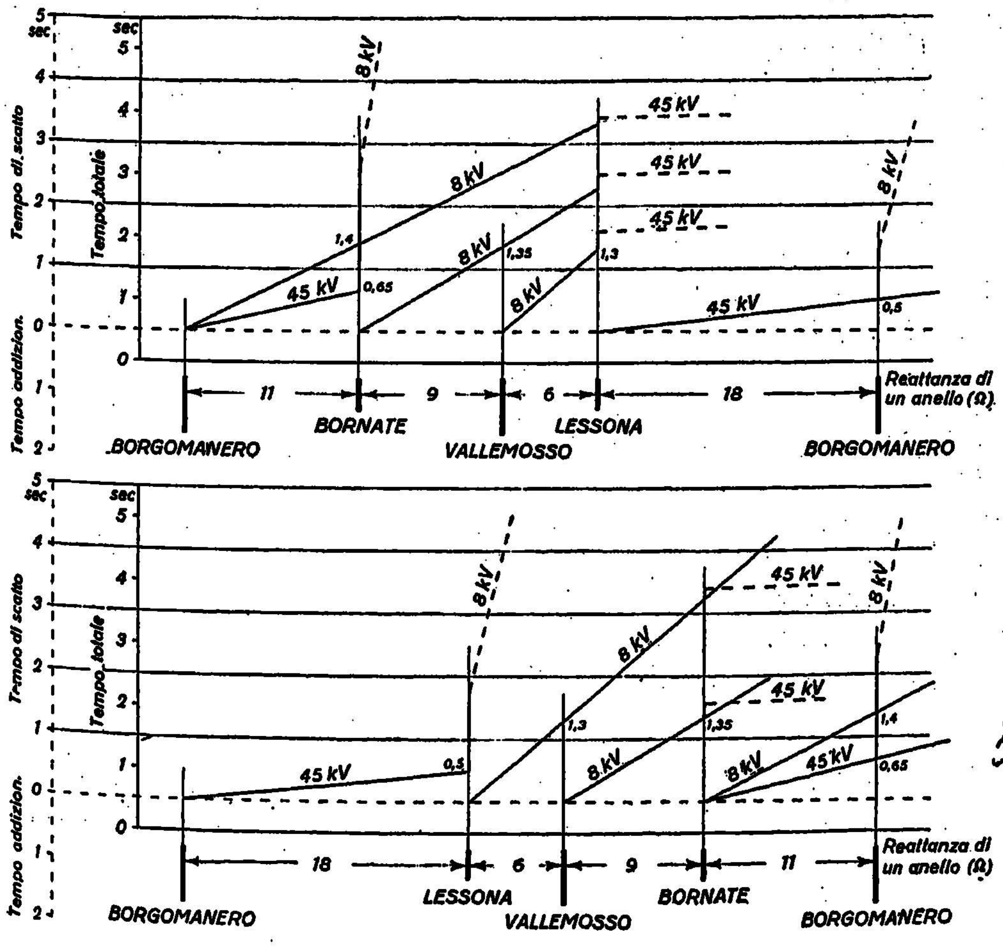



Fig. 14. - Diagramma dei tempi di scatto.

Si vede ad esempio che un corto circuito sulla linea 45 kV Borgomanero-Bornate in vicinanza di Bornate deve produrre l'apertura della linea a Borgomanero dopo 0,6" + tempo addizionale ed a Bornate dopo 0,1" + tempo addizionale (trascurando il ritardo proprio dell'interruttore). Così un guasto sulla 1ª terna 8 kV Vallemosso-Lessona, a metà strada, deve provocare l'apertura della linea tanto a Lessona che a Vallemosso in 0,65" + tempo addizionale.

Si vede anche l'influenza notevole dei trasformatori di Bornate e Lessona sui tempi di scatto dei relais di Borgomanero cosicchè un guasto che si produce sulle linee 8 kV fra Bornate e Lessona determina per i relais di Borgomanero dei tempi di scatto molto lunghi tali da escludere assolutamente qualsiasi scatto intempestivo di essi. Ciò ha permesso di ridurre notevolmente i tempi di scatto dei relais 45 kV di Borgomanero, Bornate e Lessona per i guasti sulle linee 45 kV con evidente vantaggio della protezione.

## Risultati di esercizio.

Dal mese di aprile 1931, in cui l'impianto è stato messo in servizio, il funzionamento dei relais è stato sorvegliato ed esaminato con cura.

Nel primo periodo di funzionamento, fino all'agosto 1931, il comportamento della protezione non è stato soddisfacente. Su 46 casi di perturbazioni solamente 32 hanno dato luogo a un funzionamento corretto dei relais; negli altri 14 casi il funzionamento non è stato regolare.

L'indagine sulle cause di questo irregolare funzionamento ha portato alla conclusione che esso era dovuto, nella maggior parte dei casi, alle correnti di circolazione che i condensatori sincroni di Vallemosso inviavano nella rete in conseguenza della loro uscita di parallelo.

I risultati di esercizio mostrano infatti che i sincroni escono di passo assai spesso in seguito a corti circuiti. D'altra parte, poichè essi non sono provvisti di dispositivi smorzatori, non c'è da attendersi una ripresa del sincronismo quando si ristabilisce la tensione normale dopo l'eliminazione del corto circuito. Una volta usciti di passo non resta quindi che metterli fuori servizio istantaneamente. Questa operazione era affidata a relais di massima corrrente a tempo indipendente tarati per il tempo minimo di 1"; ma bastava evidentemente questo secondo perchè le correnti di circolazione, che i sincroni, usciti di passo, scambiavano coi generatori delle centrali, potessero disturbare gravemente il funzionamento della protezione.

Tipico è ad esempio il caso rappresentato nella fig. 15. Un guasto transitorio sulla 45 kV Borgomanero-Lessona ha provocato il funzionamento di pressochè tutti i relais dell'anello e si sono avute aperture intempestive di interruttori a Vallemosso e a Bornate. Era in servizio un condensatore sincrono a Vallemosso che è scattato per effetto dei relais di massima corrente.

La cosa si può spiegare nel modo seguente:

Nel primo momento del guasto tutta la corrente di corto circuito va al guasto direttamente da Borgomanero e non circola nel ramo Borgomanero-Bornate-Lessona dell'anello per la sua grande impedenza che comprende anche i trasformatori di Bornate e Lessona: funziona quindi il relais a Borgomanero linea Borgomanero-Lessona e apre l'interruttore.

In questa prima fase il sincrono di Vallemosso alimenta come alternatore il corto circuito sui due rami dell'anello. I relais nell'anello si mettono quindi in funzione per effetto della corrente fornita dal sincrono;

ma poichè la tensione a Borgomanero si è abbassata fortemente, non c'è probabilmente più coppia sincronizzante e il condensatore di Vallemosso esce di parallelo.

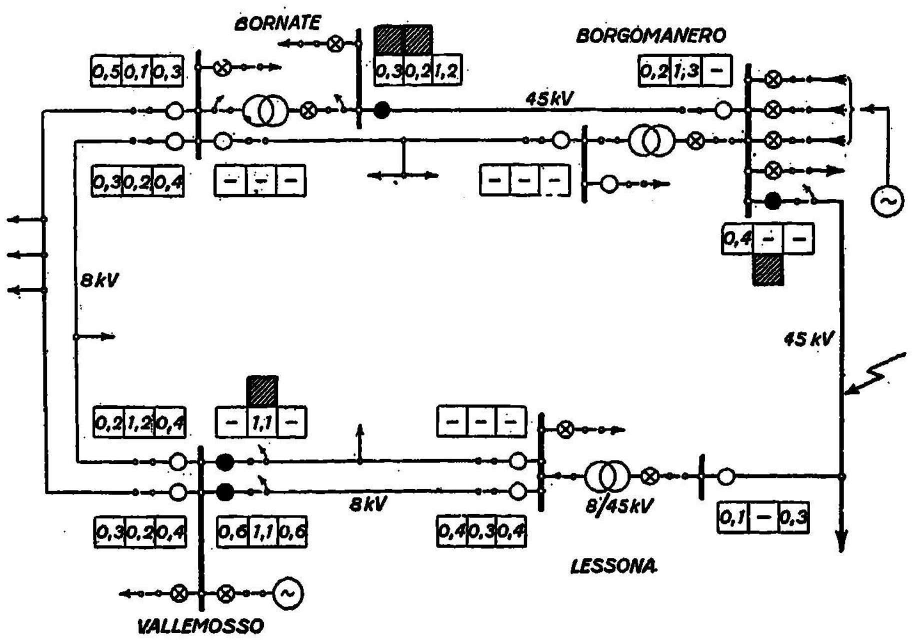



Fig. 15. - Funzionamento irregolare dei relais.

Una volta aperto l'interruttore a Borgomanero, la corrente di corto circuito proveniente dalle centrali va al guasto attraverso tutto l'anello. Il sincrono, la cui velocità è diminuita, riceve di colpo la tensione quasi normale epperciò fra sincrono, fuori passo, e alternatori delle centrali si stabiliscono delle correnti di circolazione che assumono periodicamente dei valori massimi e minimi a seconda delle posizioni relative delle macchine fuori passo. Queste condizioni, per quanto riguarda i relais, non differiscono da un corto circuito situato nelle loro immediate vicinanze, che per la periodicità con la quale il corto circuito stesso apparisce e scompare. L'apertura dell'interruttore a Bornate è dovuta senz'altro a queste condizioni.

Nel tronco di linea Vallemosso-Lessona, nell'intervallo fra l'apertura dell'interruttore a Borgomanero e quella dell'interruttore a Bornate, circola la corrente risultante di quelle provenienti dalle centrali e dal sincrono e quindi, per il fatto che il sincrono è uscito di parallelo, una corrente che presenta dei massimi e dei minimi successivi come ho detto prima. Sotto l'effetto di queste correnti i relais funzionano ugualmente bene, ma se i valori minimi della corrente sono piccoli, c'è il pericolo che il relais ricada per ripartire al massimo successivo e così via. La corrente nei relais 45 kV di Lessona è più piccola di quella dei relais 8 kV a Vallemosso, dati i rapporti di trasformazione dei riduttori che li alimentano. Può darsi quindi che i relais di Lessona siano ricaduti, in corrispondenza dei minimi di corrente, epperciò essi non hanno determinato lo scatto, che è stato invece provocato dai relais di Vallemosso che hanno funzionato come riserva.

Nella revisione dell'installazione effettuata verso la metà di agosto cogli Ingegneri della Casa costruttrice è stato pertanto deciso di provocare la immediata messa fuori servizio dei sincroni con dei relais sensibilissimi a tensione minima ad azione istantanea, tarati per 5000 Volt. È da ritenere che quando la tensione a Vallemosso scende da 8250 a 5000 V la coppia sincronizzante si riduca così da determinare senz'altro l'uscita di passo dei sincroni; non sono pertanto da temere delle messe fuori servizio intempestive dei sincroni medesimi. Questo valore della tensione può ad ogni modo essere modificato secondo le risultanze dell'esercizio.

Dopo questa messa a punto il funzionamento della protezione è sempre stato irreprensibile; si sono verificati 20 casi di perturbazioni interessanti la protezione e non si è avuto a lamentare neppure una apertura di interruttori intempestiva.

PROVE:

I risultati dell'esercizio sono senza dubbio interessanti ma si suole spesso attribuire ad essi un valore assai maggiore di quanto effettivamente non abbiano. Ciò va detto ad esempio quando, come nel caso presente, si tratta di controllare l'efficacia di un sistema di protezione. Se si vogliono attendere i risultati del servizio, bisogna forse aspettare parecchi anni, secondo le circostanze, per farsi un'idea del funzionamento del sistema, ed ancora non si è sicuri se in questo frattempo si saranno verificati tutti i differenti casi di guasti possibili. Inoltre per poter giudicare del funzionamento di un relais, in seguito ad un difetto verificatosi in servizio, sarebbe molto interessante conoscere la natura ed il luogo del guasto il che, nella maggior parte dei casi, non è possibile. Avviene inoltre spesso, specie quando le perturbazioni sono dovute a temporali che invadono tutta una zona, che si hanno due, tre perturbazioni contemporanee o quasi in diversi elementi della zona protetta, perturbazioni che poi non lasciano traccia (si rimanda tensione e la linea tiene). In questi casi è quindi molto difficile stabilire se il sistema di protezione ha funzionato correttamente.

È tutt'altra cosa invece quando si fanno artificialmente delle prove su una rete che si trova in servizio normale. È allora possibile di produrre ad arte tutti i guasti possibili e siccome si conosce già in anticipo la natura ed il luogo del guasto, si può dare un ponderato giudizio sul funzionamento del relais.

La Società Dinamo, per poter esprimere un giudizio conclusivo sulla bontà del sistema di protezione, ha pertanto eseguito, nei giorni 7, 8, 9 novembre 1931, una serie di prove, scelte opportunamente, nelle due condizioni estreme di funzionamento normale della rete e cioè con la massima e con la minima potenza di macchinario allacciata alla rete medesima: rispettivamente di 40 000 e 8500 kVA.

La fig. 16 mostra il dispositivo adoperato per produrre artificialmente i corti circuiti e le messe a terra con o senza arco.

Fig. 16. - Dispositivo per le prove

Due cavalletti con isolatori appropriati permettevano di disporre in un piano orizzontale le due o le tre fasi interessate dal guasto, che venivano derivate dal vicino palo della linea principale. Un terzo cavalletto più basso, collocato internamente, porta un sistema girevole intorno all'asse del cavalletto per effetto della caduta di un contrappeso. Normalmente il contrappeso è tenuto alto e la traversa bassa con uno speciale arresto. Liberato l'arresto (il che si otteneva tirando una fune a distanza) la traversa sale fino alle fasi disposte sul piano orizzontale provocando il tipo di guasto che si desidera.

Per la descrizione delle prove, che segue, bisogna riferirsi alla fig. 11.

*Prova* 1 e 1*a*. – (Potenza in gioco 20.000 kVA). *Corto circuito bifase franco (fasi R-S) sulla linea* 45 *kV Borgomanero-Lessona a* 9 *km. da Lessona e* 20 *km. da Borgomanero*. La linea guasta è messa fuori servizio correttamente mediante l'apertura degli interruttori a Borgomanero e a Lessona. Tempi di scatto 0,3" a Borgomanero; 0,1" a Lessona contro 0,45" e 0,15" teorici.

Hanno funzionato (senza determinare lo scatto perchè tarati per tempo molto alto) tutti i relais di massima dei trasformatori di Lessona e Bornate, quindi con la normale protezione a massi-

ma sarebbe andata fuori servizio tutta la zona. La intera zona è invece rimasta regolarmente in servizio alimentata da Bornate.

La prova è stata ripetuta provocando un corto circuito fra le stesse due fasi, ma con arco a terra, e con una potenza allacciata alla rete di 40 000 kVA. La linea guasta è ancora messa fuori servizio correttamente. Tempi di scatto a Borgomanero ancora 0.3 sec. (0,45 sec.), a Lessona 0,4 sec (0,15 sec.).

*Prova* 2. – (Potenza in gioco 8500 kVA). *Corto ciccuito con arco a terra fra le due fasi R e T sulla linea* 45 *kV Borgomanero-Bornate a m.* 700 *da Bornate.* La linea guasta è messa fuori servizio correttamente mediante l'apertura degli interruttori a Borgomanero dopo 0,9" (invece di 0,6) a Bornate dopo 0,4" (invece di 0,1"). I tempi sono un poco maggiori di quelli teorici.

*Prova* 3. – (Potenza in gioco 8500 kVA). *Doppia messa a terra sulle linee a* 45 *kV. Fase S con arco a Lessona, fase R metallica a Bornate.* La linea è correttamente messa fuori servizio con l'apertura dell'interruttore a Borgomanero linea Lessona in 0,2 sec (0,35 sec).

Il giuoco combinato dei relais di terra e dei relais commutatori lascia liberi di funzionare, dei relais delle due fasi interessate dal guasto, solo quelli della fase che segue nel senso ciclico: in questo caso i relais della fase *S*. Sulla linea di Bornate il guasto è sulla fase *R* e perciò nessun relais ha funzionato come era previsto. Sulla Borgomanero-Lessona il guasto era sulla fase *S*: ha funzionato quindi correttamente il relais di fase *S* provocando lo scatto dopo 0,2".

In seguito all'apertura della linea a Borgomanero la doppia messa a terra è stata scissa in due terre metallicamente separate. L'arco a Lessona, data l'ampiezza relativamente piccola della rete che lo alimentava si è spento spontaneamente.

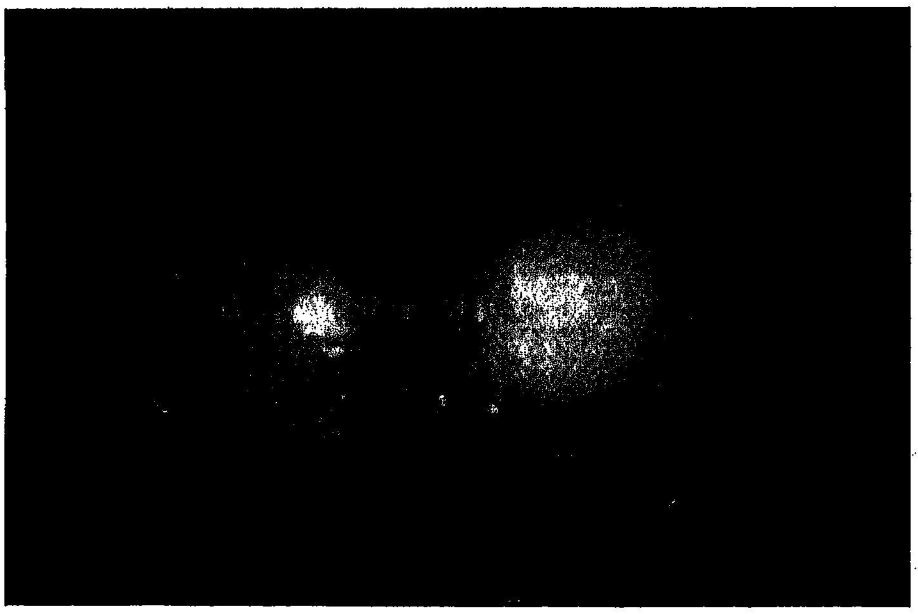


Fig. 17. - Corto circuito fra due fasi con arco a terra sul 45 kV a Bornate.

*Prova* 4 e 4*a*. – (Potenza in gioco 15 000 kVA). *Doppia messa a terra sulla linee* 8 *kV*. Fase *T* metallica a Bornate sulla 1ª terna Bornate Vallemosso e fase *R* con arco a Lessona sulla 1ª terna Vallemosso. Nessun relais ha funzionato. La prova è stata ripetuta facendo una terra diretta anche a Lessona, dove prima era stata fatta con arco, ma nessun relais ha ancora funzionato. Un amperometro inserito a Lessona in serie al relais di terra ha segnalato una corrente di terra di 40 Amp., valore insufficiente a determinare l'entrata in funzione del relais.

Una seconda prova di doppia messa a terra sull'8 kV con una fase direttamente a terra a Lessona sulla 1ª terna Vallemosso ed un'altra direttamente a terra a Vallemosso sulla 1ª terna Bornate è stata eseguita il giorno dopo con potenza sulla rete di 40 000 kVA (prova n.° 6) ma non ha dato diversi risultati. Nessun relais ha funzionato.

Se si riflette che le linee sono montate su pali in legno, e che perciò eventuali messe a terra delle fasi durante il servizio non potranno presentare resistenze inferiori a quelle realizzate durante le prove, si può concludere che le eventuali doppie messe a terra sulla rete a 8 kV, che si dovessero presentare durante il servizio, non avranno mai il carattere di un guasto che provochi la messa fuori servizio di un elemento della rete. D'altra parte queste eventualità sono segnalate nelle sottostazioni da voltmetri che indicano la tensione delle fasi verso terra.

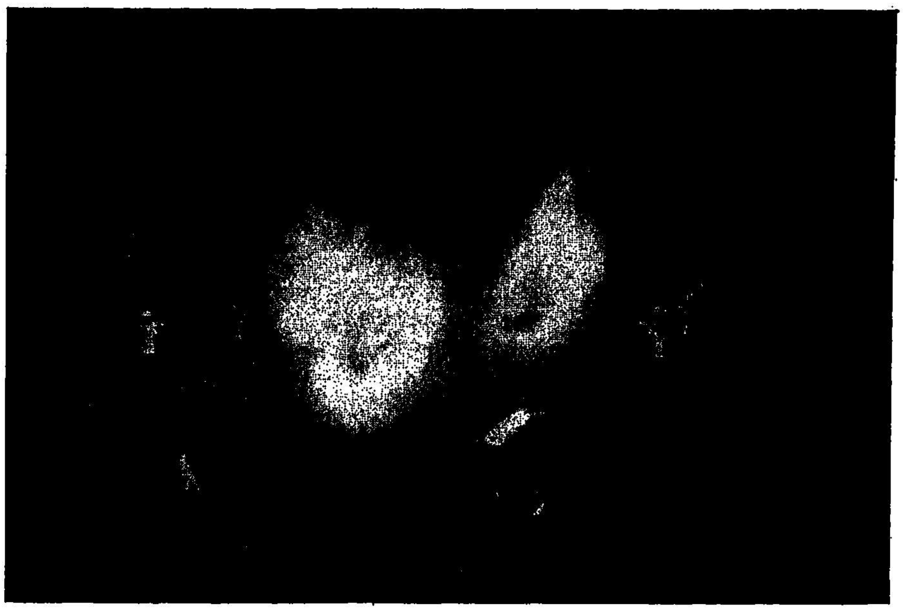


Fig. 18. - Corto circuito fra due fasi con arco isolato sull'8 kV a Postua.

*Prova* 5. (Potenza in gioco 8 500 kVA). *Corto circuito con arco a terra fra le due fasi S e T a Lessona sulla 2ª terna Vallemosso.* La linea guasta è stata messa fuori servizio correttamente mediante apertura degli interruttori a Lessona dopo 0,1" e a Vallemosso dopo 1". Il tempo di scatto a Vallemosso è risultato minore del teorico di 0,3".

*Prova* 7. – (Potenza in gioco 40 000 kVA). *Corto circuito trifase con arco a terra sulla 1ª terna Bornate, a m.* 150 *dalla sottostazione di Vallemosso.* Si è aperto regolarmente l'interruttore della linea guasta a Vallemosso dopo 0,2" (tempo teorico 0,1"). I relais della linea guasta a Bornate hanno funzionato segnalando un tempo di 0,5" ma non hanno determinato l'apertura dell'interruttore. Questi relais avrebbero dovuto provocare l'apertura dell'interruttore dopo 1",3 ma l'arco si è spento spontaneamente prima ed i relais di Bornate che avevano già funzionato sono ricaduti normalmente.

*Prova* 8. – (Potenza in gioco 40 000 kVA). *Corto circuito con arco isolato fra le fasi R e T all'estremità della derivazione per Postua dalla 2ª terna Bornate-Vallemosso.* La linea guasta è stata messa fuori servizio correttamente a Vallemosso dopo 1,6" a Bornate dopo 0,8".

Poichè il corto circuito ha avuto luogo su una derivazione i tempi di scatto risultano più elevati; essi non si possono però confrontare con quelli che risulterebbero dal calcolo perchè per un siffatto calcolo occorrerebbe conoscere la ripartizione della corrente di corto circuito, che alimenta il guasto, fra le due stazioni di Bornate e Vallemosso.

Data la notevole potenza in gioco la tensione della rete a 8 kV non è scesa che di 2 ÷ 300 V, cosicchè i relais commutatori non hanno funzionato. La prova è quindi interessante perchè dimostra che anche in questo caso la selezione dell'elemento guasto della rete avviene correttamente.

### Conclusioni sulle prove.

I risultati ottenuti possono essere riassunti come segue:

Sono stati eseguiti:

1 corto circuito trifase con arco sull'8 kV
2 » » bifasi » » » » »
2 doppie messe a terra franche sull'8 kV
1 corto circuito bifase franco sul 45 kV
2 » » » con arco sul 45 kV
1 doppia messa a terra di cui una franca ed una con arco sul 45 kV.

In tutti i casi l'elemento di linea guasto è stato messo fuori servizio correttamente ed il rimanente della rete è rimasto in regolare funzionamento.

Il funzionamento dei relais è stato in ogni caso corrispondente alle previsioni teoriche e cioè in caso di corto circuito trifase hanno funzionato tutti e tre i relais; in caso di corto circuito bifase il solo relais della fase che precede; in caso di doppia messa a terra il solo relais della fase che segue; ciò ha permesso di essere tranquilli sulla corretta inserzione di tutta l'apparecchiatura.

In più di un caso si è osservato il funzionamento di vecchi relais a massima (questi non possono determinare lo scatto degli interruttori perchè bloccati o tarati per tempo molto lungo) che avrebbero provocato interruzioni intempestive.

Nei casi in cui l'arco si è spento prima dell'apertura dell'interruttore, il relais è ritornato prontamente nella sua posizione di riposo evitando aperture di interruttori inutili.

La sensibilità direzionale dei relais si è dimostrata ottima in tutte le prove, anche nei casi più difficili di corti circuiti con arco nelle immediate vicinanze delle sottostazioni. Nel corso delle prove 14 relais hanno dovuto bloccare (funzionare in senso inverso) e ciò si è verificato senza dar luogo a nessun scatto intempestivo.

I tempi di scatto sono sempre stati molto piccoli; misurati a partire dal momento dello stabilirsi del corto circuito all'istante in cui il relais stabilisce il contatto, essi vanno da un minimo di $0{,}5 + 0{,}1 = 0{,}6''$ a un massimo di $0{,}5 + 1{,}6 = 2{,}1''$.

La conseguenza di ciò è stata che i corti circuiti non hanno dato luogo a perturbazioni apprezzabili sulla rimanente rete rimasta in servizio (a Borgomanero erano p. es. affatto inavvertiti).

Il divario fra i tempi di scatto calcolati e quelli effettivamente verificatisi è stato al massimo di $\pm$ 0,3 sec.

In valore assoluto la differenza è indubbiamente molto piccola. Essa è giustificata da diverse circostanze: errore del dispositivo di indicazione del tempo sul quadrante (0,1''); errore di lettura sul quadrante (0,1''); dipendenza, per quanto piccola, del tempo di scatto dal valore assoluto della corrente; reattanze reali delle linee un po' differenti da quelle presupposte nel calcolo ecc.

Agli effetti della determinazione della distanza del guasto dalle sottostazioni queste differenze possono invece causare degli errori notevoli specie per quei tronchi di linea che hanno tempi

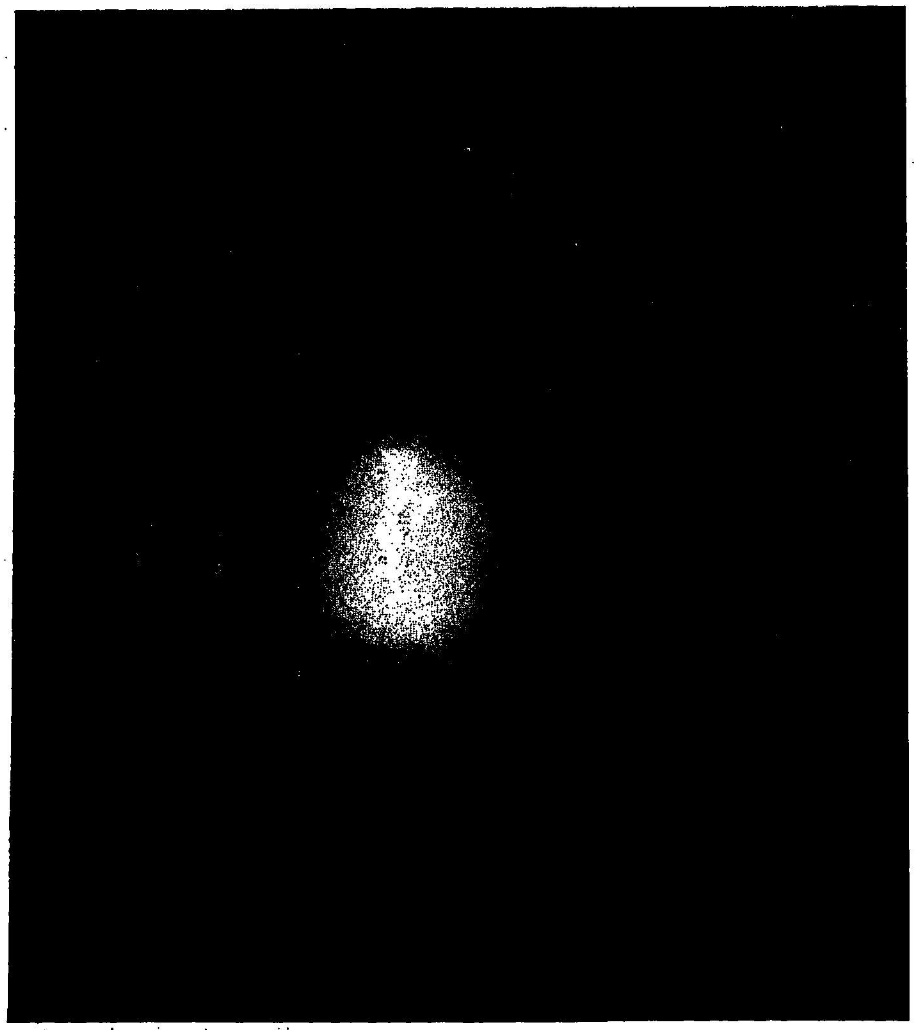


Fig. 19. - Messa a terra di una fase con arco sul 45 kV a Lessona.

Fig. 20. - Quadri provvisori di installazione dei relais a Vallemosso

di scatto massimi molto piccoli. Così ad esempio per le due linee 45 kV Borgomanero-Bornate e Lessona che hanno tempi di scatto massimi di $0{,}5 \div 0{,}7''$ la differenza di 0,3'' rappresenta già il 50 % e rende quindi assai incerta ogni determinazione della distanza del guasto. Nelle linee a 8 kV poi la determinazione della distanza è ancora complicata dalle numerose derivazioni più o meno lunghe che agiscono sfavorevolmente sulle indicazioni di tempo dei relais. Ciò nulla toglie ad ogni modo alle qualità veramente preziose del relais per quanto riguarda la selettività della protezione.

I risultati ottenuti si possono ritenere quindi completamente soddisfacenti.

Le figure 17, 18 e 19 sono fotografie effettuate durante l'esecuzione delle prove.

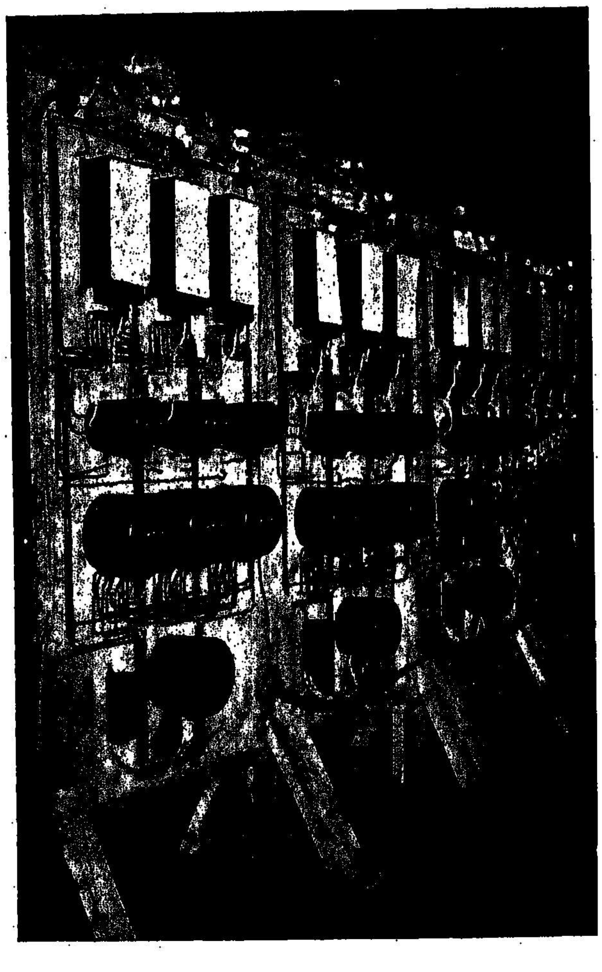


Fig. 21. - Quadri provvisori di installazione dei relais a Vallemosso (vista posteriore).

PROVE SULLA RETE DELL'AZIENDA ELETTRICA CONSORZIALE DI MERANO E BOLZANO.

Dopo la « Dinamo » una sola altra Azienda elettrica italiana ha installato ed esperimentato questo tipo di relais, con risultati che, a quanto mi consta, sono pure del tutto soddisfacenti. Si tratta dell'installazione che l'Azienda Elettrica Consorziale di Merano e Bolzano ne ha fatto sulla rete di cavi ad alta ten-

sione che servono per la distribuzione dell'energia nella Città di Bolzano.

Questo secondo impianto completa il quadro delle possibilità di applicazione del relais, perchè, a differenza della rete Dinamo, che è aerea, quella dell'Azienda Consorziale è una rete di cavi e vi è stato pertanto installato il tipo speciale di relais a distanza per cavi.

Questo relais non differisce da quello per linee aeree che per gli avvolgimenti elettrici dell'ohmetro e del dispositivo di messa in funzione. Questo è influenzato dal valore dell'intensità di corrente invece che dall'impedenza e l'ohmetro misura la resistenza ohmica invece della reattanza. La fig. 22 ne mostra l'insieme costruttivo.

Si vede sul davanti la scala di taratura del dispositivo di messa in funzione graduabile da 5 a 10 Amp.

La fig. 23 mostra la rete dell'Azienda Elettrica suddetta.

Due centrali quella di Tell, vicino a Merano, e quella di Val d'Ega, presso Bolzano, alimentano la rete di distribuzione a 3000 V della città di Bolzano. Questa, con quattro sottostazioni di trasformazione e sezionamento, costituisce un esempio tipico di rete cittadina con cavi singoli e cavi in parallelo, connessi fra loro in modo da formare una rete a maglie.

La rete, prima dell'installazione dei relais selettivi, era protetta con semplici relais a massima e dava luogo a frequenti disturbi determinati dal fatto che un corto circuito provocava quasi sempre lo sgancio immediato della maggior parte degli interruttori di sezionamento mettendo fuori servizio l'intera rete di distribuzione della Città.

Alla messa in servizio della nuova protezione, che è avvenuta nello scorso mese di novembre, furono eseguite 6 prove di corto circuito con risultati completamente soddisfacenti e che dimostrarono la perfetta selettività del sistema di protezione installato.

CONCLUSIONI.

Tutti coloro che si occupano dell'esercizio di reti di trasmissione e distribuzione di energia elettrica sanno che la maggior

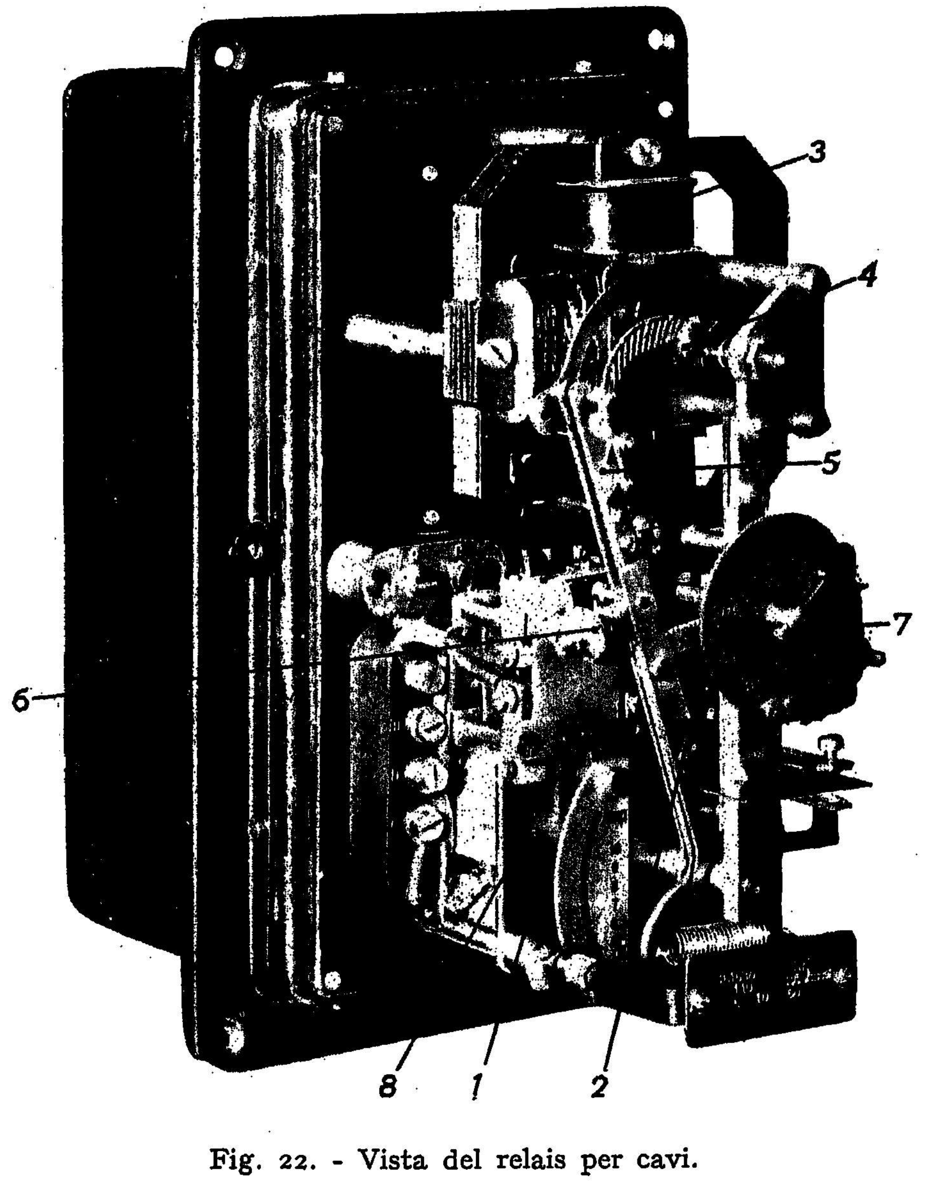



Fig. 22. - Vista del relais per cavi.

parte delle perturbazioni sono dovute alle linee di trasporto; secondo una statistica compilata dal Rudenberg, l'80% circa delle perturbazioni che si verificano nelle installazioni elettriche sarebbe precisamente da attribuire alle linee aeree. Il problema della protezione selettiva, il problema cioè di limitare al minimo indispensabile le interruzioni di servizio che sono la conseguenza di tali perturbazioni, merita quindi la maggiore attenzione da

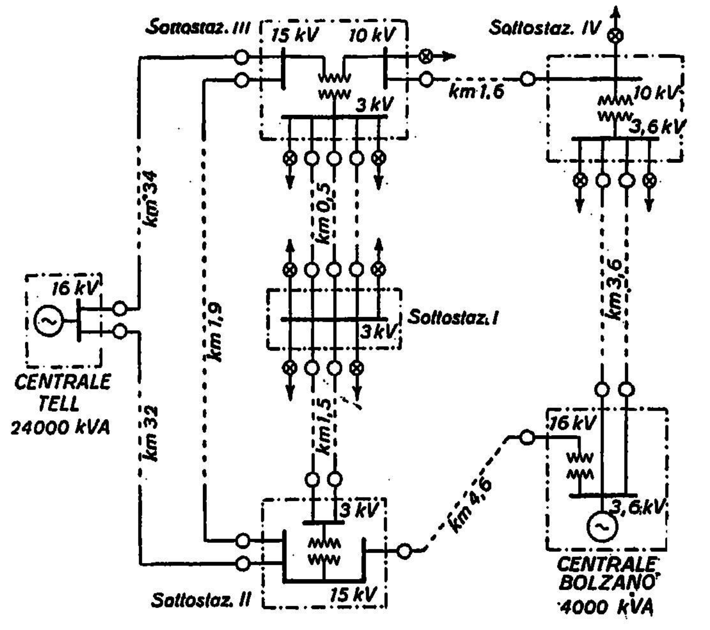



Fig. 23. - Rete dell'Azienda Elettrica Consorziale di Merano e Bolzano.

parte degli esercenti. Fino a che la distribuzione dell'energia è stata fatta con reti aperte a diramazioni semplici, una discreta selezione si poteva ancora avere con i relais a massima con tempi di scatto fissi graduati per valori crescenti verso le centrali di alimentazione, pur sottostando ai noti inconvenienti dei tempi di scatto troppo lunghi specie per i corti circuiti che si verificano nelle immediate vicinanze delle centrali.

Ma nelle moderne reti ad anello ed a maglie più o meno complicate la semplice protezione con relais a massima, come purtroppo si usa ancora oggi, non dà più nessuna garanzia di selettività. I relais a massima accoppiati a relais wattmetrici direzionali, le protezioni differenziali di linee in parallelo, altri dispositivi più o meno complicati e più o meno ingegnosi che sono stati escogitati in questi ultimi anni, risolvono solo dei casi particolari del problema.

Il relais ad impedenza risolve invece il problema della selettività nel modo più generale per qualsiasi rete comunque complicata con nodi e maglie numerosi e con alimentazione in qualsiasi punto; esso sceglie automaticamente il proprio tempo di scatto in relazione alla sua distanza dal luogo del corto circuito, cosicchè i tempi di scatto dei relais che si trovano nelle diverse sottostazioni vengono graduati ogni volta in ordine crescente a partire dal luogo del corto circuito medesimo, qualunque sia il punto della rete in cui questo si produce. Il tempo di scatto di tali relais è sempre molto piccolo cosicchè la sezione guasta della rete è la sola ad essere messa fuori servizio ed in un tempo molto breve. Il relais ad impedenza presenta ancora due grandi vantaggi sugli altri sistemi: un unico tipo di relais serve per la protezione di tutta la rete e la sua taratura è sottratta all'arbitrio del personale d'officina.

In questi ultimi anni tutte le principali Case Costruttrici hanno studiato e sperimentato un loro speciale tipo di relais ad impedenza; installazioni e prove abbastanza numerose sono state eseguite all'estero con risultati assai soddisfacenti. Vale la pena che questi tipi di relais vengano meglio conosciuti ed applicati anche dagli Ingegneri Italiani che si occupano della trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica.

ING. NOVERINO FALETTI.

# Il IV Congresso dell' "Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique"

(8-12 luglio 1932)

Se il numero degli intervenuti al Congresso di Parigi indetto dalla UNIPEDE è stato inferiore a quello raggiunto per il Congresso di Bruxelles (1930), ciò dipende probabilmente dalla situazione industriale e finanziaria del momento e non può certo attribuirsi a scarso interesse del programma tecnico, chè

Un gruppo di partecipanti al Congresso.

anzi le sedute sono state sempre frequentate da buon numero d'assidui. Ad ogni modo oltre 450 inscritti figurano nell'elenco dei Congressisti; a capo della delegazione italiana, una delle più numerose coi suoi 47 partecipanti, non aveva potuto quest'anno intervenire l'on. Motta, Vicepresidente della UNIPEDE; intervennero però l'ing. Taccani e l'ing. Cesàri, Membri del Comitato di Direzione della UNIPEDE stessa.

Poichè i Membri del Congresso dei produttori e distributori di energia elettrica erano autorizzati a partecipare alle visite ed escursioni predisposte dal Congresso Internazionale di Elettricità che ha avuto luogo contemporaneamente a Parigi (4-12 luglio 1932) il Comitato organizzatore del primo Congresso ha potuto opportunamente semplificare il programma sotto questo punto di vista. Due sole visite erano annunciate: quella alle sottostazioni di conversione della *Société des Transports en commun de la Région parisienne* e quella alle stazioni per la carica degli accumulatori della *Société pour le développement des véhicules électriques*. Dato il carattere particolare di queste visite e il numero limitato di persone che hanno potuto parte-

ciparvi, non si è creduto opportuno interrompere i lavori; questi hanno così potuto occupare ben sei sedute in soli quattro giorni feriali di Congresso. Le altre due mezze giornate furono riservate rispettivamente alla seduta inaugurale e all'Assemblea generale dell'Union, mentre la giornata festiva del 10 luglio è stata riservata alle gite, in comune col Congresso Internazionale d'Elettricità.

Il *Syndicat français des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique* ha offerto ai Congressisti stranieri un banchetto, seguito da un trattenimento artistico e da una serata danzante; inoltre il Congresso Internazionale d'Elettricità ha gentilmente offerto buon numero di biglietti per una serata di gala all'Opera. Le signore che numerose avevano accompagnato i Congressisti, poterono usufruire delle combinazioni offerte dal Congresso d'Elettricità. La parte mondana del Congresso non è dunque mancata neanche stavolta, mentre la più grande cordialità, espressa anche nei discorsi ufficiali e nei brindisi, è regnata in tutte le riunioni e all'ormai tradizionale tè delle cinque, gradita interruzione delle lunghe sedute pomeridiane.

Due manifestazioni, di carattere diverso, meritano un cenno a parte prima di riassumere lo svolgimento dei lavori. Una è la seduta inaugurale, alla quale presenziò un Sottosegretario di Stato francese, che aprì ufficialmente i lavori del Congresso; fra i discorsi, in numero assai limitato, ricordiamo quello del sig. Ulrich, Presidente uscente della UNIPEDE, che rievocando i Congressi precedenti prese occasione per salutare con efficaci parole e con sensi di affetto e di ammirazione i Paesi stranieri che già ospitarono i raduni dei produttori e distributori di energia elettrica e cioè l'Italia e il Belgio. Furono anche ricordate con deferenza le personalità facenti parte della UNIPEDE assenti dalla manifestazione.

Altra riunione degna di nota è quella che ha avuto luogo nel pomeriggio di venerdì 8 luglio alla *Société Française des Ingénieurs Civils* in onore dei Membri dei due Congressi di elettrotecnici. Alla presenza di S. E. l'Ambasciatore d'Italia a Parigi, di numerose personalità del mondo tecnico e di una folla imponente di congressisti il Senatore Principe Piero Ginori-Conti ha presentato una comunicazione sulla installazioni geotermiche della Toscana, ascoltata con grande interesse dagli intervenuti e calorosamente applaudita. Una seduta serale della stessa Società, pure organizzata in onore dei Congressisti, è stata invece dedicata a tre memorie dei sigg. Laporte, Leclerc du Sablon e Louis Martin sulla compensazione dell'energia elettrica per accumulazione idraulica.

***

Esaurita così rapidamente la cronaca della riunione passiamo ad esaminare con qualche maggior dettaglio i lavori.

L'organizzazione tecnica ha subito delle varianti rispetto ai Congressi precedenti ed è ora fissata da un apposito regolamento. Le questioni da discutere sono state raggruppate nelle seguenti categorie:

- I – Produzione idraulica.
- II – Produzione termica.
- III – Distribuzione d'energia elettrica
  - III – A) Cavi ad alta tensione;
  - III – B) Trasporto ad alta tensione;
  - III – C) Distribuzione a media e bassa tensione;
  - III – D) Fattore di potenza.
- IV – Vendita, tarifficazioni, sicurezza.
  - IV – A) Vendita e tariffiçazioni;
  - IV – B) Tensione non pericolosa;
  - IV – C) Sicurezza salvo la tensione non pericolosa.
- V – Applicazioni, propaganda.
- VI – Legislazione.
- VII – Statistiche.
- VIII – Questioni diverse.

Per ogni raggruppamento, all'infuori dell'ottavo, si è costituito un Comitato di studio, affidato a una delle Associazioni nazionali aderenti all'Unione e scelta fra quelle che hanno studiato più specialmente il gruppo di problemi considerato. Così il Comitato I è stato affidato all'Associazione svizzera, il II a quella francese, ecc.; all'Italia è stato assegnato il Comitato III - B.

L'Associazione che fa da segretaria per un dato gruppo designa il Presidente del relativo Comitato di studio (che ha anche ufficio di relatore generale) e nell'intervallo da un Congresso all'altro ha l'incarico di raccogliere e centralizzare i rapporti, dati e documenti trasmessile dai Membri della UNIPEDE. Come Presidente del Comitato di studio III - B, la UNFIEL ha designato l'ing. Carlo Palestrino. Ci sia permesso ricordare (sia pure a titolo di cronaca) che la Sezione III - B è quella che ha presentato al Congresso il maggior numero di rapporti: 23 in tutto, dei quali 10 italiani. Sempre sotto gli auspici della UNFIEL, rapporti italiani sono pure stati presentati in altre Sezioni del Congresso, e specialmente nella Sezione V.

Si può dunque dire con soddisfazione che la partecipazione italiana ai lavori, che del resto ha avuto il più ampio riconoscimento, è stata una delle più fattive ed organiche.

Cronologicamente, nello svolgimento dei lavori si è seguito l'ordine numerico; anche quest'anno alla presidenza delle sedute si sono alternate personalità dei varî paesi aderenti all'UNIPEDE, in modo che il più gran numero possibile di paesi partecipasse alla presidenza.

***

La prima seduta tecnica (pomeriggio dell'8 luglio) sotto la presidenza del sig. *Pinson* (Francia) è stata dedicata alle questioni riguardanti la produzione idraulica e termica.

Tre problemi erano posti all'ordine del giorno per la Sezione I e cioè: l'ammortamento e il rinnovo delle centrali idrauliche; l'usura delle turbine idrauliche per erosione e corrosione; l'accumulazione dell'energia per pompaggio. Per il primo argomento il relatore generale sig. *Rickenbach* (Rapporto I - 1) ha chiesto a numerose Società proprietarie di impianti idroelettrici i dati che dovevano servir di base al suo studio: alcune risposte più dettagliate ed interessanti, e precisamente quelle della *Société Hydroélectrique de la Diège*, della *Société Electrochimique de Mercus* e della *Compagnie des Chemins de Fer du Midi*, sono state pubblicate *in extenso* come rapporti particolari (I - 1 - *a*, I - 1 - *b*, I - 1 - *c*) relatori per i primi due rispettivamente i sigg. *Basalo* e *Minard*. Le altre risposte sono riassunte nel rapporto generale.

I lavori presentati sull'argomento I - 1 possono così riassumersi: I fattori principali che influiscono normalmente sulla durata e sul rinnovo degli impianti sono: la disposizione, l'ubicazione e le condizioni di esercizio degli impianti, in relazione col clima, con la natura e col regime dei corsi d'acqua utilizzati; la quantità e la qualità delle acque utilizzate; la durata di concessione e le condizioni particolari di retrocessione; il progresso tecnico e lo sviluppo delle richieste di energia; l'accuratezza delle costruzioni murarie; la qualità dei materiali e delle macchine adottate; l'accuratezza della manutenzione ordinaria. Nei riguardi dell'ammortamento si dovrebbe contare sulle seguenti durate medie delle principali opere di un impianto idroelettrico: 70 anni per le opere in muratura e in cemento armato; per le opere metalliche esterne rispettivamente $20 \div 25$ anni per le parti mobili e i comandi, $30 \div 35$ anni per le parti fisse più esposte e 60 anni per le altre parti; infine per le turbine e gli accessori degli alternatori si dovrebbe ammettere una cifra di $30 \div 35$ anni. Il tasso medio d'ammortamento corrispondente, riferito al costo di costruzione, risulta rispettivamente di 1.43, 4,45, 3,1, 1.75 e 3,1%. Questo indipendentemente dalla durata di concessione; tenendo conto di questa si arriva generalmente a tassi più alti.

Il tasso medio generale di ammortamento trovato dal relatore generale è alquanto inferiore a quello generalmente indicato nella bibliografia tecnica ed effettivamente adottato dalla grande maggioranza delle imprese idroelettriche. Tale divergenza è dovuta in parte all'inevitabile omissione, da parte delle Società che hanno fornito i dati, di varie circostanze particolari che caso per caso possono aggravare le condizioni di ammortamento di un impianto e in parte ai criterî di prudenza coi quali gli amministratori delle imprese idroelettriche (specie se queste sono da poco create) debbono prevedere il tasso medio di ammortamento dei loro impianti per poter far fronte anche agli eventi imprevisti.

Sul problema dell'usura delle turbine idrauliche, oltre al rapporto generale (I - 3) degli ingegneri *Dutoit* e *Monnier* è stato presentato un rapporto dall'ing. *Laurent* (I - 3 - *a*). Entrambi i lavori considerano separatamente i fenomeni dovuti alle varie cause d'usura e cioè l'erosione per effetto di abrasione, la corrosione chimica ed elettrochimica e l'usura per cavitazione: i primi sono dovuti anzitutto alla sabbia contenuta nell'acqua, il cui effetto si manifesta specialmente nelle turbine Francis e Pelton per medie ed alte cadute; i secondi, più rari, son prodotti dalle acque contenenti in soluzione sostanze corrodenti, come p. es. acidi; dei terzi non è ancora ben noto il meccanismo, ma si sa che essi si producono sopratutto nelle turbine

con ruota mobile in ambiente a forte depressione. Oltre all'usura, per quanto si tratti di fenomeni rari e anzi puramente accidentali, il relatore particolare ha citato casi di rotture e fessurazioni di turbine e ha accennato anche all'importanza dei depositi ferruginosi nelle zone di bassa velocità, depositi che producono una perdita di carico considerevole.

I relatori hanno riferito sulle principali ricerche tecniche e sperimentali relative specialmente ai fenomeni di cavitazione e hanno accennato anche ai mezzi di protezione che possono adottarsi; tali mezzi ritardano la deteriorazione delle turbine senza peraltro impedirla completamente, per cui occorre in definitiva ricorrere al ricambio dei pezzi corrosi. Oltre questo aggravio economico, i fenomeni citati ne hanno per conseguenza un altro, provocando considerevoli diminuzioni di rendimento.

L'accumulazione dell'energia ottenuta pompando l'acqua in un serbatoio a una certa altezza, per utilizzarla poi nei periodi di punta per azionare le turbine, è considerata tanto dal relatore generale sig. *Engler* (rapporto I - 2) che dal relatore particolare ing. *Baretta* (rapporto I - 2 - *a*) nei riguardi di due casi principali, e cioè in connessione con centrali idrauliche e con centrali termiche. Nel primo caso è da considerare tanto la compensazione giornaliera e settimanale che quella stagionale; nel secondo caso naturalmente entra in gioco la sola compensazione giornaliera. Nella combinazione centrali termiche-stazioni di pompe, queste ultime son costruite assai vicino al centro di consumo e oltre ad aumentare l'economia delle centrali termiche, rendono servizi preziosi come riserve momentanee in caso di emergenza. Questo fatto può essere considerato come un vantaggio importante delle stazioni di pompaggio, ciò che è stato messo in evidenza anche durante la discussione dall'ing. *Rivière*.

Mentre il rapporto generale si occupa sopratutto delle questioni tecniche, come la costruzione dei gruppi occorrenti per le stazioni di pompaggio, i problemi d'esercizio relativi alle pompe e l'installazione degli impianti, il rapporto dell'ing. Baretta (col quale ha collaborato l'ing. *Megroz*) si riferisce sopratutto alla questione economica. L'accumulazione per pompaggio vien qui considerata non tanto come mezzo individuale in collegamento con una centrale termica o idraulica, ma come un mezzo di regolazione collettivo per un complesso di impianti; questa tendenza sembra d'altronde essersi affermata nelle centrali di accumulazione per pompaggio più recenti, come quelle di Niederwartha, Herdecke, Lac Blanc-Lac Noir ecc.

Il relatore ritiene che per utilizzazioni comprese fra 1800 e 3000 ore sia vantaggioso collegare all'insieme degli impianti generatori una centrale di accumulazione. Nel caso di una rete alimentata da centrali termoelettriche, agli impianti di accumulazione deve essere affidata la compensazione più completa possibile del diagramma di carico: l'economia realizzabile varia allora fra 13 e 7%. Il minimo costo di produzione si ottiene con la ripartizione seguente del carico di punta: 30 ÷ 35% a carico delle centrali termiche, 15 ÷ 25% a carico delle centrali idroelettriche e 55 ÷ 40% a carico dell'impianto di accumulazione. Infine il relatore afferma che le stazioni di accumulazione con pompe sono economicamente convenienti quando il loro costo di installazione non supera di molto i 1000 fr. per kW installato e il loro rendimento non è inferiore al 60%.

Non tutti i presenti, come è risultato dalla discussione, erano consenzienti alle conclusioni dell'ing. Baretta; p. es. il sig. *Rivière* ha giudicato che esse fossero troppo assolute. Anche a proposito del rendimento complessivo delle stazioni di pompe, è stato osservato che talvolta esso è basso perchè non ci si preoccupa di sfruttare l'impianto nelle condizioni migliori; l'ing. *Palestrino* ha citato dei valori di 36%; per contro il sig. *Rauber* ha ricordato dei casi in cui tale rendimento ha raggiunto il valore di 60% accennato dal relatore. Lo stesso oratore, sempre riferendosi ad esempi pratici, ha accennato alle economie raggiungibili sul costo di produzione dell'energia quando alle punte del diagramma venga sopperito con sistemi di accumulazione per pompaggio: queste economie non sempre giustificano la spesa d'impianto.

Numerosi oratori hanno ricordato impianti di accumulazione per pompaggio esistenti nei varî paesi: così l'ing. *Palestrino* ha citato quello di Promeron connesso agli impianti di Viverone e quello di Valtournanche; il sig. *Rich* tre impianti della Scozia; il *Presidente* della seduta, sig. *Pinson*, 3 impianti vicino a Parigi ecc. A proposito delle stazioni di pompe da collocare nelle vicinanze dei centri di consumo, è stato anche accennato alle possibilità offerte dagli idroscali, che certamente in un prossimo futuro dovranno costruirsi in buon numero in vicinanza delle grandi città.

In complesso è risultato dalla discussione che i pareri sono abbastanza discordi, come ha rilevato il sig. *Haveaux*, sul rendimento delle pompe e turbine idrauliche e sulla convenienza economica degli impianti di pompaggio rispetto alle centrali termiche; a questo proposito il relatore *Baretta* rispondendo alle varie osservazioni non ha mancato di ricordare come, nel confrontare il costo del kWh prodotto con stazioni di pompaggio con quello del kWh ottenuto con altri sistemi, vada tenuto presente che nel primo caso si tratta esclusivamente di energia di *punta*.

***

Seguendo la consuetudine di dar la parola per ogni argomento prima al relatore generale, poi ai relatori singoli, per la Sezione II ha parlato per primo il sig. *Rauber* (rapporto II - 1), che ha riassunto i varî rapporti presentati su argomenti attinenti alla produzione termica e ha poi ricordato i progressi nella costruzione di centrali termoelettriche realizzati dal Congresso precedente (1930) ad oggi. Il relatore generale ha detto che le difficoltà economiche del momento potranno eventualmente produrre un arresto nei progressi tecnici ma che con tutta probabilità la tendenza a pressioni e a temperature sempre più alte si manifesterà nuovamente dopo la ripresa economica; ciò sopratutto in relazione al desiderio di realizzare impianti ad alto rendimento e a costo d'installazione più ridotto. L'evoluzione delle centrali termiche non è dunque compiuta; anzi per l'avvenire si prospetta sempre più, almeno in alcuni paesi, la necessità per la produzione termoelettrica di piegarsi alle esigenze della produzione idraulica, ciò che necessita un regime speciale.

Il rapporto del sig. *Bro* (II - 7) sul punto di fusione delle ceneri di carbone rileva come gli inconvenienti che le scorie provocano nei focolari delle caldaie siano sempre maggiori man mano che negli impianti moderni si accentua la tendenza ad aumentare le dimensioni del focolare e le temperature nella camera di combustione. Rileva quindi che occorre adoperare un combustibile con condizioni di fusibilità delle ceneri rispondenti al tipo di caldaia impiegato e pertanto mette in evidenza l'opportunità di codificare internazionalmente la misura della fusibilità delle ceneri; in attesa di tale codificazione, propone che venga introdotta nei contratti di fornitura del carbone una clausola di fusibilità. Viene anche proposto un testo per tale clausola, che però non è stato esaminato dall'assemblea, non avendo il rapporto dato luogo a discussione.

Seguendo l'ordine stabilito dal relatore generale, si è quindi passati al rapporto II - 9 del sig. *Haveaux* che illustra un dispositivo di distillazione dell'acqua per la reintegrazione delle perdite di liquido in un impianto termico con condensatori a superficie, e ciò senza interessare il circuito principale di riscaldamento. Il metodo è derivato da quello della caldaia ausiliaria, che è qui rappresentata da un recipiente cilindrico posto entro la caldaia principale e in comunicazione con questa, così che il vapore prodotto nel recipiente ausiliario passa direttamente nella caldaia principale; la vaporizzazione avviene per mezzo di un fascio tubolare collegato in circuito chiuso con un altro fascio tubolare posto sul percorso dei gas caldi. Anche questo rapporto non ha dato luogo a discussione.

Nel rapporto seguente (II - 4) del sig. *Nerrière* viene descritto un gruppo di apparecchi di regolazione e di controllo della combustione da lui studiato e comprendente: un regolatore automatico del tiraggio per mantenere una pressione costante nella camera di combustione; un regolatore automatico della quantità d'aria soffiata nel focolare, per mantenere le condizioni di combustione più opportune; infine un apparecchio indicatore e registratore della pressione, al tempo stesso sensibile, preciso e robusto. Gli apparecchi Nerrière sono in funzione nelle centrali di una Società francese.

Un altro dettaglio che ha la sua importanza per l'esercizio delle centrali termiche è quello della pulizia dei tubi di vapore delle caldaie e dei tubi degli economizzatori e surriscaldatori, sui quali si formano depositi incrostanti. L'ing. *Joubart* ha descritto appunto (rapporto II - 3) un apparecchio a getto di sabbia lanciato con aria compressa da lui immaginato a tale scopo. Rispondendo ad analoghe domande fattegli dal sig. Rauber, il relatore ha accennato anche ad alcuni dettagli pratici per l'uso del suo apparecchio e ne ha affermato la superiorità su altri sistemi, p. es. quello d'inumidimento dei depositi che gli pare in alcuni casi almeno pericoloso. Dalla discussione è risultato però che anche tali sistemi sono impiegati con soddisfazione.

Pur essendo di carattere descrittivo, lo studio sulla centrale termica di Port du Rhin presentato dalla *Electricité de Strasbourg* (rapporto II - 5) contiene molti dati di esercizio ed economici assai importanti. L'impianto di manutenzione del combustibile offre parecchi particolari interessanti, mentre per l'impianto di macinazione del carbone (si tratta di una centrale a polverizzato) son stati posti in opera sistemi diversi onde vedere quale risulti il più economico. La differenza tra i varî sistemi

pare sensibile, variando il costo della macinatura da 5.20 a 6,28 fr. per tonnellata di polverizzato; a queste son da aggiungere le spese di manutenzione, che ammontano a 6,30 fr. per tonnellata di carbone greggio. Altri dati interessanti son quelli relativi al risparmio sul costo del kWh realizzato nella moderna centrale rispetto a quella preesistente: l'economia più forte è quella sul combustibile, che raggiunge il 29,5%.

Puramente descrittivo è invece il rapporto (II - 8) del Dr. *De Smaele* sulla supercentrale di Schelle della Società « Interescaut », centrale che era stata visitata già nel 1930 dai Congressisti riuniti a Bruxelles.

Un notevole interesse ha suscitato il rapporto del sig. *Lasne* (II - 6) su un metodo sperimentale per giudicare in qualunque momento del buon funzionamento delle macchine e che consiste nell'effettuare su queste, mentre esse possono considerarsi in funzionamento regolare, una serie di prove e misure; i parametri rilevati sono quelli che dalla pratica risultano particolarmente caratteristici. I diagrammi e i grafici corrispondenti, interpretati e catalogati, costituiscono le basi alle quali vengono riferiti i rilievi analoghi che si fanno poi sia periodicamente sia in caso di incidenti; tali confronti permettono appunto di giudicare lo stato della macchina rispetto alle condizioni iniziali o normali. Il sistema è stato messo in opera alla centrale di Comines per le turbine a vapore coi relativi condensatori, ma il principio può estendersi a qualunque altro elemento dell'impianto.

Nell'esposizione orale, il relatore non ha mancato di mettere in rilievo che il sistema da lui prospettato, permettendo una vigilanza costante sulle varie parti di una centrale, facilita anche la prevenzione dei guasti e pertanto fa sì che l'esercizio possa farsi in condizioni di sicurezza particolare. Nella discussione su un particolare del rapporto si è molto insistito sull'impiego della soda caustica per la pulizia del fascio tubolare dei condensatori, il sig. Lasne affermando che la soda agisce anche biologicamente sui depositi di natura albuminoide e sui microbi dell'acqua di circolazione, mentre il sig. *Joubart* affermava il contrario; il sig. *Rich* ha poi fornito notizie su un metodo usato in Inghilterra per la distruzione dei depositi di natura biologica.

Sull'impiego dei sistemi di accumulazione di energia nelle centrali termiche ha presentato uno studio l'ing. *Gaillard* (rapporto II - 2) che ha ricordato i sistemi in uso attualmente: ad acqua calda (Marguerre), a vapore (Ruths, Rateau) e per pompaggio. Il relatore crede poter affermare che l'economia di combustibile ottenuta con tali sistemi potrebbe in molti casi essere raggiunta con altri mezzi che non siano l'accumulazione, ma il relatore generale sig. *Rauber* ha fatto osservare come l'accumulazione per pompaggio presenti delle caratteristiche speciali per cui non può confondersi con gli altri sistemi.

L'ultimo rapporto del gruppo (II - 10), dovuto al sig. *Uytborck*, si occupa dell'estinzione degli incendi nelle centrali e sottostazioni, riferendo i risultati di un'inchiesta condotta presso le varie Associazioni Nazionali. Il relatore esprime il voto che sotto gli auspici dell'UNIPEDE vengan fatte prove comparative sulla produzione di gas asfissianti, velenosi o corrosivi negli apparecchi a tetracloruro di carbonio e sulla conducibilità del getto negli apparecchi ad anidride carbonica con produzione di schiuma. La proposta non è stata però presa in considerazione dall'assemblea, per quanto il relatore abbia insistito sull'opportunità delle prove suddette.

A proposito di alcune affermazioni contenute nel rapporto generale, ha poi preso la parola il sig. *Herry*, asserendo che le difficoltà che si presentano nei moderni impianti termoelettrici non provengono dalle alte pressioni di vapore ma dalle alte temperature; a conferma, ha detto che i tubi si rompono più sovente nei punti di maggior spessore. Secondo l'oratore, la soluzione delle difficoltà presenti consisterebbe dunque nel trovare per i tubi del materiale a buona conducibilità termica. Per il resto ha anch'egli affermato che la tendenza ad aumentare le pressioni e le temperature del vapore andrà certamente accentuandosi in avvenire.

Nella stessa seduta dell'8 luglio è stato riassunto il rapporto del sig. *Bakker* (III - A - 1) Presidente del Comitato di studio e relatore generale sull'argomento dei cavi ad alta tensione. Il sig. Bakker, che è Presidente anche della Commissione Cavi istituita dalla *Conférence Internationale des Grands Réseaux*, formula delle proposte per la prova dei cavi nelle quali si è attenuto anche ai risultati ottenuti in seno alla Commissione suddetta. Le proposte comprendono: prove ad alta tensione e cioè prova di tensione, di flessione, misura delle perdite nel dielettrico e verifica relativa alla tensione assintotica; prove a bassa tensione e cioè misura della resistenza dei conduttori, della capacità e della resistenza d'isolamento; infine verifica dell'esecuzione dal punto di vista meccanico, riguardante i materiali impiegati, il modo di fabbricazione, le dimensioni e le tolleranze.

***

Per la Sezione III - B l'ing. *Palestrino*, Presidente del Comitato di studi relativo, aveva stabilito d'accordo con la UNFIEL un programma dei lavori, limitandosi alla tecnica moderna delle grandi linee di trasmissione. L'elenco dei soggetti proposti per i rapporti particolari comprendeva così la formazione e la propagazione delle sovratensioni, i mezzi di ricerca e le protezioni relative; la correlazione fra l'isolamento di linea e di macchina nei riguardi delle sovratensioni di origine atmosferica; le correnti di corto circuito nelle linee ad alta tensione; il comportamento del filo di terra come conduttore di ritorno; correnti di terra e correnti di capacità; le perdite per effetto corona; la protezione contro le sovracorrenti; i fenomeni d'autoeccitazione degli alternatori collegati a linee ad alta tensione e a grandi distanze; la regolazione della tensione sulle lunghe linee; il trasporto di energia a corrente continua; i grandi interruttori.

Per tutti questi argomenti son stati trovati relatori italiani; inoltre tecnici stranieri han presentato memorie sia su alcuni temi dell'elenco sopra citato sia su altri argomenti, però sempre attinenti al trasporto di energia ad alta tensione. Nel riassumere i rapporti della Sezione III - B, ometteremo quelli che sono o saranno pubblicati *in extenso* nella nostra Rivista e precisamente i rapporti: III - B - 10 dell'ing. *Artini* sulla protezione contro le sovratensioni; III - B - 7 e III - B - 17 dell'ing. *Caminiti*, che trattano rispettivamente delle correnti di capacità nelle linee trifasi e delle correnti di c. c. fra due fasi e fra una fase e il neutro; III - *B* - 18, dovuto all'ing. *Faletti*, sulla protezione selettiva di una rete a maglie con relais a impedenza; III - *B* - 19 dal titolo « Le caratteristiche delle macchine elettriche funzionanti su lunghe linee di trasmissione dal punto di vista del costruttore e dell'esercente », presentato dall'ing. *Frediani*; il rapporto dell'ing. *Maggi* (III - B 16) sullo stato attuale del problema degli interruttori; quello dell'ing. *Palestrino* (III - B - 12) che riferisce i risultati pratici ottenuti misurando le perdite per effetto corona su linee del gruppo S.I.P.; infine il rapporto III - B - 13 dell'ing. *Santuari* sul trasporto di energia con corrente continua ad alta tensione. Potremo anche lasciar di parlare del rapporto del prof. *Lampis* (III - B - 14) che descrive un metodo grafico per la determinazione delle correnti di c. c. in una rete ad anello chiuso alimentata in più punti, trattandosi del rimaneggiamento di un articolo già pubblicato sulle nostre pagine (1).

La discussione dei rapporti è cominciata nella seduta antimeridiana del 9 luglio, sotto la presidenza del Principe *Ginori-Conti* (Italia). Prima dell'inizio della seduta il sig. *Niesz*, Membro del Comitato di Direzione della UNIPEDE, ha rivolto un saluto al Presidente, ringraziandolo e felicitandolo per la conferenza sugli impianti geotermici della Toscana.

Ha preso quindi la parola il relatore generale ing. *Palestrino* (III - B - 1) che ha riassunto i lavori dei relatori assenti, e ha tracciato un quadro d'insieme di tutti i rapporti presentati sotto gli auspici della UNFIEL. L'oratore ha preso lo spunto da alcuni di tali rapporti per esporre le sue vedute specialmente sulle questioni degli interruttori per alte tensioni, delle correnti di c. c. negli impianti, del trasporto a corrente continua, che ha definito problema dell'avvenire, e delle sovratensioni e protezioni relative. A questo riguardo ha insistito sui vantaggi offerti dal filo di guardia, vantaggi che forse non sono ancora abbastanza noti e apprezzati e ha riferito numerose notizie interessanti relative ad impianti da lui studiati o comunque a lui noti. Concludendo ha ricordato come almeno alcuni degli argomenti del programma da lui proposto non abbiano ancora trovato una soluzione definitiva e ha insistito sull'opportunità che gli esercenti che dispongono di dati relativi a qualche problema interessante li mettano a disposizione dei tecnici, aiutando così gli studi teorici con la loro esperienza pratica.

L'ing. *Decry* ha quindi riassunto il suo rapporto statistico (III - B - 6) sui danni causati dal fulmine in una regione francese sia sugli alberi, le linee e gli uffici telefonici e le case in luoghi lontani dalle reti di distribuzione dell'energia elettrica, sia su reti già costruite ma non ancora in servizio o in servizio ma non in tensione (interruzioni per manutenzione) o infine in servizio. La maggior parte della relazione si riferisce a reti di distribuzione a b. t. ma sono citati anche alcuni casi di fulminazioni su linee ad alta ed altissima tensione. Si è constatata una certa regolarità nei punti colpiti dal fulmine in una determinata regione; si è anche rilevato che il fulmine non produce da solo, in generale, avarie sul materiale delle centrali e sottostazioni: i danni sembrano in genere provocati da c. c. o messe a terre della rete.

Il rapporto dell'ing. Decry è stato per affinità di argomento discusso con quello dell'ing. *Artini* (III - B - 10) pure riassunto

(1) *L'E. E.*, Ottobre 1931 pag. 855 e Novembre 1931 pag. 989.

dall'A. Più che una discussione veramente si è avuta da parte di alcuni presenti comunicazione di dati sulle protezioni: il sig. *Meyer* ha riferito sui risultati soddisfacenti ottenuti con fili di guardia e ha ricordato le esperienze di Peek con uno o più fili di guardia; l'ing. *Palestrino* ha pure comunicato dati in proposito; ha parlato poi degli anelli di protezione per le catene di isolatori, che sono efficaci ma devono esser costruiti con le dovute avvertenze (grande diametro, tubi grossi ecc.) e del funzionamento con neutro a terra; il sig. *Scoumanne* ha portato dati sulla protezione degli impianti a b. t. ecc.

L'interessante rapporto, di carattere strettamente tecnico, dell'ing. *Guery* (III - B - 5) studia gli effetti della messa a terra del neutro nei differenti tipi di trasformatori a flussi dipendenti o indipendenti e precisamente la ripercussione sul loro funzionamento generale della messa a terra di una fase e la formazione delle armoniche in servizio normale e con una fase a terra. Il relatore arriva a conclusioni pratiche sulla scelta del tipo più opportuno di trasformatore, scelta che dipende sopratutto dal collegamento elettrico degli avvolgimenti e dalla forma del circuito magnetico; infine espone i diversi accorgimenti atti a rimediare agli inconvenienti di alcuni tipi di trasformatori quando il neutro è a terra. Tali sono p. es. l'uso di relais selettivi basati sul principio della dissimetria, la riduzione dell'induzione nel circuito magnetico dei trasformatori Y/Y e la creazione di circuiti terziari collegati a triangolo nei quali possono circolare le correnti di armonica tre e multipla di tre.

In assenza dei relatori non furono riassunti i rapporti III-B-14 17, 7 e 13 degli ingg. *Lampis, Caminiti* e *Santuari*; invece i rapporti III - B - 18 e 19 furono riassunti rispettivamente dagli ingg. *Faletti* e *Frediani*. Il rapporto dell'ing. *Josse* (III - B - 4) che svolge più in generale l'argomento delle sovracorrenti trattato anche dall'ing. Faletti, ricorda anzitutto che in seguito allo sviluppo sempre maggiore delle interconnessioni si è presentato con maggior evidenza il problema di ridurre gli inconvenienti delle sovracorrenti prodotte da corti circuiti nelle reti. I mezzi adottati sono principalmente la predisposizione più opportuna dello schema dei circuiti, l'installazione di opportune resistenze o reattanze, l'adozione di impianti a fasi separate e infine l'impiego di apparecchi limitatori di intensità. Il relatore insiste sulla necessità di preservare la stabilità dinamica di funzionamento delle reti col diminuire la durata delle sovracorrenti mediante relais ad azione rapidissima. Indica i migliori sistemi di protezione secondo che si tratti di reti aeree o in cavo, di grande potenza o di distribuzione e mette in evidenza l'importanza dei rilievi oscillografici per lo studio esatto degli incidenti di esercizio.

Tutti questi rapporti son passati senza discussione.

Sull'argomento degli interruttori, oltre quello già accennato dell'ing. *Maggi* (III - B - 16) che è stato riassunto dall'ing. *Artini*, si è avuto quello dell'ing. *West* (III - B - 11). Premesso che oggi è prematuro parlare di risultati di esercizio degli interruttori ad acqua e ad aria compressa, il relatore ha esposto i pareri in materia sia suoi personali che raccolti presso numerosi esercenti. In ciò d'accordo col relatore precedente, l'ing. *West* ritiene giustificata una parola di difesa per gli interruttori in olio, malgrado gli inconvenienti generalmente lamentati che essi presentano ma che spesso non son dovuti a difetto intrinseco; d'altronde gli interruttori moderni sono notevolmente perfezionati dal punto di vista tecnico. Nei riguardi degli interruttori senz'olio, si può dire che i tipi ad acqua han dato finora risultati soddisfacenti sopratutto per le tensioni medie e che essi richiedono ancora numerosi perfezionamenti, mentre i tipi ad aria compressa non hanno ancora avuto impiego tale da poter fornire dati d'esercizio interessanti.

L'oratore, riferendosi a un punto del rapporto Maggi, ha osservato poi che se la distruzione dei passanti degli interruttori per effetto di sovratensioni serve a proteggere il macchinario a monte, si può dire che il loro sacrificio è stato opportuno. I sigg. *Meyer, Blanchart, Scoumanne* ecc. hanno poi riferito su incidenti di esercizio capitati con interruttori in olio; il prof. *Stefanescu-Radu* ha comunicato che recentemente in Rumenia si è decisa l'installazione di un gruppo di interruttori ad espansione, il cui prezzo differiva poco da quello degli interruttori in olio; l'ing. *West*, rispondendo ai precedenti oratori, ha riaffermato che spesso i guasti degli interruttori in olio non sono da imputarsi all'apparecchio ma al fatto che la loro capacità di interruzione non è proporzionata all'importanza della rete e che su questa non esistono dispositivi opportuni per la limitazione dei corti circuiti; infine il sig. *Rich* ha ricordato i vantaggi dell'apparecchiatura blindata.

La relazione del sig. *Laporte* (III - B - 8) sull'interconnessione delle reti elettriche ha vivamente interessato i presenti per il suo duplice carattere tecnico e pratico, e a ragione il *Presidente* ha rilevato che l'argomento meriterebbe un Congresso a sè solo. Disgraziatamente invece, avanzandosi l'ora, la discussione è stata strozzata e il relatore ha dovuto accontentarsi di riassumere molto brevemente il suo lavoro. Egli ha esaminato i varî modi possibili di effettuare il collegamento di reti di trasporto e di distribuzione, sopratutto nei riguardi delle condizioni per scambi di energia. Siccome queste condizioni non dipendono dai valori della tensione e della corrente reattiva, non ha trattato nè della regolazione della tensione nè della ripartizione della corrente reattiva, questioni che d'altronde egli ritiene già praticamente risolte; ha invece trattato della regolazione della frequenza e del carico. I varî sistemi di interconnessione sono stati esaminati tanto per le modalità tecniche che per la contabilità dell'energia. Secondo il relatore, per l'aumento di potenza totale delle reti interconnesse la frequenza tende a diventare quasi assolutamente costante; i vantaggi cospicui dei collegamenti fra reti indipendenti non devono pertanto essere limitati dalla potenza totale in giuoco.

L'ing. *Palestrino* riassumendo il suo rapporto speciale (III-B - 12) ne ha preso occasione per ringraziare l'on. Ponti che ha permesso che sugli impianti della S.I.P. venissero eseguite le prove e misure descritte, finora uniche forse in Europa.

L'ing. *Blanchart* nel suo rapporto sull'isolamento delle linee ad alta tensione soggette a nebbie (III - B - 22) esamina specialmente i fenomeni dovuti alla coesistenza di nebbia con forti depositi salini o di polveri conduttrici sugli isolatori e, secondariamente, quelli dovuti alla contemporaneità di nebbia e di forti geli. Per il primo caso il rimedio più efficace sembra consistere nell'uso di isolatori sospesi a bagno d'olio; altrimenti bisogna ricorrere a lavaggi, sostituendo anche gli isolatori con altri per tensioni superiori. Gli effetti di nebbia e gelo combinati si fan sentire non tanto sugli isolatori quanto sui conduttori; ad ogni modo, i danni son meno gravi che nel primo caso.

A questa affermazione ha contraddetto il sig. *Niesz*, rilevando come p. es. nelle Alpi la coesistenza di ghiaccio con nebbia produca dei depositi che provocano disastri ben maggiori. La differenza di vedute degli oratori si spiega d'altronde con la differente natura dei rispettivi paesi (Svizzera e Belgio). Ha interloquito anche il sig. *Rich*, ricordando i provvedimenti adottati in Inghilterra, dove il problema della nebbia si presenta particolarmente grave.

Sulla continuità del servizio ha riferito anche quest'anno il sig. *Uytborck* (rapporto III - B - 21) che nell'esporre in riassunto il suo lavoro ha ricordato come esso sia stato preparato sulla scorta delle risposte pervenute a un questionario, che era stato diramato con l'approvazione del Comitato di Direzione dell'UNIPEDE. Il relatore ha proposto che del fattore «durata» di una perturbazione si tenga conto moltiplicando la potenza interrotta per il logaritmo decimale della durata dell'interruzione in minuti, intendendosi che ogni interruzione di durata inferiore a 10' sia registrata come avente tale durata; per caratterizzare l'insieme delle interruzioni di un anno si farebbe la somma di tali prodotti. Il relatore ha proposto anche regole per la determinazione di dati numerici e grafici che permettano all'esercente, alla fine di ogni anno, di afferrare di colpo i principali caratteri della continuità del servizio e di confrontarli istantaneamente agli stessi elementi relativi a un periodo anteriore.

In fine della seduta è stato riassunto il rapporto III - B - 20 degli ingg. *Ramelot* e *Poma* che descrive le reti a 50/70 kV e le sottostazioni e cabine relative a una Società belga d'elettricità. Nella relazione sono anche riferiti alcuni risultati d'esercizio.

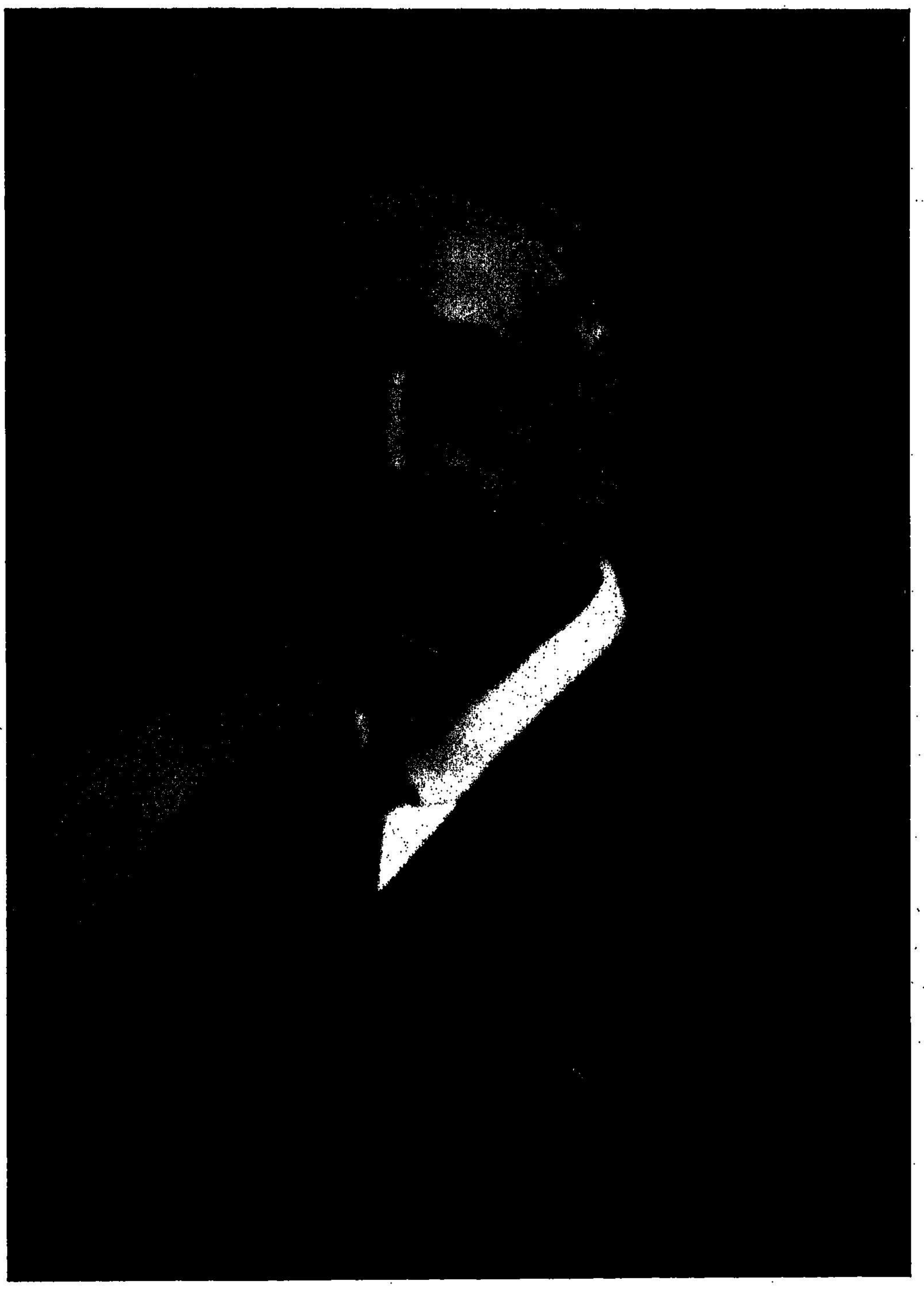
M. A.

(*Continua*).

# L'Ing. Alberto Lodolo

A meno d'un anno dalla perdita di uno fra i Suoi più validi collaboratori, il compianto Ing. Fano, il 30 Luglio è mancato ai vivi l'Ing. Alberto Lodolo.

Anch'Egli dopo dolorosa malattia, e quando più necessaria era la Sua opera, la quale si svolse durante più di trent'anni attiva e diritta, volta sempre ai più nobili fini.



Egli fu Ingegnere elettrotecnico, industriale, finanziere, agricoltore. Iniziò la Sua carriera come costruttore e direttore d'impianti elettrici, e l'industria elettrica rimase sempre la sua prediletta.

Laureatosi ingegnere a Torino nel 1900, dopo breve tirocinio fatto ad Alpignano presso la « Cruto » entrò nel 1902 alla Società Napoletana Imprese Elettriche. Quì fece subito manifeste le sue eccezionali qualità, tanto che pochi mesi dopo l'assunzione ebbe l'incarico di riorganizzare il Gruppo degli impianti pugliesi.

Chi ricorda gli impianti di quei tempi sa bene che un simile incarico esigeva qualità che rasentano l'eroismo. L' Ing. Lodolo seppe adempiere con intelligenza e spirito di sacrificio l'incarico ricevuto.

Nel 1905, contemporaneamente al passaggio degli impianti Pugliesi al Gruppo Adriatica, l'Ing. Lodolo lasciò la Napoletana per passare a Livorno, ove ebbe l'incarico di dirigere la Ligure Toscana, da non molto fondata da Luigi Orlando e dal Gruppo Odero. La « Selt » di allora aveva un milione di capitale ed un modesto impianto nella città di Livorno. Sotto la direzione Sua la « Selt » si accrebbe lentamente ma senza interruzione fino ad estendere la sua influenza e le sue reti a quasi tutta la Toscana.

Venuta la guerra Egli diede impulso alle costruzioni idroelettriche nella Valle del Serchio, iniziate poco prima: e fu anche in parte merito della « Selt » se i grandi stabilimenti metallurgici di Livorno, di Campo Tizzoro e di Garfagnana poterono validamente munizionare l'esercito contribuendo alla vittoria.

Nel 1925 l'Ing. Lodolo si pose a capo di un importante organismo finanziario, sistematosi nell'odierna holding « La Centrale » che controlla l'intera industria elettrica Toscana nonchè il gruppo romano (già « Gaselet »). « La Centrale » è il terzo per importanza in Italia, dopo la «Edison» e la « Sip », fra i grandi gruppi, con circa 1300 milioni di lire di capitale controllato.

Ma già parecchi anni prima Egli era stato chiamato alla carica di Amministratore Delegato del Credito Italiano, del quale più tardi fu Vice-Presidente. Fu pure Presidente dell'« Ansaldo » ed era attualmente Amministratore di numerose Società, fra le quali, oltre la « Selt » e la « Valdarno », la « Edison », la « Meridionale », la « Sicilia ». Era anche Vice Presidente della « Unfiel ».

A Lui è dovuta la creazione della « Sarda ». Egli fu pure fino dal 1910 l'animatore delle Bonifiche in Sardegna che oggi, coll'aiuto del Governo Nazionale, la « Sarda » sta sviluppando. Una vasta Azienda agricola fu pure fondata da Lui in Tripolitania.

Fino dal 1924 promosse la creazione della «Società Telefonica Tirrena», importante organismo che ha in concessione la IV Zona, con la Città di Roma.

Affabile e modesto, di raro equilibrio e profondamente onesto fu fratello e padre pei Suoi dipendenti: pei figli dei quali creò importanti opere assistenziali all'Abetone ed al mare.

Al funerale, tenutosi a Genova il 1° Agosto, accorsero in gran numero e con sincero dolore amici, ammiratori e beneficati da ogni parte d'Italia, oltre ai Rappresentanti di tutta l'Industria elettrica, delle Banche, delle Società Telefoniche ecc.

La nostra industria perde in Lui uno dei suoi maggiori Esponenti ed un affezionato animatore. Il nome di Lui, che tanto l'amò e tanto fece per essa in vita, rimarrà a lungo nel cuore di quanti ad essa dedicano la loro attività: e tutti avranno sempre presente e caro il ricordo e l'esempio della Sua nobile vita.

*L'E. E.*

# FATTI E TESTIMONIANZE

## La crisi e la disoccupazione - Cause e rimedi

(ZIBALDONE DI UN SOLITARIO)

Nell'intervista accordata alla *United Press*, e riprodotta dal *Popolo d'Italia* del 29 giugno u. s., il Senatore Agnelli non tanto si preoccupa della crisi quanto della disoccupazione. Ridurre ed eliminare la disoccupazione, egli dice, è l'imperativo categorico della situazione. Ma la disoccupazione è la causa o l'effetto della crisi? La domanda può sembrare puerile; tuttavia è palese che se fosse esclusivamente l'effetto, sarebbe meglio eliminare, o in ogni modo consigliabile tentare di eliminare, la causa.

Ma il pensiero di Agnelli su questo punto non poteva essere che complesso, essendo più che complicato il problema da risolvere. Quando dichiara essere la disoccupazione la piaga purulenta che la crisi ha aperto nel corpo sociale, dimostra di considerarla come il più grave di tutti gli effetti, tanto grave da farne questione di umanità e di civiltà, prima ancora che di economia. Cominciamo a far lavorare i disoccupati; poi ci accorgeremo che avremo bene operato, anche secondo i principii dell'economia, sembra egli dire.

È qui che appare meglio la complessità del pensiero di Agnelli, secondo il quale curando l'effetto, si viene anche ad attutire la causa; ed è sotto questo aspetto che si può esaminarlo. Ma procediamo per gradi.

Sul movente sentimentale e sociale della sua proposta: eliminare la disoccupazione, non ci può essere se non plauso e consenso. Del resto i sussidii ai disoccupati, l'esecuzione anticipata od accelerata di lavori pubblici non necessarii, e tutte le provvidenze della carità pubblica e privata, rampollano dalla stessa interpretazione della solidarietà umana; e non si può negare che adempiano al loro scopo in modo e misura se non perfetti, certo considerevoli ed efficaci.

Neanche sul criterio di dare ai disoccupati la stessa retribuzione degli occupati si può dissentire *quando si astragga dalle ripercussioni di questo provvedimento*. Niente di più bello cristiano e perciò meritorio, che pensare di ridurre le ore di lavoro, mantenendo costanti le retribuzioni settimanali e mensili, cosicchè i disoccupati non vengano a gravare sugli occupati. Niente anzi di più perfetto. Teoricamente, infatti, il nuovo sistema di sussidiare i disoccupati, realizzerebbe la migliore possibile risoluzione del problema, *perchè ogni capo famiglia come ogni lavoratore riceverebbe suppergiù quanto guadagnerebbe se non ci fosse la disoccupazione ;* mentre coi sistemi adottati dalla carità pubblica e privata, la distribuzione livellando i disoccupati, crea sperequazioni dolorose, sopratutto per non poter essa tener conto del diverso valore produttivo dei sussidiati.

Fin qui dunque, cioè fino a considerare l'assunzione dei disoccupati come un sostitutivo del metodo dei sussidii, si potrebbe anche essere d'accordo con il Senatore Agnelli e con coloro che prima di lui hanno proposto allo stesso scopo la riduzione d'imperio delle ore di lavoro, senza riduzione della paga settimanale. Ma su chi ricadrà immediatamente, e su chi poi mediatamente, l'onere di una simile riduzione d'imperio delle ore di lavoro? Quali effetti presumibilmente ne sortiranno? E quali beneficii se ne potranno logicamente attendere? Ecco alcune domande legittime, alle quali ho tentato per conto mio di rispondere, spinto dal dovere di fare ogni sforzo, prima di accettare una così sconcertante novità, per prevederne le ripercussioni.

La prudenza politica infatti, come del resto la prudenza senza aggettivi, consiste sopratutto nel tentare di prevedere quanto più lontano e più esattamente possibile nell'avvenire, le conseguenze dirette e indirette delle decisioni presenti. Un giocatore di bigliardo è appena un principiante, se vede il primo rimbalzo delle biglie; il vero giocatore vede, come se fossero tracciate materialmente sul panno verde, non la seconda, bensì la terza, la quarta riflessione, ed anche oltre, fino ad esaurimento del colpo giocato.

Ebbene su tutti quegli interrogativi, Agnelli è tanto ottimista quanto oscuro e conciso. Davanti all'obiezione che assumere e pagare personale « *inutile* » vuol dire aumentare il costo dei prodotti, egli si spinge fino a trovare, che se l'aumento *assoluto* è innegabile, è però anche vero che il costo dei prodotti e dei servizi di un'impresa economica qualsiasi aumenta secondo una *percentuale* minore di quella con la quale cresce il costo del personale; per poi profetizzare che appunto la differenza fra le due percentuali è l'araba fenice, la fata morgana (definitela come vorrete voi) che farà il gran miracolo di trasportarci (non dice di colpo, anzi dice col tempo) in un mondo di maggiore e crescente benessere economico.

Ecco: non si può nascondere che la risposta sia un po' troppo scheletrica, per calmare le apprensioni legittime di chi è responsabile della gestione di imprese economiche in regime capitalista. Ad un temperamento impaziente e focoso verrebbe la voglia di gridare, giunto a questo punto: ma Agnelli ha risolto il problema del moto perpetuo ! Se, *aumentando* l'aliquota rappresentata dal lavoro umano nel costo di un prodotto si aumenta il benessere, o (diciamo pure con maggiore prudenza) se così procedendo si creano le condizioni necessarie o almeno favorevoli all'inizio di un processo di accrescimento del benessere, o perchè tante generazioni di studiosi e di uomini d'iniziativa si sono tanto affaticate e si dedicano tuttora a inventare ed applicare ordigni e procedimenti che raggiungano proprio il risultato contrario, *diminuiscano* cioè l'incidenza del lavoro umano sul costo dei prodotti? O perchè, ad esempio, S. E. Serpieri si prodiga per tentare di elettrificare l'agricoltura, ossia diminuire ancora il numero dei contadini occorrenti a coltivare i nostri campi? O perchè perfino il Senatore Agnelli fa tanta propaganda a favore dei suoi trattori a petrolio?

Ma chi è impaziente frena questi impeti d'incredulità sintetica, e si sforza di procedere analiticamente, memore che le vere conquiste tecnico-economiche sono tutte basate sull'ana-

lisi, mentre le sintesi sono spesso fallaci, anzi tanto più lo sono quanto più rampollano dall'entusiasmo, ossia dalla fretta di concludere per semplice intuizione.

Dunque ragioniamo: la riflessione ulteriore non sarà affatto sprecata. Intanto è certo che l'applicazione di un nuovo meccanismo o procedimento, per solito, non riduce soltanto *la quantità* di lavoro umano incorporato nel prodotto, ma ne riduce anche *la qualità*, perchè sovente esige minore abilità individuale; spesso poi accade che migliora *la qualità del prodotto*.

Questi risultati rimarrebbero acquisiti al vivere civile, anche se ci si accontentasse di ottenere dal nuovo trovato una porzione solamente dell'economia di personale che esso consentirebbe. Sembra dunque veramente questa la sola ragione atta a spiegare e giustificare, anche dal punto di vista razionale, la proposta del Senatore Agnelli. La quale contrasterebbe invece alle ragioni prime del progresso tecnico ed economico, cui giustamente egli protesta il suo ossequio e dichiara la sua fede, se invece fosse spinta a rinunciare *del tutto* al risparmio di lavoro umano con esso realizzabile.

Resta dunque assodata una prima conseguenza logica del sistema proposto: il rincaro dei prodotti, il quale tuttavia non basterebbe a spaventare nessuno che abbia conoscenza anche superficiale dei fenomeni economici. Può sembrare paradossale, ma non è la prima, nè sarà l'ultima volta, che si invochi il rincaro dei prodotti per uscire dalla depressione economica. La periodicità delle crisi sembra anzi avere questa caratteristica costante e comune: che il periodo di benessere coincide con quello dei prezzi alti. Ed uno dei più inquietanti aspetti della verità sembra appunto essere questo: che tanto maggiore è l'abbondanza e il buon mercato dei prodotti, tanto maggiore è la disoccupazione e più stentata la vita di vastissimi strati della popolazione civile. Si sarebbe quasi tentati di credere che niente più dell'abbondanza sia sinonimo di miseria, mentre forse il fatto dipende dalla fatale maggiore complicazione e difficoltà del problema di distribuire i prodotti, in confronto del problema di ottenerli (1). Sicchè da questo punto di vista la riduzione delle ore della settimana lavorativa non sarebbe che un abile ingegnoso espediente per tentare l'inizio di un periodo di prezzi crescenti, ossia d'inflazione.

Ma intanto questo tentativo, se non fosse graduale, potrebbe aumentare le difficoltà economiche e finanziarie delle aziende in genere, fino al punto da mettere in serio imbarazzo tutte quelle imprese nelle quali la spesa di personale rappresenti una frazione notevole del costo del prodotto o del servizio. Il salto da 48 a 36 ore settimanali dovrebbe dunque rendersi, almeno, meno brusco ricorrendo per es. ad un paio di scaglioni intermedi. In tutte le aziende a servizio pubblico poi (ferrovie, tramvie, telefoni, gas, elettricità, ecc.) si dovrebbe *simultaneamente* far luogo ad un aumento delle tariffe. Senza questo accorgimento, le industrie aventi prezzi e tariffe vincolati da impegni pubblici o privati, a scadenze più o meno lontane, per fornitura a consegna differita, diventerebbero nuovamente, come nel periodo della svalutazione monetaria, le vittime di tutte le altre forme di attività economica, le quali in generale possono stabilire di volta in volta ed a loro esclusivo giudizio, i prezzi dei loro prodotti, come le industrie manifatturiere, il commercio, l'agricoltura, ecc. Resterebbe infine da esaminare se estendere o meno il provvedimento della riduzione dell'orario di lavoro anche agli enti pubblici (Stato, provincie e comuni) nei quali essa porterebbe a risultati non certo desiderati; alle imprese gestite direttamente dallo Stato (per es. ferrovie, poste e telegrafi e telefoni e tabacchi); ecc.

(1) Il Brasile ha mandato ad affondare al largo il caffè esuberante, perchè anche destinandolo a sostituire il carbone non si riusciva a sgombrare i depositi dai cumuli enormi di un prodotto che gli europei pagano fior di quattrini! E si sa che i coltivatori di cotone degli S. U. d'America hanno seppellito un filare su tre della fibra utilissima!

Si sono fatte queste osservazioni per mostrare le difficoltà applicative dell'imposizione suggerita ai governi dal Senatore Agnelli. Ma giunti a questo punto, resterebbe pur sempre da soddisfare la più legittima, la più sostanziosa di tutte le curiosità. Quali vantaggi reali deriverebbero al mondo dall'attuazione di quella proposta? Anzi, invece dei vantaggi, non potrebbero nascere danni, o almeno pericoli di danni gravi, forse irreparabili per un lungo volgere di anni? È qui che (non se l'abbia a male l'autore) anche il suo spirito penetrante non sembra abbia veduto nè chiaro nè a fondo, nell'avvenire prossimo. Non basta a mio parere accertare che la percentuale di cui aumenta la spesa per il personale è maggiore di quella che rappresenta l'accrescimento nel costo del prodotto, per affermare senz'altro che da questa differenza nascerà un fattore favorevole alla risoluzione della crisi. Per quale processo? È sul *modo* che bisognerebbe preventivamente illuminarci e persuadere, senza di che è legittimo temere che la proposta costituisca un vero salto nel buio. Costringiamoci ancora a un po' di analisi.

Una qualsiasi azienda che abbia aumentato complessivamente di $x$ lire la propria spesa per il personale, dovrà necessariamente accrescere di $x$ lire i propri introiti, *rialzando* a tale scopo di quanto occorre il prezzo dei suoi prodotti e servizî. Che questa indiscutibile necessità sia estesa a **tutte** le aziende; e ne verrà come conseguenza che la massa dei consumatori (compratori di prodotti e utenti di servizî) dovrà teoricamente pagare *in più*, non in via percentuale ma in via *assoluta*, esattamente quanto incasseranno i disoccupati riassunti.

Questi ultimi dunque avranno bensì risentito un vantaggio ed anche sensibile, ma tale vantaggio sarà stato teoricamente equilibrato dal danno correlativamente sofferto dal personale che non era disoccupato, cioè dalla maggioranza della intera popolazione. Su questa infatti deve essere ricaduto necessariamente il maggior costo unitario dei prodotti di cui abbisogna; e se i disoccupati fossero il decimo degli occupati (Agnelli suppone il terzo, ma certamente esagera se si considera l'intera popolazione) dieci undicesimi delle paghe fatte ai primi cadrebbero a carico degli ultimi.

In altre parole, se è vero (come dice Agnelli) che il potere d'acquisto dei disoccupati riassunti in servizio sarebbe aumentato, è altrettanto vero che verrebbe necessariamente diminuito il margine attuale a tutto il rimanente della popolazione, la quale dunque *vedrebbe* e *sentirebbe* aumentare il costo della vita.

Ma dalla teoria alla pratica c'è notevole divario. Non è facile prevedere di quanto aumenti il costo della vita per il consumatore, quando aumenti di una determinata percentuale il costo dei prodotti *alla loro origine*. Per un fenomeno economico inevitabile nella distribuzione delle merci, è, più che probabile, certo che *l'aumento percentuale* fatto dal produttore, per strada, attraverso grossisti rivenditori e dettaglianti, e i rischi e le spese relative alla distribuzione, si ritrovi moltiplicato per tre o per quattro quando arriva ai consumatori! È certo dunque che, fors'anche a breve distanza di tempo, l'aumento del costo della vita, conseguente alla riduzione d'imperio delle ore di lavoro, determinerà i lavoratori a domandare.... l'aumento delle retribuzioni; e che l'aumento richiesto sarà percentualmente maggiore di quello determinatosi nei prodotti all'origine.

Ora, poche osservazioni. Le aziende economiche italiane, a qualunque categoria appartengano, stanno attraversando un periodo di crisi più o meno grave, che non si sa quanto durerà, nè se potrà essere arrestato, per molte, prima del peggio. Sembra proprio ben scelto il momento per lanciarle tutte in un'avventura, come quella che indubbiamente seguirebbe a una seconda riduzione d'imperio delle ore di lavoro, così e come avanzata dal Senatore Agnelli? Sembra proprio questo il procedimento ideale per aiutare a risolvere la crisi: aumentare le apprensioni e le preoccupazioni e ingigantire le difficoltà delle aziende, sconvolgendo nuovamente rapporti faticosa-

mente stabiliti e purtroppo ancora instabili fra le varie categorie di produttori e fra queste e il loro personale, anzi riaprendo a due battenti la porta alle richieste della maestranza e degli impiegati? mentre non è escluso che il mondo stia ancora scontando gli effetti dell'altra riduzione di lavoro, tuttora evidenti e gravi in molti campi, quali ad esempio l'agricoltura e le aziende di trasporti? mentre la più vigile attenzione non riesce a rimediare ai danni derivati da altre cause generali gigantesche: il nazionalismo e quindi il protezionismo eccessivo; l'eccesso di immobilizzi; la rivalutazione dell'oro; la diminuzione dei consumi, per citarne taluna fra le preminenti? mentre sembra perfino implicita nella proposta Agnelli la necessità di una nuova inflazione, col bel risultato di aggiungere mali nuovi ai mali della perdurante instabilità delle monete?

Che ci sia errore nel mio modesto tentativo di analisi può darsi, perchè non ho uno spirito molto penetrante in profondità, e se non vede chiaro s'impunta e s'arresta. Ma confesso di non distinguere il mio errore, nè tanto meno vedo quale diverso ragionamento possa condurmi a trovare che, invece di un bene, come vorrei, la proposta Agnelli non sia un vaso di Pandora ricolmo di tutti i mali.

Per quanto maiuscole siano le difficoltà dell'ora, non si dovrebbe dimenticare che, se la cura razionale della crisi è un mito, tante e così complicate ne sono le cause, certo è almeno che le ultime conseguenze della medesima ricadono già per loro conto, e per legge inesorabile, sul capitale, inteso nel senso di risparmio impiegato in imprese economiche anche sotto forma di finanziamento e quindi non soltanto sotto forma di capitale azionario. Non si dovrebbe sentire dunque nessun bisogno di sconvolgere e falsare questo procedimento, mediante intromissioni più o meno volonterose, certo sempre molto discutibili.

Se il capitale (e quando dico capitale intendo, ripeto, tutto il risparmio direttamente o indirettamente investito nelle aziende economiche, provenga esso a fiotti dai ricchi o a rivoli ed a goccie dal ceto innumere dei modesti risparmiatori) se il capitale ha questo destino: liquidare esso la crisi, sopportando le perdite causate dagli eccessi e dagli errori compiuti, anche in buona fede, per fatto della guerra e per cause molteplici che qui non preme nè elencare nè indagare, gli si conceda almeno il tempo e il diritto di lasciare agire la natura, così e come fanno i medici saggi, davanti a malattie troppo complicate per poterle catalogare fra quelle note.

E nel nostro caso lasciare agire la natura vuol dire per mè: da un lato non turbare con nuove e diverse ragioni di inquietudine, il processo di ripartizione in atto (fra il capitale propriamente detto e il finanziamento di cui ha fruito) delle perdite sopravvenute nella gestione di gran parte (non si dice per fortuna della totalità) delle imprese economiche; e d'altro lato, lasciare agli enti pubblici ed all'iniziativa dei singoli la cura di rendere meno penosa la crisi alla massa dei lavoratori disoccupati; sopratutto perchè, storicamente parlando, la disoccupazione non è imputabile nè solo nè principalmente ai datori di lavoro, ma è una inevitabile dolorosa conseguenza dei fatti, se non si vuol dire degli errori, **di tutti.** L'accumularsi del nuovo risparmio, per quanto lentamente avvenga, è il solo medico capace di guarire la crisi.

Questa è la mia opinione. Non mi è tuttavia ignoto che la psicologia collettiva è una foresta vergine talmente intricata di viluppi e di contradizioni, così piena di misteri e di miracoli, che può darsi benissimo che l'unico modo di fare economia sia.... quello di spendere di più; e l'unico modo di acquistare la tranquillità.... quello di lanciarsi in nuove avventure. Spero tuttavia ardentemente che gli uomini responsabili delle decisioni da prendere non siano di questo parere.

*i. g. m.*

# DIRITTO E GIURISPRUDENZA

**Tassa di registro - Società - Rivalutazione monetaria di attività patrimoniali - Conseguente aumento di capitale - Intassabilità - R. D. 30 dicembre 1932, n. 3269, art. 4 e 8 - Parte I, art. 81 e 85.**

MASSIMA

*di capitale sociale operato in conseguenza della revi- ·ria dei valori di bilancio delle attività patrimoniali ·ella differenza emersa da tale revisione non è soggetta gistro, perocchè il plusvalore derivante dal deprezza- moneta, essendo soltanto apparente, non costituisce z effettiva; onde manca l'oggetto del fenomeno econo- :o di trasferimento, che la legge tributaria colpisce.*

assazione del Regno, I Sez. Civ. (Montalenti Pres.; at.; Gaetano, p. m. concl. conf.) 23 aprile-28 maggio ZE contro Soc. AN. NEBIOLO.

FATTO

raio 1925 l'assemblea generale della Società Ano- o deliberò di procedere alla rivalutazione delle at- ıoniali per modificazioni dei valori, insieme al con- nento di capitale sociale da 20 a 25 milioni di lire, ento si sarebbe dovuto eseguire coll'elevare il valore lle 100.000 azioni, costituenti il capitale stesso, da 250 ciascuna: in pari tempo deliberò di procedere aumento del capitale da 25 a 40 milioni di lire, ·missione di 60.000 azioni nuove alla pari, cioè a una, da farsi con le modalità all'uopo stabilite.
lel Registro liquidò sul primo aumento del capitale tassa di L. 100.000 in base all'aliquota del 2% sta- t. 81 lett. *b*, della tariffa annessa alla vigente legge. à reclamò sostenendo non dovuta la tassa. Il Mini- : in parte il ricorso, ritenendo ciò doversi liquidare base all'aliquota del 0,40% stabilita dall'art. 81 tariffa per gli aumenti eseguiti mediante il conferi- ıaro o di beni mobili. La tassa fu così ridotta a Lire .a Società adì il Tribunale di Torino affinchè venisse on dovere essa alcuna tassa, perchè l'aumento del 20 a 25 milioni non era reale ed effettivo, ma era nz'alcun conferimento di beni.
:a sosteneva invece che bastava il fatto della delibe- aumento a legittimare l'applicazione della tassa; ue l'assemblea aveva posto in essere due operazioni : complementari, cioè la ripartizione fra gli azionisti re attribuito alle attività patrimoniali ed il conferi- le plusvalore da parte degli azionisti in aumento del iale.
ıle con sentenza 4-16 aprile 1930 accolse la tesi della rdinò alla Finanza il rimborso della tassa percetta. za appellò; ma la Corte di Appello di Torino con 15 maggio 1931 rigettò il gravame.
za ricorre in Cassazione per unico mezzo, col quale violazione e falsa applicazione degli articoli 1, 4, 8, Registro 30 dicembre 1923, n. 3269; 81 e 85 annessa e 1ª, allegato A; nonchè degli articoli 39, 146, 164, 89 Codice Commercio, degli articoli 1 e 2 R. D. L. 1927, n. 2325 (pubbl. 2597) in relazione agli articoli 517 Cod. proc. civ.

DIRITTO

one da risolvere consiste nel vedere se sia soggetta ›orzionale di registro la deliberazione dell'assemblea ına società, con la quale, in rapporto all'intervenuto nto della moneta, si procede alla rivalutazione di ità patrimoniali, allo scopo di ottenere una unifica- ·lori, e conseguentemente si aumenta il valore nomi- zioni, chè costituiscono il capitale sociale.

Poichè ambedue le parti richiamano alcuni precedenti giurisprudenziali di questo Supremo Collegio, è opportuno ricordare che nelle sentenze 21 gennaio 1924 Società Alti Forni di Terni-Finanza, 15 maggio 1929 Società Zust-Finanza; 28 luglio 1930 Finanza-Società Eridania, vennero presi in esame casi nei quali erasi verificata una assegnazione ad aumento di capitale di utili non distribuiti, ma portati a riserva.

E nella seconda delle menzionate sentenze quella Corte ebbe a mettere in rilievo come dal caso allora deciso diversificasse essenzialmente quello dell'aumento del capitale, e quindi del valore delle azioni, per semplice sostituzione; nella valutazione delle attività sociali, del valore attuale della moneta al valore prebellico in cui il capitale era espresso.

In questo caso realmente — osservò il Supremo Collegio — la Società nulla ha distribuito agli azionisti; sono rimasti immutati i valori effettivi del patrimonio e del capitale della Società e quindi nessun vero aumento ha avuto il valore delle azioni: un mutamento si è verificato soltanto nell'espressione numerica di tali valori, in relazione alla verificatasi svalutazione della moneta, ma in ciò non è consentito ragionevolmente di scorgere una distribuzione di utili.

Trattasi ora di vedere se questi concetti debbano essere posti a base anche dell'odierna decisione.

La tesi della Finanza può riassumersi in due proposizioni:

1° L'articolo 85 della tariffa annessa alla vigente legge di registro stabilisce l'applicazione delle stesse tasse indicate all'art. 81, cioè della proporzionale in varie aliquote, per l'aumento di capitale in società già costituite.

Ora, quando la Società delibera di portare il capitale da una data cifra ad un'altra più elevata, pone in essere un aumento di capitale, soggetto come tale alla tassa in questione; ed è inconferente ed inammissibile l'indagine sulla natura giuridica della causa di tale aumento.

2° In ogni modo, la deliberazione di trasportare il plusvalore delle immobilizzazioni del patrimonio sociale in aumento del capitale azionario attua il duplice trapasso di detto plusvalore dalla Società ai soci per l'assegnazione e dai soci alla Società per conferimento ed è quindi imponibile l'aliquota proporzionale di conferimento.

In ordine alla prima proposizione, si osserva che, anche a prescindere dall'argomento esegetico, tratto dal richiamo che l'articolo 85 fa all'articolo 81, ove si enunciano i diversi beni che formano obbietto di conferimento nella Società, vi si oppongono i principi generali che regolano la materia in esame.

La ricerca sulla intrinseca natura e sugli effetti dell'atto indipendentemente dal titolo o dalla forma apparente è richiesta dall'art. 8 della legge di registro.

Ma sopratutto occorre rilevare che per l'art. 4 stessa legge la tassa proporzionale si applica alle trasmissioni a titolo oneroso di proprietà, di usufrutto, uso e godimento di beni mobili od immobili, o di qualsiasi altro diritto reale, ed agli atti che contengono obbligazione o liberazione di somme o prestazioni. Donde la conseguenza che l'anzidetta tassa non sia dovuta qualora nell'atto di cui si discute non possa riscontrarsi nè una trasmissione di beni nè una obbligazione di somma. Per procedere alla relativa indagine non è lecito prescindere come vorrebbe la ricorrente, dal contenuto concreto, economico dell'atto per fermarsi alla denominazione giuridica di esso, perchè la legge di registro impone, in corrispondenza della tutela giuridica dello Stato, un tributo proporzionato all'effettiva entità economica dell'affare. D'altro canto, la stessa definizione della natura giuridica di un atto si ricollega normalmente ad una valutazione degli elementi economici che concorrono alla sua formazione.

Venendo pertanto all'esame del secondo punto su enunciato, si osserva che, quando il codice di commercio parla di aumento di capitale, si riferisce ad una effettiva immissione di ricchezza nella Società, sia pure che questa immissione non consista in nuovi versamenti da parte dei soci. Ed il codice ha concesso ai soci dissenzienti da tale deliberazione il diritto di recesso (oggi sospeso, tranne il caso di emissione di azioni privilegiate, per effetto della legge 28 maggio 1925, n. 796) appunto in considerazione della modificazione nell'essenza stessa della Società, che dall'aumento del capitale deriva. Ora ben si comprende che, quando in una Società esistono riserve formate con quegli utili

realmente conseguiti di cui parla l'art. 181 cod. comm. od anche mediante i sovraprezzi di nuove azioni, e tali riserve vengono portate in aumento del capitale, si verifica quel duplice trapasso delle riserve stesse dalla Società ai soci a titolo di dividendi e da questi alla Società a titolo di nuovo conferimento di capitale, quel «passaggio effettivo di ricchezza» che, come già ebbe a rilevare il Supremo Collegio, legittima l'applicazione della tassa proporzionale. Ma non può equipararsi a tale ipotesi quella di cui ora si discute.

Il plusvalore derivante dal deprezzamento della moneta è soltanto apparente, non è una ricchezza effettiva che possa formare oggetto di quel fenomeno economico-giuridico di trasmissione, che la legge tributaria colpisce. Con la deliberazione in esame si è proceduto alla rivalutazione degli immobili della Nebiolo, in conformità al mutato potere di acquisto della moneta, al solo fine di equiparare il criterio di rivalutazione di tutte le categorie dei beni sociali e di impedire che, deliberandosi contemporaneamente l'emissione di nuove azioni, i nuovi sottoscrittori, pagando le azioni con moneta svalutata, venissero a trovarsi in condizione migliore dei vecchi azionisti. Il che comprova che costoro non hanno in realtà ricevuto e trasmesso un maggior valore, e l'operazione in esame è consistita, in sostanza, in un espediente aritmetico per ragguagliare le diverse espressioni monetarie di valori rimasti immutati.

Contro questa argomentazione si sono opposte dalla difesa della Finanza dello Stato alcune obbiezioni, che occorre prendere in esame. Si è osservato che occorre distinguere il capitale dal patrimonio sociale; il primo indica, in cifra esatta, il valore dei beni conferiti all'atto della costituzione della Società e rimane invariato finchè nelle forme di legge non venga aumentato o diminuito, mentre il secondo, essendo il complesso dei diritti di cui è titolare la Società, è continuamente mutevole in dipendenza delle speculazioni e degli affari. Ora la differenziazione dei concetti di patrimonio e di capitale sociale è indiscutibile, avuto riguardo a quella entità giuridica e computistica, che è il capitale *nominale* della Società. Ma, ai fini della odierna controversia, occorre considerare, come già si è detto, non semplicemente se vi sia stato un aumento del capitale nominale, bensì se a questo abbia corrisposto un aumento del capitale effettivo, mediante quel trapasso di ricchezza che si è sopra menzionato.

Si è altresì osservato che il capitale azionario rappresenta in sostanza un debito di somma, che la Società ha verso gli azionisti, e come tale è soggetto alla norma dell'art. 1821 cod. civ., per modo che, essendo la moneta legale con potere liberatorio, che rappresenta l'unità di misura costante in tutti i rapporti giuridici interni — la lira-carta — non è possibile, dal punto di vista giuridico, parlare di deprezzamento della valuta e di differenza tra lira-carta e lira-oro. Donde si trae la conseguenza che la rivalutazione di questo debito della Società pel capitale azionario non possa compiersi in sede di bilancio come una mera operazione contabile, e la corrispondente plusvalenza costituisce una eccedenza dell'attivo sul passivo e quindi un valore al netto ossia un utile, il cui trapasso attua negozi giuridici soggetti a tributo. Ma in verità il capitale azionario non può considerarsi, per la società, come un debito di somma determinata.

Gli azionisti hanno verso la Società quel credito che all'atto dello scioglimento e liquidazione della medesima, corrisponderà alla parte del patrimonio sociale netto, proporzionale alla quota del capitale sociale rappresentata dalle loro azioni (art. 215 cod. comm.). E, nell'ipotesi di recesso, i soci recedenti avranno diritto di ottenere il rimborso delle loro quote od azioni in proporzione dell'attivo sociale secondo l'ultimo bilancio approvato (art. 158 cod. comm).

Pertanto la Società non potrà rimaner liberata dalle sue obbligazioni verso i soci distribuendo loro le somme che corrispondono al valore nominale delle loro azioni: e la differenza tra il valore nominale ed il reale di queste costituisce un elemento di fatto che spiegherà la sua influenza al momento della ripartizione, così come la spiega, durante la vita della Società, per determinare il mutevole prezzo di mercato delle azioni stesse.

Donde la conseguenza che, cambiando l'espressione numerica del valore nominale delle azioni per renderlo adeguato al valore reale della moneta, non si realizza per il socio un guadagno, perchè una effettiva nuova ricchezza non è mai sorta, ma la ricchezza già esistente è stata espressa in una cifra diversa in rapporto al nuovo valore della lira.

Il fenomeno del deprezzamento monetario bene può, nel caso in esame, venire preso in considerazione, perchè attiene appunto all'indagine che, ad avviso del Supremo Collegio, è essenziale al fine della risoluzione della controversia, cioè all'accertamento dell'esistenza o meno di un trapasso di valori. Al contrario la norma dell'art. 1831 cod. civ. è estranea alla specie, in cui la discussione non cade nè può farsi cadere sul potere liberatorio della moneta nei pagamenti di somma di denaro.

Infine la stessa circostanza di fatto che i vecchi azionisti verranno, dopo la deliberazione di cui trattasi, a partecipare agli utili in ragione del nuovo maggior valore nominale attribuito alle loro azioni non può avere importanza: perchè il complesso degli utili non è potuto aumentare per il fatto della eseguita revisione di valori riguardo al patrimonio immobiliare, rimasto immutato nella sua consistenza intrinseca ed economica, e la distribuzione degli utili stessi avviene con criterio uniforme per tutti gli azionisti, vecchi e nuovi.

Tenuto ben distinto il caso attuale da quello di assegnazione ad aumento di capitale di riserve, palesi od occulte, la pronuncia della Corte di Torino appare conforme a legge, e il ricorso va rigettato coi provvedimenti di conseguenza.

P. Q. M.

---

# PRASSI AMMINISTRATIVA

Nella presente rubrica vengono riassunti principii, che hanno carattere generale, ma che vengono affermati dalla giurisprudenza o dalla stessa Pubblica Amministrazione in occasione di specifici provvedimenti amministrativi in materia attinente a derivazione di acque pubbliche a scopo di produzione di energia elettrica o di provvedimenti relativi a servitù di elettrodotto, concessioni di sussidi a impianti e linee elettriche, laghi e serbatoi artificiali ecc. La massima viene desunta dal testo di sentenza o decisione o dal decreto, e dal relativo parere del Consiglio dei LL. PP.; la ricerca del provvedimento testuale è resa possibile ai lettori colle indicazioni della decisione o sentenza — che vengono indicati per ciascuna massima — o della data del decreto — e annesso disciplinare che sono pubblicati nel *Bollettino del Ministero dei Lavori Pubblici* — colla data e numero del relativo parere del Consiglio dei LL. PP. In ogni modo la Direzione della Rivista è a disposizione degli interessati per ogni altra ricerca, richiesta di copie e simili.

La Rivista *L'Energia Elettrica* non ha bisogno di richiamare la importanza di queste massime, che costituiscono precedente giudiziario e amministrativo che vale spesso a risolvere casi pratici controversi, in via di interpretazione giurisprudenziale od autentica attuata in casi analoghi.

Ogni massima ha un numero progressivo che sarà richiamato nell'apposito indice annuale.

267 – *Concessione idroelettrica - Condizioni particolari - Obblighi del titolare nei riflessi della difesa militare.*

Fra le condizioni da inserirsi nel disciplinare di una concessione idroelettrica può essere inserita quella che la ditta concessionaria «si impegna di munire l'impianto di tutte quelle opere precauzionali necessarie ad evitare danni ed impedimenti alla viabilità in caso di incidenti al funzionamento dell'impianto stesso». Tale condizione risultò imposta dall'Autorità militare.

D. R. 21 luglio 1931. Concessione Società Trentina di Elettricità. Derivazione dal fiume Sarca in Comune di Drò (Prov. di Trento). Parere Cons. Sup. LL. PP. N. 1881 del 1923 e N. 26040 del 1921. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1932, p. 77).

268 – *Concessione idroelettrica - Condizioni generali - Applicazioni introdotte nel disciplinare.*

Fra le condizioni generiche o generali, formulate nel disciplinare di una concessione idroelettrica, può esservi quella che la Ditta «concessionaria dovrà rispettare in modo pieno e completo la proprietà dell'Amministrazione stradale e i diritti di pertinenza della stessa e circa l'uso del corpo stradale e dovrà risarcire tutti i danni e gli oneri eventualmente derivati da mag-

# NOTE E RIASSUNTI

## GLI IMPIANTI IDROELETTRICI DEL SAGITTARIO

*Rivista tecnica delle Ferrovie Italiane,* marzo 1932. – Ing. L. Prosperi.

L'articolo tratta degli impianti sul fiume Sagittario, affluente del Pescara, adibiti alla produzione di energia per uso ferroviario e precisamente per l'elettrificazione delle linee dell'Italia Centrale e Meridionale, facenti capo ai centri ferroviari di Roma e di Napoli. In esso sono sommariamente descritte le caratteristiche generali delle opere, con particolare riguardo alla diga ed al pozzo di carico dell'impianto principale.

La diga, chiamata di San Domenico da un santuario ivi esistente, crea un serbatoio di un milione di mc; essa è del tipo ad arco e termina lateralmente con due spalle a gravità, in fregio ad una delle quali sono ricavati gli scaricatori di superficie.

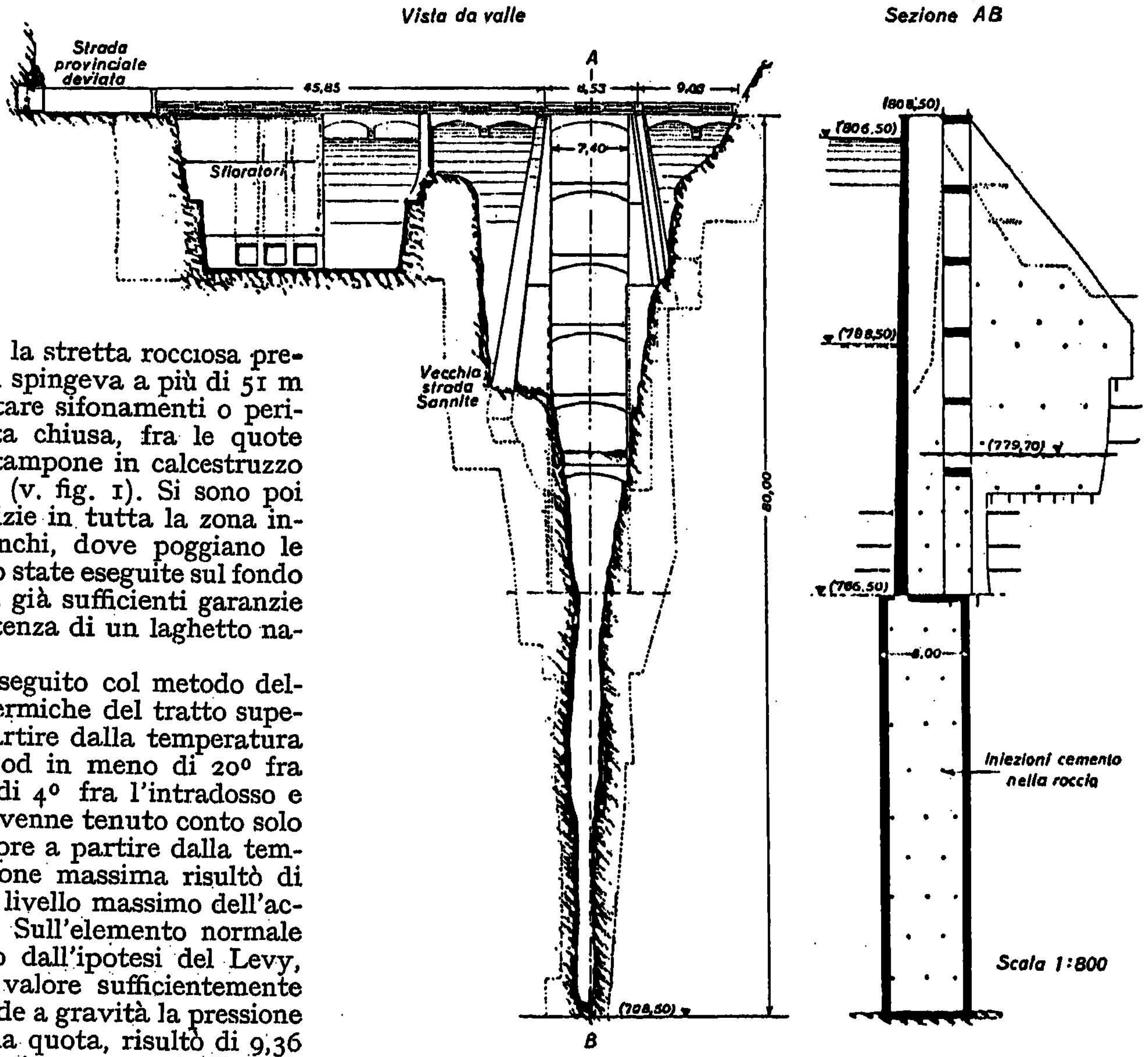



Fig. 1. - Diga di S. Domenico dell'impianto idroelettrico del Sagittario.

In corrispondenza della diga ad arco, la stretta rocciosa presentava una profonda incassatura che si spingeva a più di 51 m sotto l'alveo attuale del fiume. Per evitare sifonamenti o pericolose infiltrazioni, questa forra è stata chiusa, fra le quote 728,50 e 766,50, mediante un robusto tampone in calcestruzzo opportunamente incassato nella roccia (v. fig. 1). Si sono poi effettuate abbondanti iniezioni cementizie in tutta la zona interessata dal taglione stesso e sui fianchi, dove poggiano le spalle a gravità. Altre cementazioni sono state eseguite sul fondo del bacino, il quale peraltro presentava già sufficienti garanzie di impermeabilità, specie per la preesistenza di un laghetto naturale.

Il calcolo della diga ad arco venne eseguito col metodo dell'ellisse di elasticità. Per le variazioni termiche del tratto superiore, posto fuori terra, si ammise, a partire dalla temperatura di costruzione, una variazione in più od in meno di $20^{\circ}$ fra l'estate e l'inverno ed una differenza di $4^{\circ}$ fra l'intradosso e l'estradosso; nel tratto interrato invece venne tenuto conto solo di una variazione totale di $\pm 10^{\circ}$, sempre a partire dalla temperatura di costruzione. La sollecitazione massima risultò di 25,47 kg/cmq in chiave, a 42 m sotto il livello massimo dell'acqua, facendo astrazione dall'armatura. Sull'elemento normale al paramento a valle, invece, partendo dall'ipotesi del Levy, si trovò uno sforzo di 14,13 kg/cmq, valore sufficientemente basso. Si può aggiungere che per le sponde a gravità la pressione massima in corrispondenza della minima quota, risultò di 9,36 kg/cmq, con un coefficiente di sottopressione $m = 2/3$. Dato il limitato sviluppo planimetrico dell'opera e le masse non in genti di calcestruzzo, non si ritenne necessario prevedere alcun giunto di contrazione.

Per quanto riguarda il dimensionamento degli organi di smaltimento delle piene, in mancanza di misure dirette delle reali piene verificatesi, venne adottata la formola: $Q = \mu \, 27 \sqrt{F}$, detta del « Genio Civile », nella quale $F$ indica la superficie del bacino in kmq, $\mu$ il coefficiente di deflusso, che nel caso in esame fu assunto uguale a 0,80, sufficientemente elevato.

Si ottenne quindi $Q = 0{,}80 \times 27 \sqrt{12} = \sim 75$ mc/sec che, tenuto conto della portata del Sagittario dovuta all'alimentazione sorgiva, fu elevata a 80 mc/sec.

Gli organi che garantiscono lo smaltimento di tale portata sono: *a*) uno sfioratore superficiale a stramazzo dello sviluppo di m 4; *b*) una batteria di tre sifoni tipo Gregotti, capaci di smaltire complessivamente 57 mc/sec, avendo ognuno una sezione di canna di m $2 \times 1{,}40$, con una caduta di m 7. Essi sono ricavati in modo da adescarsi a diverse altezze del pelo d'acqua e ciò per impedire la formazione di rapide e violente onde di piena a valle; *c*) lo scarico di fondo del serbatoio, formato da una galleria con sezione circolare di mq 9,50 e della lunghezza di m 75 circa.

La presa è costituita da due tubi metallici annegati nel calcestruzzo, aventi il diametro interno di mm 1508, lunghi m 23,88 cadauno. I due tubi all'imboco sono muniti di due paratoie a lente, precedute da una griglia di protezione, e in una zona intermedia sono provvisti di valvole a farfalla a chiusura automatica, alle quali si accede mediante un pozzo. Essi immettono nella galleria forzata, la quale ha una lunghezza di m 6000 ed una sezione circolare libera di m 2,50; è completamente rivestita di calcestruzzo cementizio internamente, con spessore variabile a seconda della natura dei terreni attraversati; in corrispondenza delle marne argillose è rinforzata nella parte interna mediante un anello in cemento armato. A tergo dei rivestimenti furono eseguite abbondanti iniezioni di cemento.

All'inizio della galleria è stato inserito un pozzo piezometrico, avente lo scopo di ovviare alla formazione di onde di sovrapressione che, in conseguenza della grande lunghezza della galleria forzata, potrebbero generarsi nel caso di intempestive manovre delle valvole a farfalla, inserite sui tubi di presa.

All'estremità a valle della galleria si trova invece un pozzo di carico di sufficiente capacità il quale risponde alle esigenze delle tre tubazioni forzate, per l'alimentazione in caso di improvvise chiamate e per contenere le eventuali sovrappressioni che potrebbero propagarsi alla galleria in caso di brusco arresto della centrale. Il tratto intermedio della galleria comporta una perdita di carico da 3 a 14 m a seconda della potenza richiesta

dai gruppi. Il pozzo piezometrico, a canna cilindrica, del diametro di m 2,10 non presenta nulla di particolare; il pozzo di carico (fig. 2), alto complessivamente m 36, con diametro vavano posto: la sala quadri, i telefoni, i servizi ausiliari ecc. I cavi, le diverse connessioni elettriche, le batterie di accumulatori ecc. trovano posto invece negli spaziosi sotterranei della centrale. Degno di menzione è pure l'impianto d'acqua per il raffreddamento dei cuscinetti delle turbine e degli alternatori, per i refrigeranti dei trasformatori, per gli idranti da incendio, per i servizi sanitari della centrale ecc. il quale è alimentato da un gruppo motopompa che aspira l'acqua da un serbatoio, in comunicazione con gli scarichi delle turbine e che può essere anche alimentato dalle tubazioni forzate mediante opportune prese a riduzione di pressione, quando le turbine non funzionano. Nel caso poi che anche le condotte forzate siano fuori servizio, l'alimentazione del serbatoio può essere effettuata da un canale irrigatorio soprastante la centrale.

Per dare un'idea dell'importanza di tale impianto basterà accennare che per il solo raffreddamento delle macchine si ha un fabbisogno di 1500 l/sec. Per garantire l'alimentazione del canale irrigatorio Corfinio è stata necessaria la creazione di un

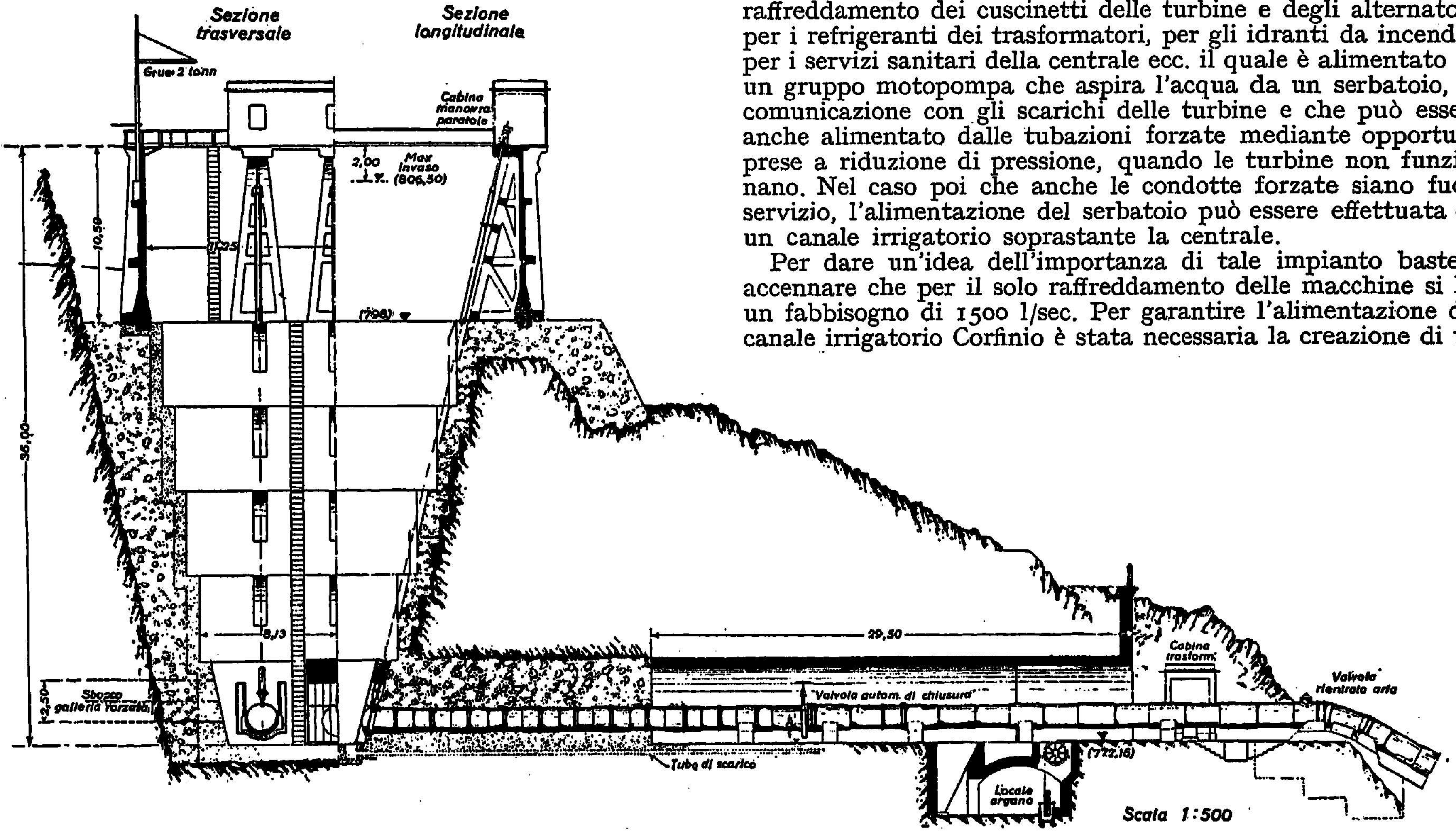



Fig. 2. - Impianto del Sagittario. Pozzo di carico.

riabile che raggiunge superiormente i m 22,50, ha la capacità di mc 8000 circa.

Il dimensionamento dell'opera venne fatto con criteri di larghezza tali da non far temere gli effetti dovuti alla eventuale tracimazione del pozzo, la quale potrebbe verificarsi nel caso che venisse interrotta istantaneamente l'erogazione nella centrale, nel periodo in cui essa fosse massima. All'uopo vennero anche sistemate le immediate vicinanze per ricevere le eventuali acque di sfioro ed allontanarle facilmente.

Dal pozzo di carico partono le tre condotte forzate di alimentazione dei gruppi, le quali, dopo aver attraversato un robusto tampone in calcestruzzo ed un tratto in galleria, escono all'aperto. Esse presentano le seguenti caratteristiche principali: lunghezza m 800 circa, con 4 livellette, di cui la prima lunga m 56,41, con pendenza del 6‰, l'ultima invece lunga m 79,63 con pendenza dell'89%, che risulta essere la massima. Il diametro è variabile fra 1500 e 1000 mm, la portata massima erogabile con ciascuna tubazione è di 4,2 mc/sec e il dislivello fra il pelo massimo dell'acqua nel pozzo di carico e l'asse nel sotterraneo della centrale è di m 350 circa. All'uscita dal tampone in calcestruzzo le condotte sono munite di valvole di sicurezza a farfalla (in ghisa) con meccanismo di comando e regolazione automatica. A valle di questi organi vi sono poi le valvole di rientrata d'aria, i passi d'uomo ed i giunti di dilatazione.

Il fabbricato costituente la centrale principale (fig. 3) comprende quattro corpi destinati ad usi diversi. Il primo, che è il più vasto, contiene i tre gruppi generatori, costituiti ciascuno da una turbina Pelton (della potenza di 15 000 HP, con una caduta netta di m 328,50, e ruotante alla velocità di 420/500 giri al 1') direttamente accoppiata ad un alternatore a 12 poli, per produzione di energia alle frequenze di 42 o di 50 periodi, tensione 6000 V.

La sala macchine è servita da una grue con comandi elettrici, a ponte scorrevole, della portata di 120 tonn, con un gancio ausiliario della portata di 24 tonn; il collegamento alla stazione ferroviaria è realizzato a mezzo di opportuni binari di raccordo.

Contiguo alla sala macchine vi è il secondo corpo di fabbrica il quale contiene i trasformatori a 65 kV, 24 kV e a 10 kV, sul secondario, con 6 kV sul primario, gli interruttori ed altri apparecchi.

Il terzo corpo di fabbrica contiene invece 2 trasformatori da 114 kV in olio (con raffreddamento mediante refrigerante esterno ad acqua) ciascuno per una potenza di 1250 kVA a cos $\varphi = 0{,}8$. Nel quarto corpo di fabbrica, disposto parallelamente alla sala macchine, dal lato arrivo condotte forzate, tro-

serbatoio di compensazione della capacità di circa 50 000 mc, che raccoglie le acque di scarico delle turbine. Lo sbarramento di questo bacino di compenso è del tipo a lastroni in cemento armato, sostenuti da pilastri; esso è in parte tracimabile ed è munito di uno scarico di fondo che alimenta appunto il canale Corfinio.

Le caratteristiche idrografiche del bacino hanno consentito di costruire oltre all'impianto principale sopradescritto, che utilizza il gruppo di sorgenti a valle del lago di Scanno, dalle quali

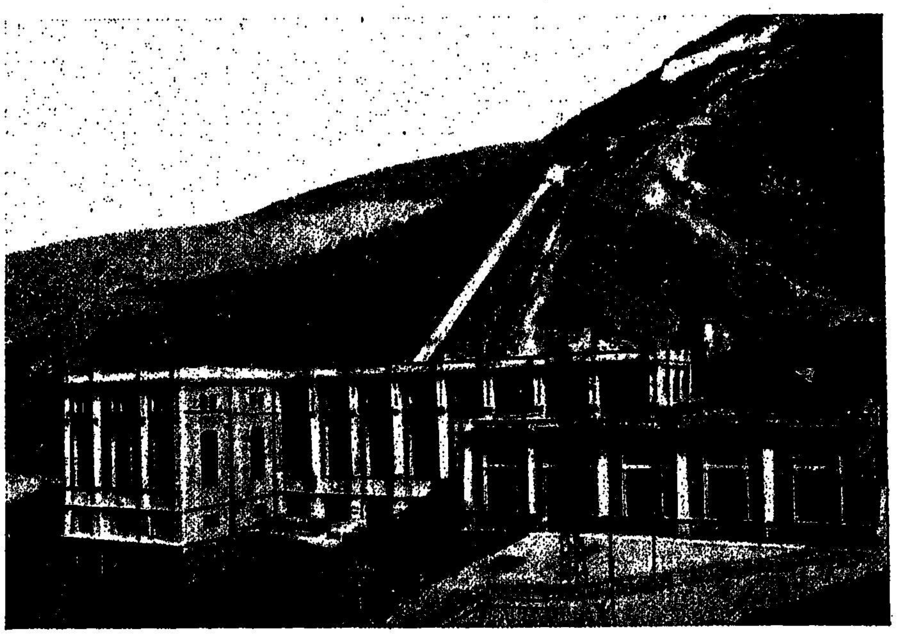


Fig. 3. - Centrale principale.

ha origine il corso d'acqua, anche un impianto complementare che deriva le acque della sorgente Cavuto, a valle delle prime, usufruendo di un modesto dislivello. Questo impianto non presenta particolari caratteristiche; esso risulta costituito da una traversa in calcestruzzo con paratoia metallica per la presa, un canale derivatore a sezione trapezia convogliante una portata di 3,5 mc/sec, una vasca di carico della capacità di circa 1600 mc, una condotta forzata lunga m 78, con un diametro di m 1 e la centrale. Quest'ultima è equipaggiata con un gruppo turbina alternatore della potenza di 960 HP, sotto un salto di m 28,90. Un canale di scarico lungo m 340, a pendenza dell'1‰, riporta le acque nel fiume Sagittario. V. Ru.

## INTERRUTTORI SENZA OLIO A GRANDE CAPACITÀ DI ROTTURA

*E.T.Z.*, 28 gennaio 1932 e 11 febbraio 1932. – O. MAYR.
*E.U.M.*, 13 marzo 1932. – P. THIEME.
*A.E.G. Mitteilungen*, marzo 1932. – P. THIEME.
*A.E.G. Oellose Hochleistungschalter*, giugno 1931.
*Engineering*, 19 febbraio e 4 marzo 1932 – *Alternatic Current Circuit Breakers*. – H. TRENCHAM.
*Bulletin de la Société Française des électriciens*, N. 13 gennaio 1932. – M. A. CLERC.
*Estratto della Ditta Adda.*

1) *Generalità.*

In questi ultimi anni si sono realizzati dei progressi notevoli negli interruttori a grande capacità di rottura ed i miglioramenti si devono sopratutto ascrivere, non soltanto allo studio sistematico del comportamento dei vari apparecchi nella pratica dell'esercizio, ma all'approfondimento dei problemi teorici che sono connessi al fenomeno della estinzione dell'arco.

Dalle soluzioni prettamente teoriche del problema si sono derivate tre applicazioni pratiche per interrompere circuiti di notevole potenza: l'interruttore in olio, quello in aria compressa e quello ad espansione in acqua.

Il presente studio è limitato ad alcune soluzioni di questi due ultimi tipi.

La A.E.G. che costruisce tutti e tre i menzionati tipi ha avuto la possibilità di fare un esame di raffronto nei vari casi.

Va subito notato che lo spegnimento dell'arco non riguarda un problema unico ma bensì un complesso di problemi interconnessi fra di loro e che richiedono ciascuno una adeguata soluzione particolare.

2) *Problemi fondamentali nello studio dello spegnimento di un arco.*

*a*) Trasporto di energia nell'arco.

È risaputo che l'energia elettrica viene trasportata nell'arco a mezzo degli elettroni emessi dal catodo. Nell'anodo questi elettroni trovano la possibilità di neutralizzarsi con anioni presenti per effetto dell'equilibrio della carica spaziale e di formare nuovamente delle molecole. Perciò, per la stabilità dell'arco, occorre la continua formazione di elettroni che supplisca al loro esaurimento all'anodo. Orbene la formazione di elettroni dai gas presenti nell'arco è prodotta da due cause: la ionizzazione per urto degli elettroni cui è impressa una accelerazione lungo una traiettoria per effetto del campo elettrico, e la ionizzazione di natura termica che è controllata dalla teoria cinetica dei gas.

La caduta di potenziale attraverso cui deve passare un elettrone per raggiungere una sufficiente forza viva atta a generare la ionizzazione si definisce tensione di ionizzazione ed è per vapori di idrogeno, ossigeno e acqua di circa $V_i = 15$ V. Per vapori metallici invece è $V_i = 7{,}5$ V.

Necessita poi conoscere la temperatura dell'arco per studiare la ionizzazione dovuta a ragioni termiche.

Secondo studi recenti (1) si può valutare detta temperatura a

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 6000° assoluti | nel centro | dell'arco | aria-carbone | |
| 3000° » | alla periferia | » | » | » |
| 7000° » | nell'arco aria-rame. | | | |

Prendendo come base il valore di 6000° assoluti si trova che la lunghezza della traiettoria libera di un elettrone nell'aria è di circa $1{,}2 \times 10^{-3}$ cm. In un campo elettrico di 30 V/cm si ricava che un elettrone che si muove nel campo può assorbire una energia cinetica di soli 0,036 V.

D'altra parte dalla teoria cinetica dei gas si ha che la media energia cinetica di una molecola di gas è data da:

$$\frac{1}{2} mv^2 = 3\, RT$$

($m$ = peso molecolare; $v$ = velocità in cm/sec; R costante dei gas in erg.; $T$ = temperatura assoluta). Se si considera anche il complesso degli elettroni presenti nell'arco come dei gas, si può ancora impiegare la stessa formola (2) solo che invece di esprimere l'energia in erg è più opportuno esprimerla attraverso la caduta di potenziale che dovrebbe subire l'elettrone per avere la energia che gli competerebbe secondo la teoria cinetica alla temperatura $T$. Risulta essere

$$V_T = \frac{T}{8000} \text{ e per } T = 6000^\circ \text{ ass. si ha } V_T = 0{,}75 \text{ V} \qquad [1]$$

($V_T$ è un valore medio ed è per questo che è inferiore alla tensione di ionizzazione dei gas e dei vapori metallici). Da qui si desume che la ionizzazione termica deve avere un forte sopravvento su quella cinetica. Inoltre si osserva che a temperatura costante dell'arco ed a costante numero di elettroni per unità di volume, l'intensità della corrente è proporzionale alla intensità del campo elettrico, indipendentemente dalla conduttività dei gas presenti. Tale conduttività è data da

$$\chi = 5{,}85 \frac{PX\,l}{\sqrt{T}} 10^6 \text{ [mho cm]} \qquad [2]$$

($T$ = temperatura assoluta; $l$ = lunghezza della traiettoria libera di un elettrone a pressione normale e 0°C; $P$ = pressione parziale dei gas; $X$ = rapporto tra il numero degli elettroni liberi e quello delle molecole presenti).

Il prodotto $PX$ può essere determinato approssimativamente dalla (1) formola di Sahasch.

$$\log. \frac{X^2 P}{1 - X^2} = -\frac{5048\, V_i}{T} + 2{,}5 \log T - 6{,}5 \qquad [3]$$

Per $P = 1$, e $V_i = 7{,}5$ V e per $V_i = 15$ V si ha l'andamento di $X$ in funzione di $T$ segnato nella fig. 1.

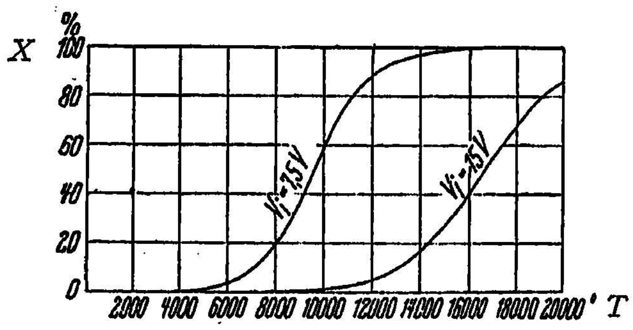



Fig. 1. - Termoionizzazione dei gas con tensione di ionizzazione di 7.5 V e 15 V.

Resta così spiegata l'alta conduttività dell'arco che si forma durante la apertura dei circuiti e che è giustificata dalla presenza di vapori metallici che si ionizzano prima dei vapori di gas; la fig. 1 chiarisce questo concetto.

*b*) L'interruzione di un arco di corrente alternata.

Per interrompere un arco di corrente alternata bisogna pertanto che durante il primo passaggio a zero della tensione, l'ambiente sia deionizzato. A tale scopo la temperatura dovrà essere sufficientemente diminuita ed il raffreddamento dovrà essere di conseguenza tale da bilanciare la produzione di calore dovuto alla dissipazione di energia elettrica. Questa si può ritenere 100 ÷ 1000 W per cm di arco. D'altra parte si può ammettere grossolanamente che un cm. di arco possa considerarsi come una colonna avente una superficie esterna di 1 cm².

Per il raffreddamento dell'arco si possono seguire due sistemi: o utilizzare la camera di esplosione di Hilliard e Parsons (fig. 2 *a*) oppure insufflare del gas attorno ad un contatto a spina (figura 2 *b*).

Nel primo caso la presenza di un liquido fa sì che i vapori prodotti dalla sua evaporizzazione avviluppano il contatto e lo raffreddano. Nel secondo si insufflano dei gas compressi ed allora tale raffreddamento può naturalmente precedere l'apertura del contatto stesso.

Orbene la dispersione di calore della colonna calda costituente l'arco può avvenire per

1° irraggiamento
2° convezione
3° conduzione
4° espansione del gas.

---

(1) ORNSTEIN e VERMEULEN: *Physik Z.*, fascicolo 70, pag. 564 (1931) e ENGEL e STEENBECK: *Wiss. Veroff. Siemens. Konz.*, fascicolo 10, pag. 155 (1931).
(2) BOLTZMANN e MAXWELL

(1) NERNST: *Theoretische Chemie.* Ediz. Enke. Stoccarda, 1926.
EGGERT: *Fisica.* Volume 20, pag. 570 (1919).
SAHA: *Fisica.* Volume 6, pag. 40 (1921).

Per quanto concerne l'irraggiamento, considerando la temperatura di un arco circa 6000° ass. si può valutare a 20 W/cm², la dispersione di calore nell'anidride carbonica, 10 W/cm² nel vapore d'acqua, e meno ancora nei gas azoto, ossigeno e idrogeno.

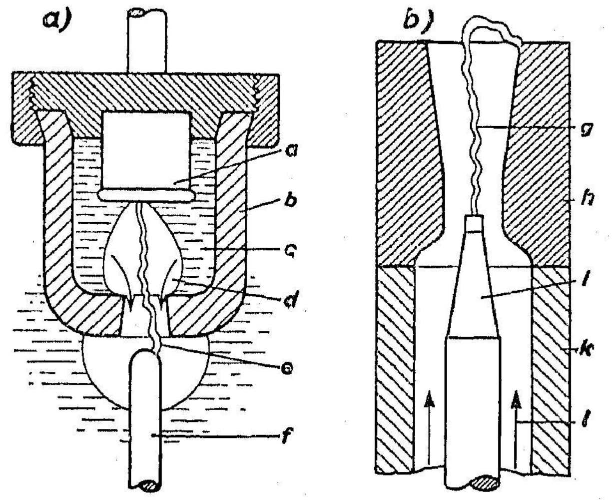



Fig. 2.

*a)* *h)* - contatto cavo. — *b)* - camera di estinzione. — *c)* - liquido. — *d)* - gas. *e)* *g)* - arco. — *f)* *i)* - contatto penetrante. — *k)* isolatore. — *i)* - gas campresso.

Le dispersioni di calore per convezione si possono considerare trascurabili. Assai sensibile è invece l'effetto della trasmissione per contatto dalla superficie della colonna dell'arco al gas circostante. Si possono considerare i seguenti valori di calore trasmesso per contatto:

| Gas | aria, azoto ossigeno | Anidride carbonica | Vapore di acqua | Idrogeno |
|---|---|---|---|---|
| W/cm² | 20 | 22 | 28 | 200 |

Va poi ricordato che durante la formazione di un arco, per effetto della ionizzazione, si produce un notevole aumento della dispersione di calore. La formula che tien conto del bilancio termico durante la dissociazione è secondo Nernst

$$\log \frac{4\, X^2\, P}{1 - X^2} = - \frac{U_0}{4{,}571} + \Sigma\, v \,.\, 2{,}5 \log T + \Sigma\, v\, C \qquad [4]$$

dove $X$ e $P$ hanno il significato noto, $U_0$ = calore di dissociazione molecolare allo zero assoluto, $\Sigma\, v$ = variazione del numero delle molecole durante il fenomeno, $\Sigma\, v\, C$ = variazione delle costanti chimiche.

Da un calcolo anche sommario colla [4] risulta che si tratta di trasformazioni di energia termica che sono assai superiori a quelle che occorrerebbero per portare la colonna dell'arco fino alla temperatura di dissociazione. D'altra parte la dissociazione avviene con assorbimento di calore e la ricombinazione degli ioni in atomi e molecole avviene con restituzione di calore. Come bilancio generale di questo fenomeno ne consegue un incremento di conduttività termica dovuto alla dissociazione che può salire anche del 11 % rispetto a quella che si avrebbe senza la presenza di quest'ultima. Il gas che da un incremento logicamente minore è l'azoto (1).

Per quanto riguarda la perdita di calore per espansione, detto $p$ la pressione media lungo 1 cm di lunghezza, $\Delta p$ = la caduta di pressione lungo tale elemento, $x = \frac{C_p}{C_v}$ il rapporto tra il colore specifico a pressione costante e quello a volume costante, $N$ = la quantità di calore assorbita per l'espansione, $w$ = la velocità del suono, $M$ = il peso molecolare del gas in questione, $q$ = la sezione della colonna dell'arco, nel caso di espansione adiabatica si ha:

$$N = k\, q\, \frac{\Delta p}{p}\, T$$

dove

$$k = \frac{4.187}{2.24 \times 10^4}\, C_v\, M\, w\, \frac{x - 1}{x} \qquad [5]$$

Da esperienze fatte si vede essere $N$ dello stesso ordine di grandezza del calore che si disperde per conduzione.

3) *Prove teoriche e sperimentali di spegnimento dell'arco in vari mezzi fluidi.*

L'interruzione dell'arco nell'olio avviene in una bolla di gas di cui il 70 % è vapore d'acqua. Dal punto di vista teorico quindi interessa il raffronto tra aria, azoto, ossigeno, anidride carbonica, vapore d'acqua e idrogeno. La tabella 2° porta una serie di dati sperimentali fatti nelle stesse condizioni e variando solo l'ambiente fluido.

TABELLA 2

| Elementi caratteristici | Unità di misura | Aria | Azoto | Ossigeno | Anidride carbonica | Vapore d'acqua | Idrogeno |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Intensità max interrotta ....... | A | 5 800 | 5 800 | 10 500 | 15 000 | 22 000 | 45 000 |
| Potenza » » ........ | MVA | 100 | 100 | 180 | 260 | 380 | 750 |
| » » » (con riferimento all'aria) | — | 1 | 1 | 1,8 | 2,6 | 3,8 | 7,5 |

Nella tabella 3 sono riassunti tutti i dati caratteristici relativi ad interruzioni avvenute nei diversi gas in esame.

(1) LANGMUIR: «Flames of Atomic Hydrogens»; *Gen. Electr. Rev.*, fascicolo 29, pag. 153 (1926).

TABELLA 3

| N° | Elementi caratteristici | Unità di misura e riferimenti | Aria | Azoto | Ossigeno | Anidride carbonica | Vapore d'acqua | Idrogeno |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Peso molecolare $M$ ........................ | g | 29 | 28 | 21 | 44 | 18 | 2 |
| 2 | Calore molecolare $M\ C_v$ .................... | cal | 4,98 | 4,99 | 4,98 | 6,86 | 6,11 | 4,88 |
| 3 | $x = \frac{C_p}{C_v}$ | — | 1,41 | 1,41 | 1,41 | 1.30 | 1,135 | 1,41 |
| 4 | Velocità del suono $w$ ..................... | m/sec | 340 | 348 | 323 | 264 | 470 | 1276 |
| 5 | Conduzione (al di sotto della temperatura di dissociazione) .......................... | aria = 1 | 1 | 1 | 1 | 1,1 | 1,45 | 10 |
| 6 | Temperature in cui il 50 % delle molecole sono dissociate ............................ | °assol. | 6 500 | 6 800 | 3 800 | 3 000 | 3 800 | 3 800 |
| 7 | Calore di dissociazione $U_0$ ................. | cal./mol. | — | 208 000 | 117 000 | 99 000 | 70 000 | 101 000 |
| 8 | Costante d'espansione $k$ .................... | aria = 1 | 1 | 1,02 | 0,96 | 0,85 | 0,71 | 3,7 |
| 9 | Intensità del campo elettrico in un arco di 3 A | aria = 1 | 1 | 1 | 2,3 | 1,7 | 4,4 | 13,5 |
| 10 | Potenza interrotta .......................... | aria = 1 | 1 | 1 | 1,8 | 2,6 | 3,8 | 7,8 |

giori spese e difficoltà (?) di manutenzione, da eventuali pretese di terzi ecc., dipendenti dai lavori di costruzione e di esercizio dell'impianto ».

Come al Num. precedente, ivi, pag. 79).

269 – *Concessione idroelettrica. - Oneri al concessionario nell'interesse dell'agricoltura (irrigazione).*

Fra gli oneri addossati al titolare di una concessione idroelettrica, può esservi quello « di studiare in sede di elaborazione del progetto esecutivo, le modalità per provvedere, attraverso il canale di carico dell'impianto di derivazione i quantitativi necessari per l'irrigazione » etc... A tale scopo la Società presenterà con il progetto esecutivo, un piano comprendente la plaga irrigabile, indicando le particelle che verrebbero singolarmente irrigate, la coltura in esse praticata, l'estensione loro e il nominativo della Ditta proprietaria.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 80.

270 – *Concessione idroelettrica - Opere di regolazione delle acque già eseguite precedentemente - Contributo di miglioria a carico del titolare della concessione idroelettrica.*

Nel disciplinare di concessione idroelettrica può esser inserito l'obbligo, ai sensi dell'art. 59 del D. L. 9 ottobre 1919 N. 2161, di un contributo annuo di miglioria a favore dell'Ente che abbia prima della concessione, provveduto ad opere di regolazione idrica afferenti il corso d'acqua oggetto della concessione. In tal caso l'importo del contributo è stabilito « definitivamente » dal Ministero dei LL. PP. su parere del Cons. Sup. dei LL. PP. « tenuto conto della influenza di dette opere sulla nuova utilizzazione progettata ».

Come al Num. precedente, ivi, pag. 81.

271 – *Concessione di derivazione per uso potabile - Diritti di concessionari idroelettrici a valle - Caso speciale di concessioni in perpetuo.*

Ove sia emessa concessione di derivazione d'acqua ad uso potabile (nella specie della sorgente di Agosta, affluente dell'Aniene in Prov. di Roma) modificativa del regime idrico successivo, nei riflessi di successivi concessionari idroelettrici (nella specie Governatorato di Roma, Consorzio idroelettrico dell'Aniene e Azienda Elettrica di Roma), le relative opposizioni possono essere respinte con questa motivazione: « è da osservare che se le relative concessioni (degli opponenti) vennero assentite in perpetuo e con esenzione di canone, colla rinunzia da parte dello Stato a mettersi in possesso delle Centrali (Castelmadama e Mandela), dopo un certo periodo di tempo e alla percezione di un canone annuo, rappresentano modalità della concessione ma non possono consacrarne la intangibilità e vulnerare quel principio della espropriazione per p. u. introdotto nelle leggi per utilizzazione delle acque pubbliche ».

D. R. 28 agosto 1931. Concessione Acqua Pia. Sorgente di Agosta (Prov. di Roma). Parere Cons. Sup. LL. PP., N. 2579 del 10 settembre 1930. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1932, p. 89).

272 – *Concessione di derivazione a scopo potabile - Misura del canone annuo a modulo.*

Nelle concessioni di derivazione d'acqua scopo potabile la misura del canone annuo demaniale può esser fissata in L. 200 a modulo.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 95.

273 – *Concessione di derivazione a scopo potabile - Devoluzione delle opere al termine della concessione.*

Nel disciplinare di una concessione di derivazione d'acqua pubblica a scopo potabile può essere inserita la clausola che, alla data finale della concessione, in mancanza di rinnovazione e di ulteriore proroga, come nei casi di decadenza, revoca o rinunzia la Stato ha il diritto di ritenere senza compenso le opere costruite.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 95.

274 – *Concessione di derivazione a scopo potabile - Richiamo estensivo di leggi generali.*

Nel disciplinare di concessione di derivazione di acqua pubblica, a scopo potabile, può essere introdotta clausola che richiama l'osservanza oltre di tutte le prescrizioni legislative e regolamentari concernenti il buon regime delle acque pubbliche, l'agricoltura, piscicoltura, l'igiene e la sicurezza pubblica, anche delle prescrizioni concernenti l'industria.

D. R. 28 agosto 1931. Concessione Comune di Gorizia. Derivazione della sorgente Fontefredda in Comune di Gorizia. Parere Cons. Sup. LL. PP. N. 559 del 1931. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1932, pag. 107).

275 – *Concessione idroelettrica - Obblighi generali sul riflesso delle opere pubbliche e dei danni - Formula.*

Nel disciplinare di concessione idroelettrica l'obbligo generale e generico che addossa al concessionario tutti gli oneri nei riflessi della conservazione delle opere pubbliche e dell'alveo del fiume può essere formulato nel modo seguente: « saranno a carico della Ditta concessionaria, eseguite e mantenute, tutte le opere necessarie sia per attraversamenti di strade, canali, scoli e simili, sia per la difesa delle proprietà pubbliche e private e del buon regime del fiume ......... tanto se il bisogno di dette opere si riconosca prima di iniziare i lavori, quanto se venga accertato in seguito. La Società concessionaria resta impegnata ad usare ogni cura e cautela a che le materie scavate durante l'esecuzione dei lavori di che trattasi non vengano per nessun motivo scaricate lungo le sponde o direttamente nell'alveo dei fiumi o torrenti. Rimangono a carico della società concessionaria i danni al regime idraulico dipendenti dall'esecuzione dei lavori ».

D. R. 28 dicembre 1931. Concessione Società « Terni ». Derivazione dal Nera. Parere Cons. Sup. LL. PP. N. 2484 del 1929, N. 252 del 1931 e N. 2927 del 1930. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1932, p. 480).

276 – *Concessione idroelettrica - Variante - Costruzione di galleria denominata « di fortuna ».*

Nella variante di esecuzione delle opere di costruzione di derivazione idroelettrica, può essere consentita una cosidetta « galleria di fortuna » da aprire attraverso un monte, per favorire il deflusso delle acque derivate da un corso d'acqua, in un successivo lago così che le acque derivate dal fiume pervengano alla centrale o a un successivo fiume attraverso il lago. In tal caso, qualora si verificassero interrimenti nello sbocco del lago, è ammessa la condizione che la Società concessionaria dovrà eseguire quei lavori e adottare quelle provvidenze che verranno ordinati dall'ufficio del Genio civile.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 491.

277 – *Concessioni idroelettriche - Danni ai privati - Formula di riferimento per la determinazione relativa.*

Come formula tipica di riferimento per la liquidazione ai privati dei danni conseguenti da costruzione di opere idroelettriche, viene adottata la seguente: « Il concessionario dichiara fin d'ora di riconoscere il giudizio che il Ministero dei LL. PP. si riserva di pronunziare insindacabilmente sull'applicabilità dell'art. 10 sesto capoverso del disciplinare 29 novembre 1928 Dep. N. 53, relativo al R. D. 14 marzo 1929 concernente l'impianto idroelettrico di Galleto ». Questa disposizione riguarda la facoltà insindacabile del Ministero precitato di imporre opere di reintegrazione e altre ad evitare i danni, come la facoltà, pure insindacabile di liquidare i danni. Se le opere ordinate dal Ministro saranno di importo inferiore a quello dell'art. 10 sesto capoverso del citato disciplinare, la Società si obbliga di corrispondere, in forma di concorso, la differenza di spesa di costruzione delle opere.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 492.

# NOTE E RIASSUNTI

## GLI IMPIANTI IDROELETTRICI DEL SAGITTARIO

*Rivista tecnica delle Ferrovie Italiane*, marzo 1932. – ING. L. PROSPERI.

L'articolo tratta degli impianti sul fiume Sagittario, affluente del Pescara, adibiti alla produzione di energia per uso ferroviario e precisamente per l'elettrificazione delle linee dell'Italia Centrale e Meridionale, facenti capo ai centri ferroviari di Roma e di Napoli. In esso sono sommariamente descritte le caratteristiche generali delle opere, con particolare riguardo alla diga ed al pozzo di carico dell'impianto principale.

La diga, chiamata di San Domenico da un santuario ivi esistente, crea un serbatoio di un milione di mc; essa è del tipo ad arco e termina lateralmente con due spalle a gravità, in fregio ad una delle quali sono ricavati gli scaricatori di superficie.

In corrispondenza della diga ad arco, la stretta rocciosa presentava una profonda incassatura che si spingeva a più di 51 m sotto l'alveo attuale del fiume. Per evitare sifonamenti o pericolose infiltrazioni, questa forra è stata chiusa, fra le quote 728,50 e 766,50, mediante un robusto tampone in calcestruzzo opportunamente incassato nella roccia (v. fig. 1). Si sono poi effettuate abbondanti iniezioni cementizie in tutta la zona interessata dal taglione stesso e sui fianchi, dove poggiano le spalle a gravità. Altre cementazioni sono state eseguite sul fondo del bacino, il quale peraltro presentava già sufficienti garanzie di impermeabilità, specie per la preesistenza di un laghetto naturale.

Il calcolo della diga ad arco venne eseguito col metodo dell'ellisse di elasticità. Per le variazioni termiche del tratto superiore, posto fuori terra, si ammise, a partire dalla temperatura di costruzione, una variazione in più od in meno di 20° fra l'estate e l'inverno ed una differenza di 4° fra l'intradosso e l'estradosso; nel tratto interrato invece venne tenuto conto solo di una variazione totale di ± 10°, sempre a partire dalla temperatura di costruzione. La sollecitazione massima risultò di 25,47 kg/cmq in chiave, a 42 m sotto il livello massimo dell'acqua, facendo astrazione dall'armatura. Sull'elemento normale al paramento a valle, invece, partendo dall'ipotesi del Levy, si trovò uno sforzo di 14,13 kg/cmq, valore sufficientemente basso. Si può aggiungere che per le sponde a gravità la pressione massima in corrispondenza della minima quota, risultò di 9,36 kg/cmq, con un coefficiente di sottopressione $m = 2/3$. Dato il limitato sviluppo planimetrico dell'opera e le masse non ingenti di calcestruzzo, non si ritenne necessario prevedere alcun giunto di contrazione.

Per quanto riguarda il dimensionamento degli organi di smaltimento delle piene, in mancanza di misure dirette delle reali piene verificatesi, venne adottata la formola: $Q = \mu\, 27 \sqrt{F}$, detta del « Genio Civile », nella quale $F$ indica la superficie del bacino in kmq, $\mu$ il coefficiente di deflusso, che nel caso in esame fu assunto uguale a 0,80, sufficientemente elevato.

Si ottenne quindi $Q = 0{,}80 \times 27 \sqrt{12} = \sim 75$ mc/sec che, tenuto conto della portata del Sagittario dovuta all'alimentazione sorgiva, fu elevata a 80 mc/sec.

Gli organi che garantiscono lo smaltimento di tale portata sono: *a*) uno sfioratore superficiale a stramazzo dello sviluppo di m 4; *b*) una batteria di tre sifoni tipo Gregotti, capaci di smaltire complessivamente 57 mc/sec, avendo ognuno una sezione di canna di m 2 × 1,40, con una caduta di m 7. Essi sono ricavati in modo da adescarsi a diverse altezze del pelo d'acqua e ciò per impedire la formazione di rapide e violente onde di piena a valle; *c*) lo scarico di fondo del serbatoio, formato da una galleria con sezione circolare di mq 9,50 e della lunghezza di m 75 circa.

La presa è costituita da due tubi metallici annegati nel calcestruzzo, aventi il diametro interno di mm 1508, lunghi m 23,88 cadauno. I due tubi all'imboco sono muniti di due paratoie a lente, precedute da una griglia di protezione, e in una zona intermedia sono provvisti di valvole a farfalla a chiusura automatica, alle quali si accede mediante un pozzo. Essi immettono nella galleria forzata, la quale ha una lunghezza di m 6000 ed

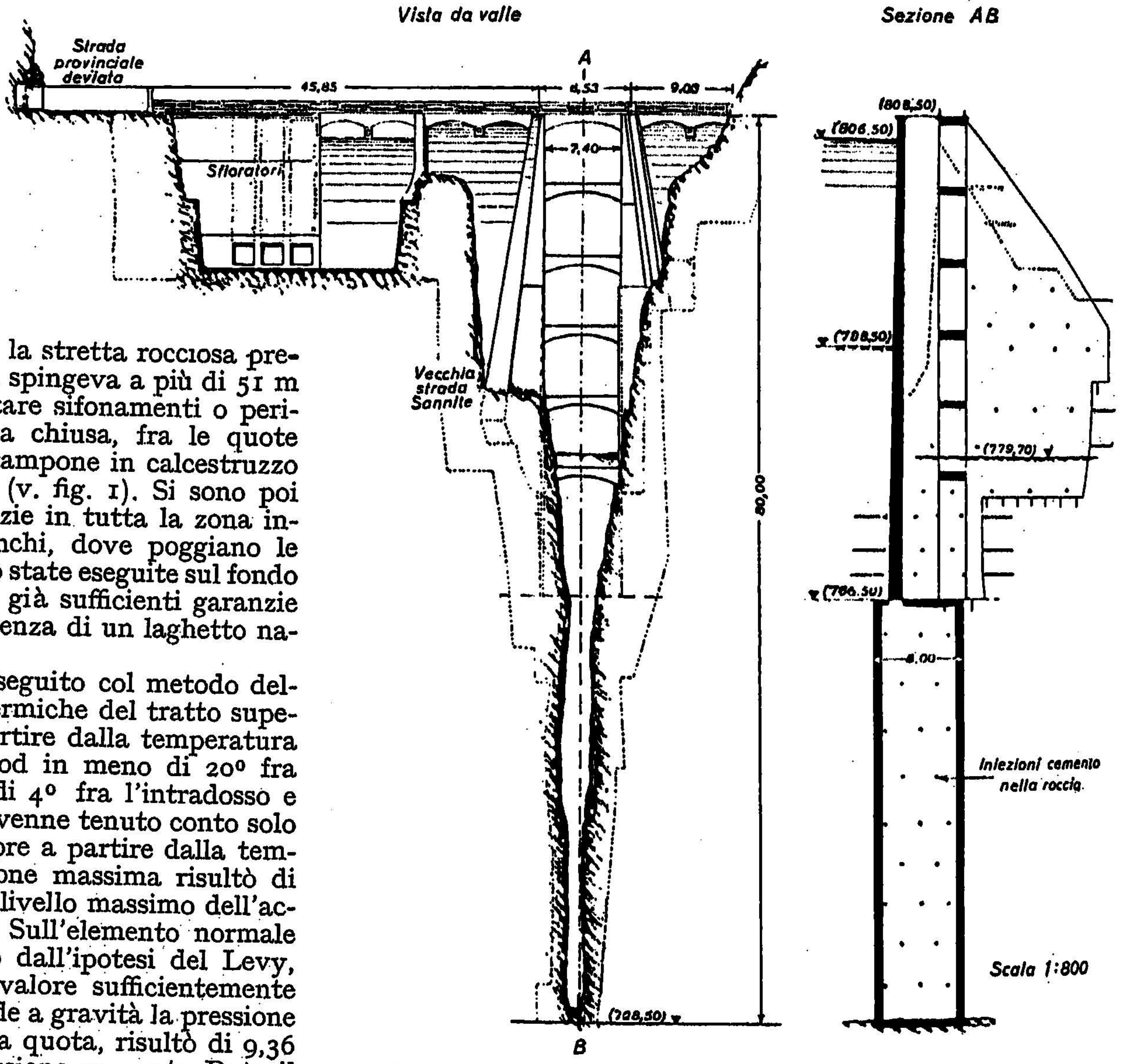



Fig. 1. - Diga di S. Domenico dell'impianto idroelettrico del Sagittario.

una sezione circolare libera di m 2,50; è completamente rivestita di calcestruzzo cementizio internamente, con spessore variabile a seconda della natura dei terreni attraversati; in corrispondenza delle marne argillose è rinforzata nella parte interna mediante un anello in cemento armato. A tergo dei rivestimenti furono eseguite abbondanti iniezioni di cemento.

All'inizio della galleria è stato inserito un pozzo piezometrico, avente lo scopo di ovviare alla formazione di onde di sovrapressione che, in conseguenza della grande lunghezza della galleria forzata, potrebbero generarsi nel caso di intempestive manovre delle valvole a farfalla, inserite sui tubi di presa.

All'estremità a valle della galleria si trova invece un pozzo di carico di sufficiente capacità il quale risponde alle esigenze delle tre tubazioni forzate, per l'alimentazione in caso di improvvise chiamate e per contenere le eventuali sovrappressioni che potrebbero propagarsi alla galleria in caso di brusco arresto della centrale. Il tratto intermedio della galleria comporta una perdita di carico da 3 a 14 m a seconda della potenza richiesta

dai gruppi. Il pozzo piezometrico, a canna cilindrica, del diametro di m 2,10 non presenta nulla di particolare; il pozzo di carico (fig. 2), alto complessivamente m 36, con diametro variabile che raggiunge superiormente i m 22,50, ha la capacità di mc 8000 circa.

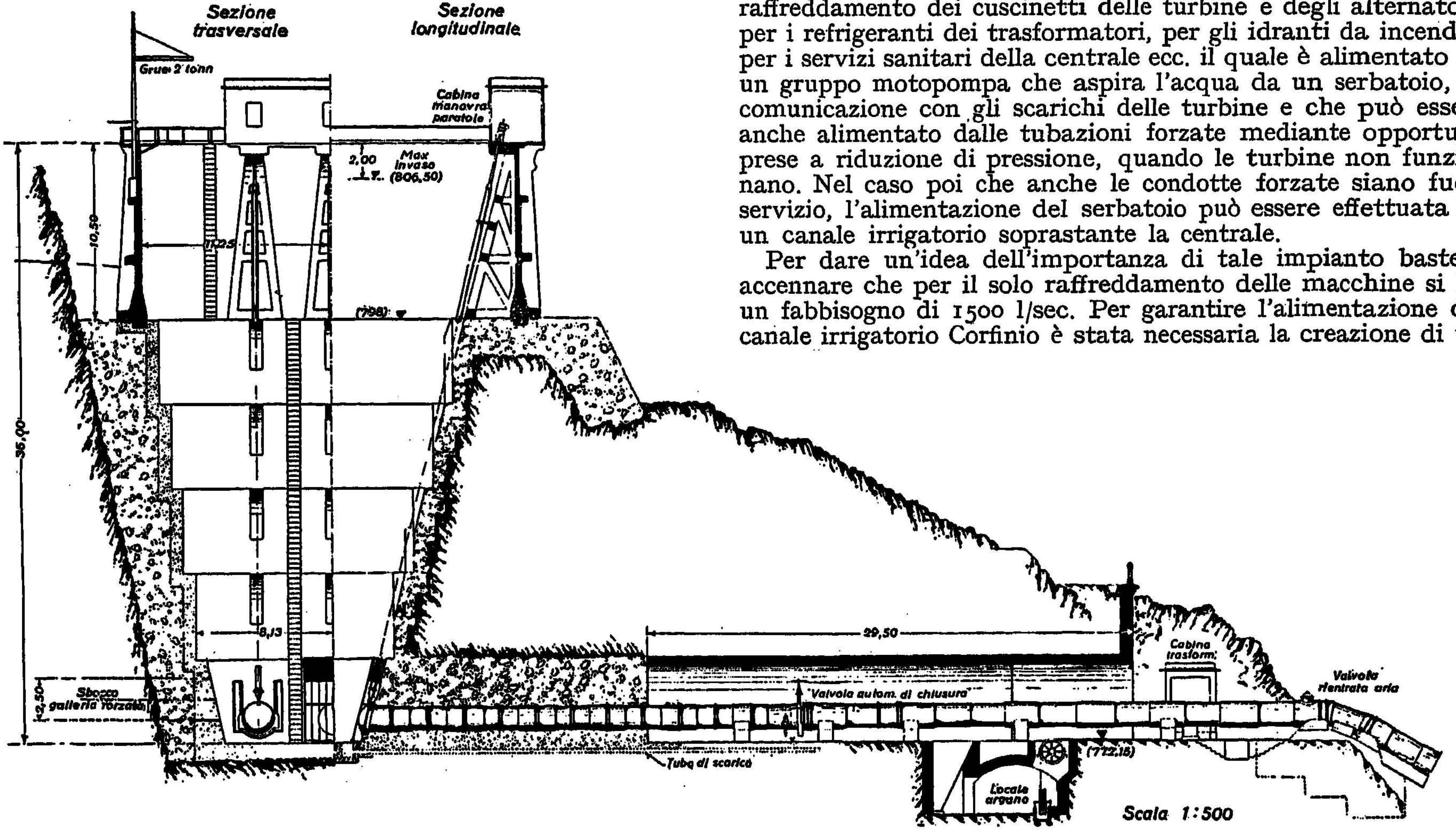



Fig. 2. - Impianto del Sagittario. Pozzo di carico.

Il dimensionamento dell'opera venne fatto con criteri di larghezza tali da non far temere gli effetti dovuti alla eventuale tracimazione del pozzo, la quale potrebbe verificarsi nel caso che venisse interrotta istantaneamente l'erogazione nella centrale, nel periodo in cui essa fosse massima. All'uopo vennero anche sistemate le immediate vicinanze per ricevere le eventuali acque di sfioro ed allontanarle facilmente.

Dal pozzo di carico partono le tre condotte forzate di alimentazione dei gruppi, le quali, dopo aver attraversato un robusto tampone in calcestruzzo ed un tratto in galleria, escono all'aperto. Esse presentano le seguenti caratteristiche principali: lunghezza m 800 circa, con 4 livellette, di cui la prima lunga m 56,41, con pendenza del 6‰, l'ultima invece lunga m 79,63 con pendenza dell'89%, che risulta essere la massima. Il diametro è variabile fra 1500 e 1000 mm, la portata massima erogabile con ciascuna tubazione è di 4,2 mc/sec e il dislivello fra il pelo massimo dell'acqua nel pozzo di carico e l'asse nel sotterraneo della centrale è di m 350 circa. All'uscita dal tampone in calcestruzzo le condotte sono munite di valvole di sicurezza a farfalla (in ghisa) con meccanismo di comando e regolazione automatica. A valle di questi organi vi sono poi le valvole di rientrata d'aria, i passi d'uomo ed i giunti di dilatazione.

Il fabbricato costituente la centrale principale (fig. 3) comprende quattro corpi destinati ad usi diversi. Il primo, che è il più vasto, contiene i tre gruppi generatori, costituiti ciascuno da una turbina Pelton (della potenza di 15 000 HP, con una caduta netta di m 328,50, e ruotante alla velocità di 420/500 giri al 1') direttamente accoppiata ad un alternatore a 12 poli, per produzione di energia alle frequenze di 42 o di 50 periodi, tensione 6000 V.

La sala macchine è servita da una grue con comandi elettrici, a ponte scorrevole, della portata di 120 tonn, con un gancio ausiliario della portata di 24 tonn; il collegamento alla stazione ferroviaria è realizzato a mezzo di opportuni binari di raccordo.

Contiguo alla sala macchine vi è il secondo corpo di fabbrica il quale contiene i trasformatori a 65 kV, 24 kV e a 10 kV, sul secondario, con 6 kV sul primario, gli interruttori ed altri apparecchi.

Il terzo corpo di fabbrica contiene invece 2 trasformatori da 114 kV in olio (con raffreddamento mediante refrigerante esterno ad acqua) ciascuno per una potenza di 1250 kVA a cos $\varphi = 0,8$. Nel quarto corpo di fabbrica, disposto parallelamente alla sala macchine, dal lato arrivo condotte forzate, trovano posto: la sala quadri, i telefoni, i servizi ausiliari ecc. I cavi, le diverse connessioni elettriche, le batterie di accumulatori ecc. trovano posto invece negli spaziosi sotterranei della centrale. Degno di menzione è pure l'impianto d'acqua per il raffreddamento dei cuscinetti delle turbine e degli alternatori, per i refrigeranti dei trasformatori, per gli idranti da incendio, per i servizi sanitari della centrale ecc. il quale è alimentato da un gruppo motopompa che aspira l'acqua da un serbatoio, in comunicazione con gli scarichi delle turbine e che può essere anche alimentato dalle tubazioni forzate mediante opportune prese a riduzione di pressione, quando le turbine non funzionano. Nel caso poi che anche le condotte forzate siano fuori servizio, l'alimentazione del serbatoio può essere effettuata da un canale irrigatorio soprastante la centrale.

Per dare un'idea dell'importanza di tale impianto basterà accennare che per il solo raffreddamento delle macchine si ha un fabbisogno di 1500 l/sec. Per garantire l'alimentazione del canale irrigatorio Corfinio è stata necessaria la creazione di un serbatoio di compensazione della capacità di circa 50 000 mc, che raccoglie le acque di scarico delle turbine. Lo sbarramento di questo bacino di compenso è del tipo a lastroni in cemento armato, sostenuti da pilastri; esso è in parte tracimabile ed è munito di uno scarico di fondo che alimenta appunto il canale Corfinio.

Le caratteristiche idrografiche del bacino hanno consentito di costruire oltre all'impianto principale sopradescritto, che utilizza il gruppo di sorgenti a valle del lago di Scanno, dalle quali

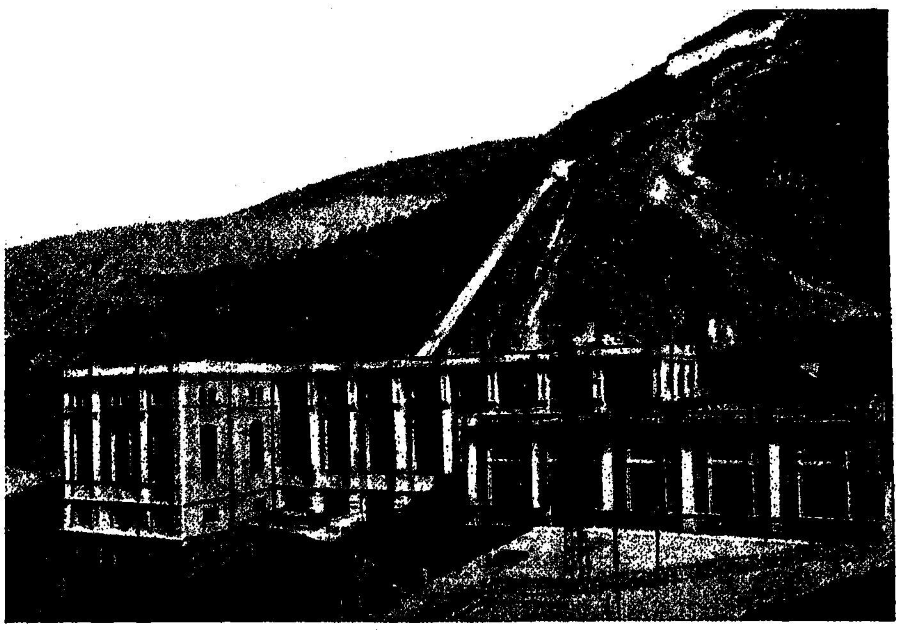


Fig. 3. - Centrale principale.

ha origine il corso d'acqua, anche un impianto complementare che deriva le acque della sorgente Cavuto, a valle delle prime, usufruendo di un modesto dislivello. Questo impianto non presenta particolari caratteristiche; esso risulta costituito da una traversa in calcestruzzo con paratoia metallica per la presa, un canale derivatore a sezione trapezia convogliante una portata di 3,5 mc/sec, una vasca di carico della capacità di circa 1600 mc, una condotta forzata lunga m 78, con un diametro di m 1 e la centrale. Quest'ultima è equipaggiata con un gruppo turbina alternatore della potenza di 960 HP, sotto un salto di m 28,90. Un canale di scarico lungo m 340, a pendenza dell'1‰, riporta le acque nel fiume Sagittario.

V. Ru.

## INTERRUTTORI SENZA OLIO A GRANDE CAPACITÀ DI ROTTURA

*E.T.Z.*, 28 gennaio 1932 e 11 febbraio 1932. – O. MAYR.
*E.U.M.*, 13 marzo 1932. – P. THIEME.
*A.E.G. Mitteilungen*, marzo 1932. – P. THIEME.
*A.E.G. Oellose Hochleistungschalter*, giugno 1931.
*Engineering*, 19 febbraio e 4 marzo 1932 – *Alternatic Current Circuit Breakers*. – H. TRENCHAM.
*Bulletin de la Société Française des électriciens*, N. 13 gennaio 1932. – M. A. CLERC.
*Estratto della Ditta Adda.*

1) *Generalità.*

In questi ultimi anni si sono realizzati dei progressi notevoli negli interruttori a grande capacità di rottura ed i miglioramenti si devono sopratutto ascrivere, non soltanto allo studio sistematico del comportamento dei vari apparecchi nella pratica dell'esercizio, ma all'approfondimento dei problemi teorici che sono connessi al fenomeno della estinzione dell'arco.

Dalle soluzioni prettamente teoriche del problema si sono derivate tre applicazioni pratiche per interrompere circuiti di notevole potenza: l'interruttore in olio, quello in aria compressa e quello ad espansione in acqua.

Il presente studio è limitato ad alcune soluzioni di questi due ultimi tipi.

La A.E.G. che costruisce tutti e tre i menzionati tipi ha avuto la possibilità di fare un esame di raffronto nei vari casi.

Va subito notato che lo spegnimento dell'arco non riguarda un problema unico ma bensì un complesso di problemi interconnessi fra di loro e che richiedono ciascuno una adeguata soluzione particolare.

2) *Problemi fondamentali nello studio dello spegnimento di un arco.*

*a*) Trasporto di energia nell'arco.

È risaputo che l'energia elettrica viene trasportata nell'arco a mezzo degli elettroni emessi dal catodo. Nell'anodo questi elettroni trovano la possibilità di neutralizzarsi con anioni presenti per effetto dell'equilibrio della carica spaziale e di formare nuovamente delle molecole. Perciò, per la stabilità dell'arco, occorre la continua formazione di elettroni che supplisca al loro esaurimento all'anodo. Orbene la formazione di elettroni dai gas presenti nell'arco è prodotta da due cause: la ionizzazione per urto degli elettroni cui è impressa una accelerazione lungo una traiettoria per effetto del campo elettrico, e la ionizzazione di natura termica che è controllata dalla teoria cinetica dei gas.

La caduta di potenziale attraverso cui deve passare un elettrone per raggiungere una sufficiente forza viva atta a generare la ionizzazione si definisce tensione di ionizzazione ed è per vapori di idrogeno, ossigeno e acqua di circa $V_i = 15$ V. Per vapori metallici invece è $V_i = 7{,}5$ V.

Necessita poi conoscere la temperatura dell'arco per studiare la ionizzazione dovuta a ragioni termiche.

Secondo studi recenti (1) si può valutare detta temperatura a

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 6000° assoluti | nel centro | dell'arco | aria-carbone | | |
| 3000° | » | alla periferia | » | » | » |
| 7000° | » | nell'arco | aria-rame. | | |

Prendendo come base il valore di 6000° assoluti si trova che la lunghezza della traiettoria libera di un elettrone nell'aria è di circa $1{,}2 \times 10^{-3}$ cm. In un campo elettrico di 30 V/cm si ricava che un elettrone che si muove nel campo può assorbire una energia cinetica di soli 0,036 V.

D'altra parte dalla teoria cinetica dei gas si ha che la media energia cinetica di una molecola di gas è data da:

$$\frac{1}{2} mv^2 = 3\,RT$$

($m$ = peso molecolare; $v$ = velocità in cm/sec; R costante dei gas in erg.; $T$ = temperatura assoluta). Se si considera anche il complesso degli elettroni presenti nell'arco come dei gas, si può ancora impiegare la stessa formola (2) solo che invece di esprimere l'energia in erg è più opportuno esprimerla attraverso la caduta di potenziale che dovrebbe subire l'elettrone per avere la energia che gli competerebbe secondo la teoria cinetica alla temperatura $T$. Risulta essere

$$V_T = \frac{T}{8000} \text{ e per } T = 6000^\circ \text{ ass. si ha } V_T = 0{,}75 \text{ V} \qquad [1]$$

($V_T$ è un valore medio ed è per questo che è inferiore alla tensione di ionizzazione dei gas e dei vapori metallici). Da qui si desume che la ionizzazione termica deve avere un forte sopravvento su quella cinetica. Inoltre si osserva che a temperatura costante dell'arco ed a costante numero di elettroni per unità di volume, l'intensità della corrente è proporzionale alla intensità del campo elettrico, indipendentemente dalla conduttività dei gas presenti. Tale conduttività è data da

$$\chi = 5{,}85 \frac{PX\,l}{\sqrt{T}} 10^9 \text{ [mho cm]} \qquad [2]$$

($T$ = temperatura assoluta; $l$ = lunghezza della traiettoria libera di un elettrone a pressione normale e 0°C; $P$ = pressione parziale dei gas; $X$ = rapporto tra il numero degli elettroni liberi e quello delle molecole presenti).

Il prodotto $PX$ può essere determinato approssimativamente dalla (1) formola di Sahasch.

$$\log. \frac{X^2 P}{1 - X^2} = -\frac{5048\, V_i}{T} + 2{,}5 \log T - 6{,}5 \qquad [3]$$

Per $P = 1$, e $V_i = 7{,}5$ V e per $V_i = 15$ V si ha l'andamento di $X$ in funzione di $T$ segnato nella fig. 1.

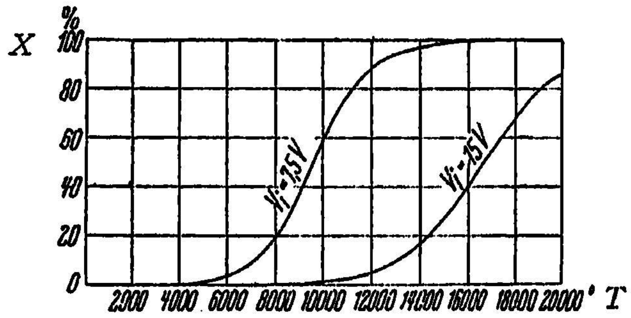



Fig. 1. - Termoionizzazione dei gas con tensione di ionizzazione di 7,5 V e 15 V.

Resta così spiegata l'alta conduttività dell'arco che si forma durante la apertura dei circuiti e che è giustificata dalla presenza di vapori metallici che si ionizzano prima dei vapori di gas; la fig. 1 chiarisce questo concetto.

*b*) L'interruzione di un arco di corrente alternata.

Per interrompere un arco di corrente alternata bisogna pertanto che durante il primo passaggio a zero della tensione, l'ambiente sia deionizzato. A tale scopo la temperatura dovrà essere sufficientemente diminuita ed il raffreddamento dovrà essere di conseguenza tale da bilanciare la produzione di calore dovuto alla dissipazione di energia elettrica. Questa si può ritenere 100 ÷ 1000 W per cm di arco. D'altra parte si può ammettere grossolanamente che un cm. di arco possa considerarsi come una colonna avente una superficie esterna di 1 cm².

Per il raffreddamento dell'arco si possono seguire due sistemi: o utilizzare la camera di esplosione di Hilliard e Parsons (fig. 2 *a*) oppure insufflare del gas attorno ad un contatto a spina (figura 2 *b*).

Nel primo caso la presenza di un liquido fa sì che i vapori prodotti dalla sua evaporizzazione avviluppano il contatto e lo raffreddano. Nel secondo si insufflano dei gas compressi ed allora tale raffreddamento può naturalmente precedere l'apertura del contatto stesso.

Orbene la dispersione di calore della colonna calda costituente l'arco può avvenire per

1° irraggiamento
2° convezione
3° conduzione
4° espansione del gas.

---

(1) ORNSTEIN e VERMEULEN: *Physik Z.*, fascicolo 70, pag. 564 (1931) e ENGEL e STEENBECK: *Wiss. Veroff. Siemens. Konz.*, fascicolo 10, pag. 155 (1931).
(2) BOLTZMANN e MAXWELL

---

(1) NERNST: *Theoretische Chemie*. Ediz. Enke. Stoccarda, 1926.
EGGERT: *Fisica*. Volume 20, pag. 570 (1919).
SAHA: *Fisica*. Volume 6, pag. 40 (1921).

Per quanto concerne l'irraggiamento, considerando la temperatura di un arco circa 6000° ass. si può valutare a 20 W/cm², la dispersione di calore nell'anidride carbonica, 10 W/cm² nel vapore d'acqua, e meno ancora nei gas azoto, ossigeno e idrogeno.

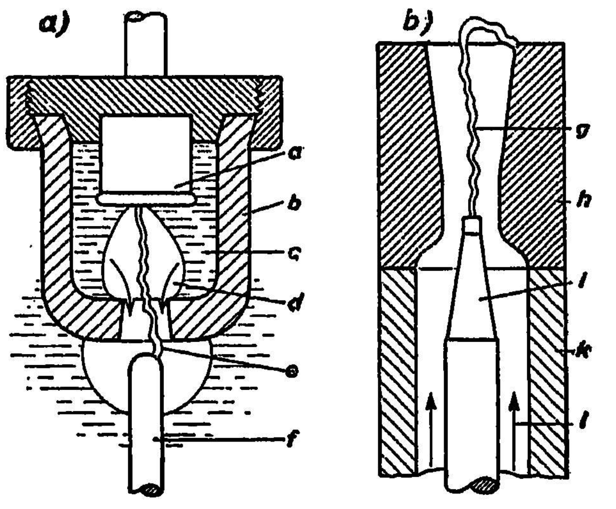



Fig. 2.

a) h) - contatto cavo. — b) - camera di estinzione. — c) - liquido. — d) - gas. e) g) - arco. — f) i) - contatto penetrante. — k) isolatore. — i) - gas campresso.

Le dispersioni di calore per convezione si possono considerare trascurabili. Assai sensibile è invece l'effetto della trasmissione per contatto dalla superficie della colonna dell'arco al gas circostante. Si possono considerare i seguenti valori di calore trasmesso per contatto:

| Gas | aria, azoto ossigeno | Anidride carbonica | Vapore di acqua | Idrogeno |
|---|---|---|---|---|
| W/cm² | 20 | 22 | 28 | 200 |

Va poi ricordato che durante la formazione di un arco, per effetto della ionizzazione, si produce un notevole aumento della dispersione di calore. La formula che tien conto del bilancio termico durante la dissociazione è secondo Nernst

$$\log \frac{4\, X^2\, P}{1 - X^2} = - \frac{U_0}{4{,}571} + \Sigma\, v \,.\, 2{,}5 \log T + \Sigma\; v\, C \qquad [4]$$

dove $X$ e $P$ hanno il significato noto, $U_0$ = calore di dissociazione molecolare allo zero assoluto, $\Sigma\ v$ = variazione del numero delle molecole durante il fenomeno, $\Sigma\ v\ C$ = variazione delle costanti chimiche.

Da un calcolo anche sommario colla [4] risulta che si tratta di trasformazioni di energia termica che sono assai superiori a quelle che occorrerebbero per portare la colonna dell'arco fino alla temperatura di dissociazione. D'altra parte la dissociazione avviene con assorbimento di calore e la ricombinazione degli ioni in atomi e molecole avviene con restituzione di calore. Come bilancio generale di questo fenomeno ne consegue un incremento di conduttività termica dovuto alla dissociazione che può salire anche del 11 % rispetto a quella che si avrebbe senza la presenza di quest'ultima. Il gas che da un incremento logicamente minore è l'azoto (1).

Per quanto riguarda la perdita di calore per espansione, detto $p$ la pressione media lungo 1 cm di lunghezza, $\Delta p$ = la caduta di pressione lungo tale elemento, $x = \frac{C_p}{C_v}$ il rapporto tra il colore specifico a pressione costante e quello a volume costante, $N$ = la quantità di calore assorbita per l'espansione, $w$ = la velocità del suono, $M$ = il peso molecolare del gas in questione, $q$ = la sezione della colonna dell'arco, nel caso di espansione adiabatica si ha:

$$N = k\, q\, \frac{\Delta p}{p}\, T$$

dove

$$k = \frac{4.187}{2.24 \times 10^4}\, C_v\, M\, w\, \frac{x - 1}{x} \qquad [5]$$

Da esperienze fatte si vede essere $N$ dello stesso ordine di grandezza del calore che si disperde per conduzione.

3) *Prove teoriche e sperimentali di spegnimento dell'arco in vari mezzi fluidi.*

L'interruzione dell'arco nell'olio avviene in una bolla di gas di cui il 70 % è vapore d'acqua. Dal punto di vista teorico quindi interessa il raffronto tra aria, azoto, ossigeno, anidride carbonica, vapore d'acqua e idrogeno. La tabella 2° porta una serie di dati sperimentali fatti nelle stesse condizioni e variando solo l'ambiente fluido.

TABELLA 2

| Elementi caratteristici | Unità di misura | Aria | Azoto | Ossigeno | Anidride carbonica | Vapore d'acqua | Idrogeno |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Intensità max interrotta ....... | A | 5 800 | 5 800 | 10 500 | 15 000 | 22 000 | 45 000 |
| Potenza » » ........ | MVA | 100 | 100 | 180 | 260 | 380 | 750 |
| » » » (con riferimento all'aria) | — | 1 | 1 | 1,8 | 2,6 | 3,8 | 7,5 |

Nella tabella 3 sono riassunti tutti i dati caratteristici relativi ad interruzioni avvenute nei diversi gas in esame.

(1) LANGMUIR: « Flames of Atomic Hydrogens »; *Gen. Electr. Rev.*, fascicolo 29, pag. 153 (1926).

TABELLA 3

| N° | Elementi caratteristici | Unità di misura e riferimenti | Aria | Azoto | Ossigeno | Anidride carbonica | Vapore d'acqua | Idrogeno |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Peso molecolare $M$ .................... | g | 29 | 28 | 21 | 44 | 18 | 2 |
| 2 | Calore molecolare $M\ C_v$ .................... | cal | 4,98 | 4,99 | 4,98 | 6,86 | 6,11 | 4,88 |
| 3 | $x = \frac{C_p}{C_v}$ | — | 1,41 | 1,41 | 1,41 | 1.30 | 1,135 | 1,41 |
| 4 | Velocità del suono $w$ .................... | m/sec | 340 | 348 | 323 | 264 | 470 | 1276 |
| 5 | Conduzione (al di sotto della temperatura di dissociazione) .......... | aria = 1 | 1 | 1 | 1 | 1,1 | 1,45 | 10 |
| 6 | Temperature in cui il 50 % delle molecole sono dissociate .................... | °assol. | 6 500 | 6 800 | 3 800 | 3 000 | 3 800 | 3 800 |
| 7 | Calore di dissociazione $U_0$ .................... | cal./mol. | — | 208 000 | 117 000 | 99 000 | 70 000 | 101 000 |
| 8 | Costante d'espansione $k$ .................... | aria = 1 | 1 | 1,02 | 0,96 | 0,85 | 0,71 | 3,7 |
| 9 | Intensità del campo elettrico in un arco di 3 A | aria = 1 | 1 | 1 | 2,3 | 1,7 | 4,4 | 13,5 |
| 10 | Potenza interrotta .................... | aria = 1 | 1 | 1 | 1,8 | 2,6 | 3,8 | 7,8 |

Dall'analisi di questi dati si conclude che l'importanza della sottrazione del calore per conduzione, tenuto però conto della ionizzazione e dell'intensità del campo elettrico nell'arco, sono fattori decisamente predominanti sul valore della potenza interrotta.

Da altri studi teorico-sperimentali si è pure notato che la lunghezza della traiettoria libera degli ioni diminuisce più rapidamente col diminuire della temperatura per l'anidride carbonica ed il vapore d'acqua che non nel caso degli altri gas in questione. Poichè però anche con i primi si possono interrompere degli archi di notevole potenza, bisogna ammettere che l'effetto della condensazione delle molecole non ha importanza sul valore della potenza interrotta.

4) *Interruttori in acqua.*

L'acqua, per quanto si è visto, è uno dei fluidi che riunisce in sè le migliori qualità per essere utilizzato come mezzo di spegnimento dell'arco. Inoltre i vapori d'acqua hanno il grande vantaggio di opporre la massima resistenza al movimento libero degli ioni per le basse temperature (e quindi durante il passaggio a zero della tensione). Speciale attenzione deve essere fatta per la costruzione della camera di esplosione affinchè i vapori d'acqua abbiano ad investire violentemente la colonna dell'arco.

Per la esecuzione pratica dell'interruttore ad acqua si può adottare uno dei sistemi schematizzati nella fig. 3.

Per ogni singolo tipo si hanno le seguenti caratteristiche.

della fig. 4 ha oltre tutto anche il vantaggio di ammortizzare il rumore dovuto all'apertura dell'arco.

L'apertura avviene con violenza sia elettricamente che per effetto di molle.

I contatti sono solitamente del tipo a tulipano. In questi in-

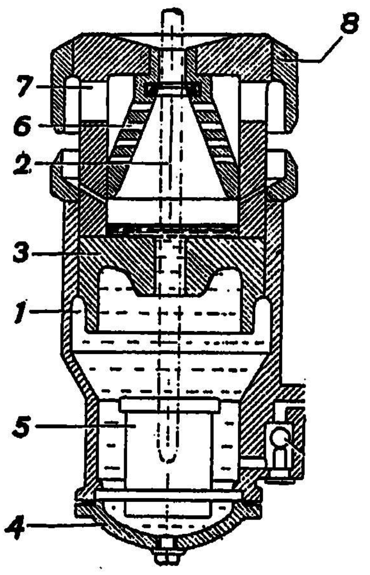



Fig. 4.

1) - Camera di esplosione. — 2) - Camera di raccolta dell'acqua. — 3) - Setto divisore. — 4) - Fondo. — 5) - Contatto. — 6) - Imbuto. — 7) - Aperture. — 8) - Coperchio.

| Tipo | b | c | d | e | f |
|---|---|---|---|---|---|
| | Per montaggio su parete, con poli affrancati. | Interruttore tripolare con poli ai vertici di un triangolo equilatero. | A squadra con poli affiancati. | Costruzione a portale simmetrico con poli affiancati. | Doppia rottura come negli interruttori in olio con poli affiancati. |
| Vantaggi | Economico. Piccolo ingombro. Accessibilità. | Economico. Piccolo ingombro. Accessibilità. Moto simultaneo e verticale dei contatti. | Accessibilità. Uno degli isolatori portanti non soggetto a flessione. | Costruzione solida. Possibilità di arrivare coi conduttori da varie direzioni. Nessuna sollecitazione di flessione degli isolatori. | Semplicità, stabilità. Nessuna sollecitazione a flessione degli isolatori. Adatto per forti potenze. |
| Svantaggi | Sollecitazione a flessione delle parti isolanti. | Sollecitazione e flessione della traversa isolante superiore. | Un isolatore molto sollecitato a flessione. | Camera di espansione del polo centrale poco accessibile. | Ingombro sensibile specie se la linea arriva dall'alto. |

Alcuni costruttori danno la preferenza ai tipi *c* ed *e*, altri al tipo *b*.

La camera d'espansione contiene una quantità limitata di acqua e perciò alcune case prevedono un serbatoio laterale che rifornisce il fluido volatizzato. Altri tipi invece sono costruiti in modo da permettere la ricarica del liquido anche con l'in-

terruttori ha una importanza notevole la rapidità, non solo della apertura, ma anche della chiusura. Quest'ultima può essere ottenuta in alcuni casi mediante molle che devono essere di volta in volta caricate preventivamente, oppure mediante la forza viva immagazzinata in un volano od infine mediante motore elettrico che agisce su molle e leve di rinvio. Date le

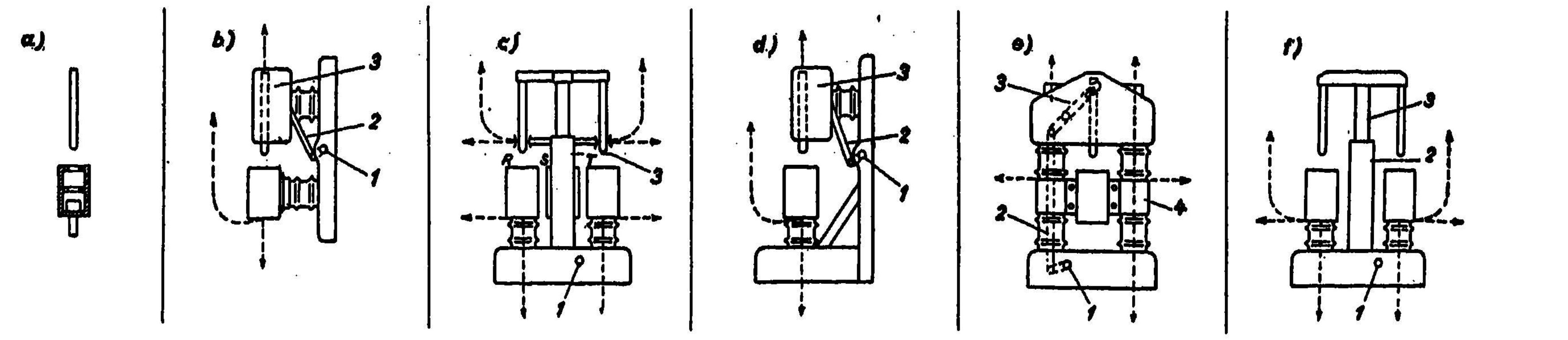



Fig. 3.

1) - Leva di comando. 2) - Leva di materiale isolante. 3) - Guida dei contatti. 4) - Serbatoio per l'acqua.

terruttore in esercizio, servendosi di un fioretto. È però sempre prudente operare con interruttore fuori servizio.

La camera d'espansione è in materiale isolante oppure metallico rivestito di isolante. La forma è studiata in modo da impedire al massimo la volatizzazione dei vapori d'acqua e di sfruttare bene il flusso dei vapori stessi contro i contatti. Il tipo

notevoli velocità degli organi in movimento, bisogna dedicare particolare attenzione allo smorzamento della forza viva a fine corsa delle leve stesse.

Un vantaggio non indifferente degli interruttori ad acqua sta nella possibilità di poter verificare dopo ogni apertura lo stato dei contatti che sono visibili.

La fig. 5 dà l'oscillogramma di una apertura di circuito a tensione nominale 10 kV, corrente nominale 600 A. La potenza interrotta su un polo è di kV 8,2 × 25 000 A = 205 kVA.

Per quanto riguarda l'esercizio, gli interruttori in acqua sono fortemente insidiati dalla concorrenza commerciale degli interruttori in olio e da quelli a gas compresi. Si può ritenere che i 30 kV siano già un limite superiore oltre il quale l'interruttore pur essendo ancora suscettibile di ulteriori migliorie. E ciò specie nelle sottostazioni all'aperto dove una eventuale esplosione di un interruttore in olio non può arrecare il danno che sarebbe da temersi in un ambiente chiuso.

La fig. 6 dà l'oscillogramma di un interruttore unipolare a gas per tensione nominale di 100 kV, corrente nominale di 600 A potenza interrotta di 78 kV × 7950 = 620 MVA.

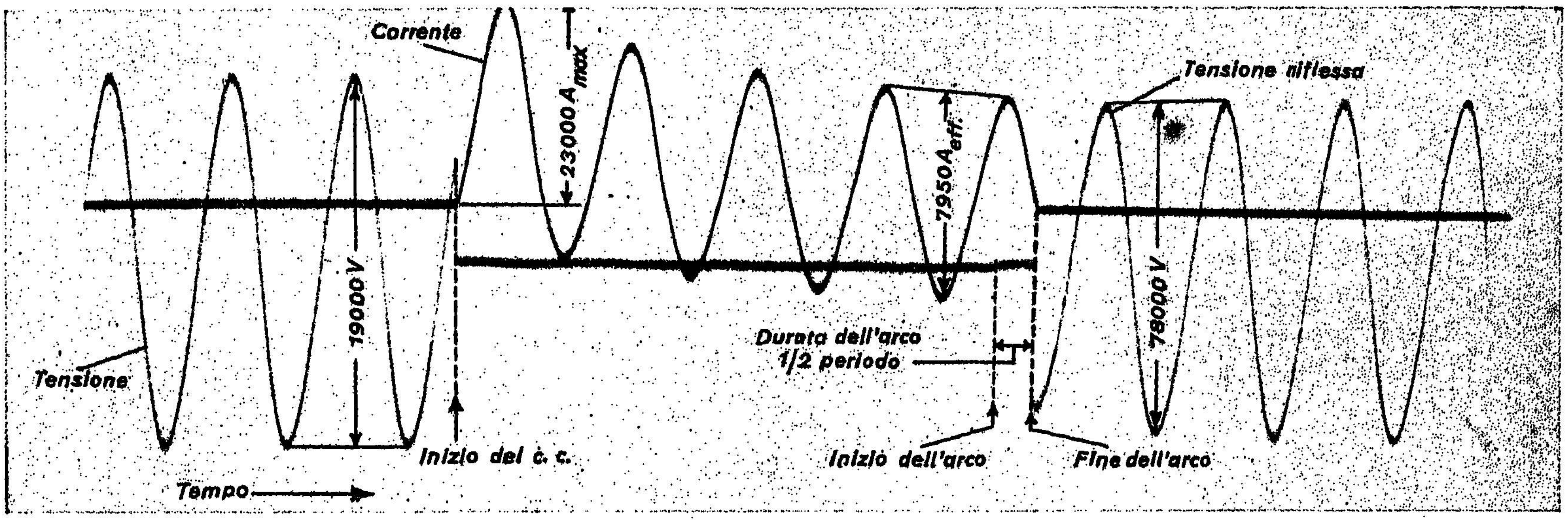



Fig. 5. - Oscillogramma dell'apertura di un circuito a 10 kV di tensione nominale e 600 A di corrente nominale con interruttore ad espansione. Capacità di rottura per polo: 205 MVA.

in acqua non è più conveniente dal punto di vista economico. Un limite inferiore, sempre riguardo al costo, può essere quello di 6 kV, per quanto in questo caso non va dimenticato che l'interruttore ad acqua gode il vantaggio di una notevole supremazia tecnica su quelli in olio.

5) *Interruttori a gas compressi.*

Questi interruttori sono studiati in modo che il raffreddamento dei contatti viene eseguito a mezzo di una corrente di gas in pressione. Nel caso di numerosi interruttori istallati in uno stesso luogo, tale gas (solitamente aria o anidride carbonica) deve essere predisposto con un opportuno impianto autonomo centrale. In caso contrario la produzione del gas in pressione può essere generata singolarmente per ciascun interruttore.

Le figg. 7 e 8 rappresentano rispettivamente un tipo di interruttore a gas compresso per forte intensità (2000 A, 20 kV, 400 MVA) e uno per alta tensione (100 kV).

Tra gli interruttori a gas compressi merita una speciale attenzione un tipo studiato in Francia per alcune particolarità che lo distinguono. Constatato anzitutto che lo spegnimento dell'arco avviene con maggior facilità quando l'aria è soffiata perpendicolarmente ai contatti (1), è stato studiato il fenomeno di detto spegnimento tenendo conto solo delle variazioni della tensione e della corrente.

Supponiamo da prima di avere un cos $\varphi = 1$.

Detto $u = U_m \operatorname{sen} 2\pi f_0 t$ la f. e. m. sinusoidale della corrente che deve essere interrotta, sarà.

$$\left(\frac{du}{dt}\right)_1 = 2\pi f_0 U_m \qquad [6]$$

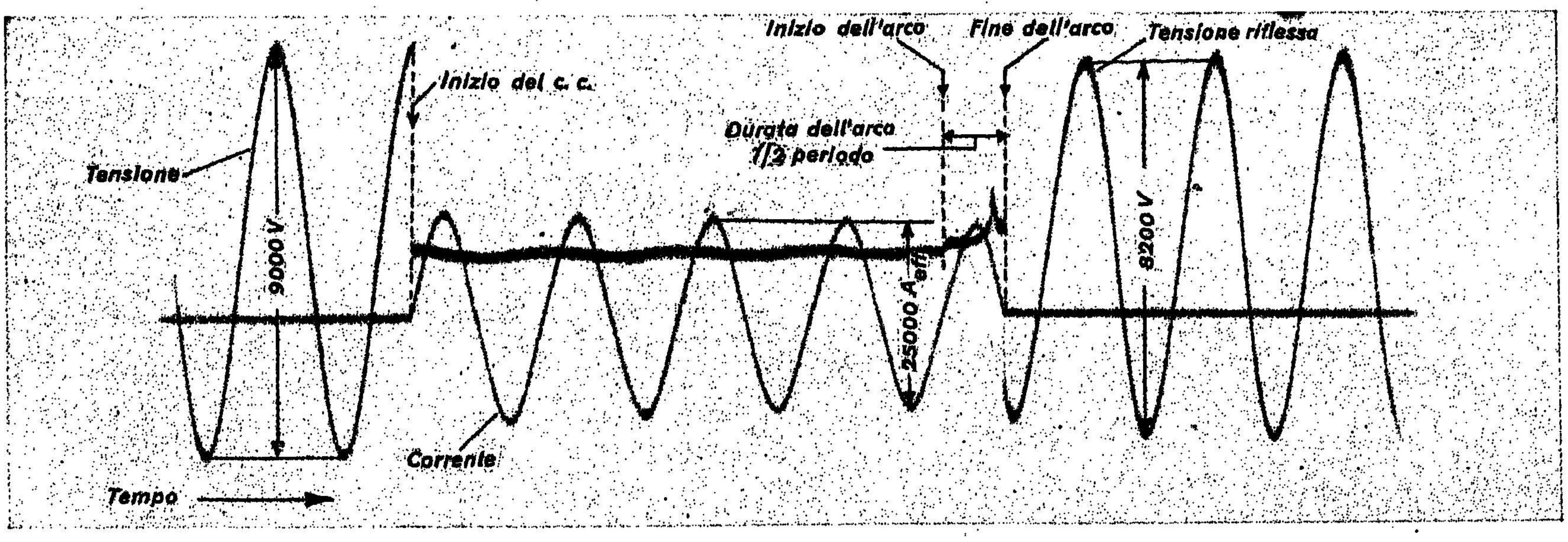



Fig. 6. - Oscillogramma dell'apertura di un circuito a 100 kV di tensione nominale e 600 A di corrente nominale con interruttore a gas. Capacità di rottura per polo: 620 MVA.

Per tensioni fino a 45 kV basta una interruzione semplice; di questo tipo di interruttore sono caratteristiche le dimensioni ridotte ed il piccolo peso. Dato poi che le masse in moto sono poche, anche le fondazioni richieste diventano modeste.

Questo tipo di interruttore ha il vantaggio di avere anch'esso i contatti visibili a circuito aperto e di permetterne la sostituzione, in caso di bisogno, senza dover spostare l'interruttore dalla sua ubicazione di esercizio.

Interruttori di questo tipo sono già stati costruiti per 220 kV di tensione d'esercizio e 3 × 1500 MVA di potenza.

Dal punto di vista dell'esercizio questo genere di interruttore trova un temibile concorrente nell'interruttore in olio che ha raggiunto in questi ultimi anni dei notevoli perfezionamenti, la variazione del potenziale applicato tra i contatti dell'interruttore nell'istante successivo all'apertura ($f_0$ = frequenza di esercizio).

Per cos $\varphi = 0$ risulterà invece

$$\left(\frac{du}{dt}\right)_0 = 2\pi f U_m \qquad [7]$$

---

(1) *Bulletin de la Société Française des Electriciens*, N. 13 (1932), pag. 77 e seguenti.

dove $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ dipende esclusivamente dalle caratteristiche proprie del circuito e può salire a 3000 e 4000 periodi e anche di più.

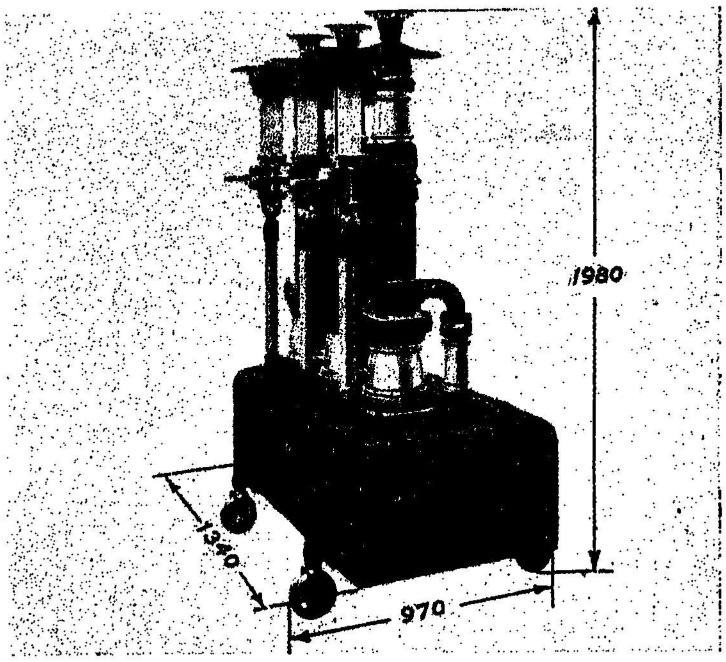



Fig. 7. - Interruttorre a gas 20 kV - 200 A. Capacità di rottura 400 MVA.

Detto $U_A$ la tensione necessaria al ripristino di un arco dopo un passaggio a zero della corrente si potrà porre

$$U_A = 2\,l\,a \quad \text{V} \qquad [8]$$

dove $2l$ = distanza fra i contatti,
$a$ = costante.

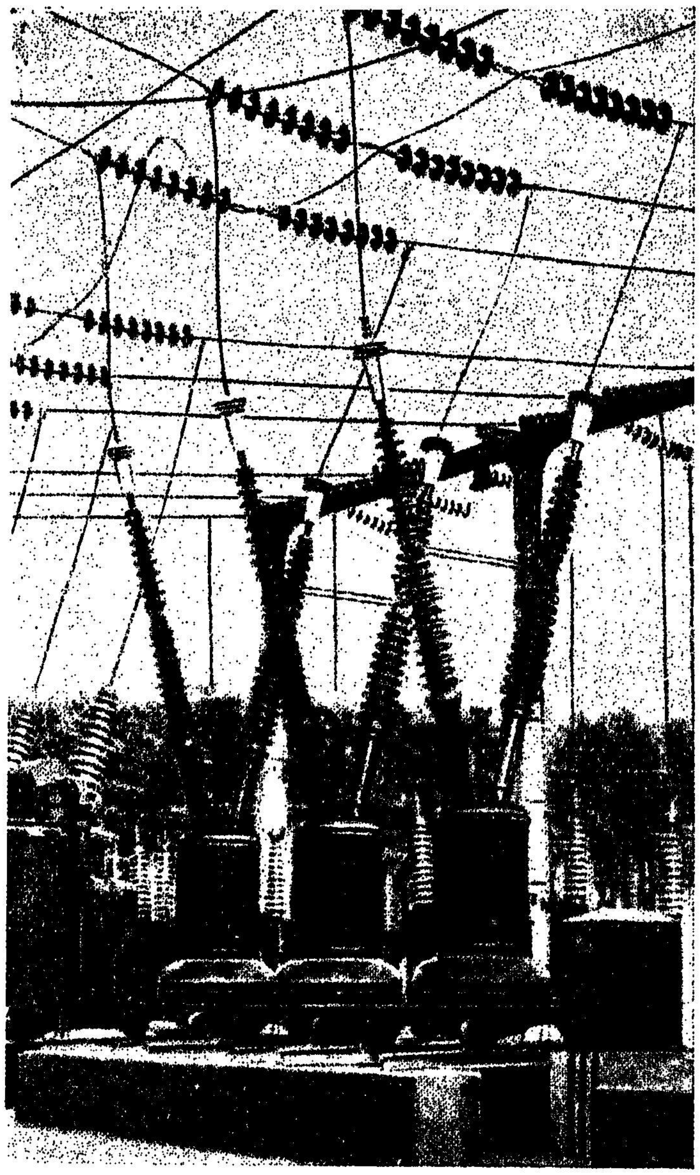


Fig. 8. - Interruttori a gas per 100 kV per esterno.

Essendo $l = vt$, $t$ = tempo e $v$ = velocità dell'aria che investe gli elettrodi e che quindi allunga l'arco, la [8] diventerà

$$U_A = 2avt \quad \text{V} \qquad [9]$$

Per impedire che l'arco si riaccenda dovrà essere

$$\frac{du}{dt} < \frac{U_A}{t} \text{ ossia } < 2av \quad \text{V/sec} \qquad [10]$$

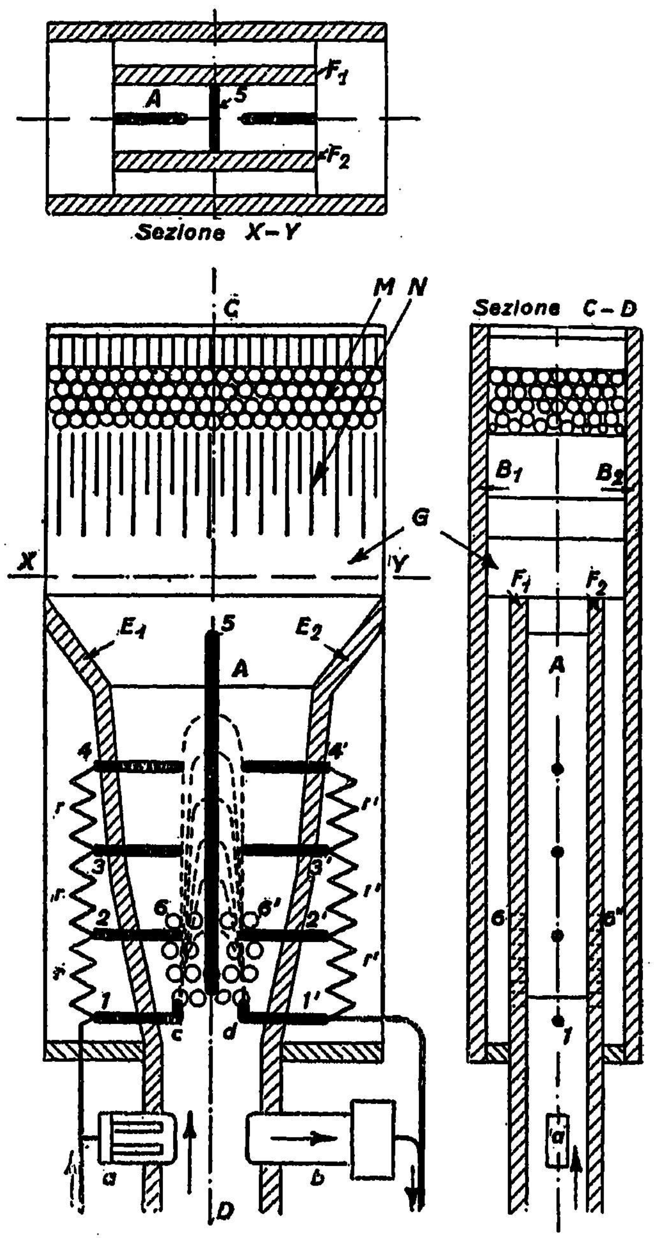



Fig. 9. - Schema di un nuovo tipo di interruttore ad aria compressa.

Si vede quindi come interessi ritardare l'incremento di $u$ il più possibile. A tale scopo, se al momento della formazione de l'arco si immettono delle resistenze crescenti tali da diminuire l'intensità della corrente e da migliorare il cos φ, dopo alcuni passaggi a zero della corrente, le condizioni potranno già essere tali da impedire in base alla [10] il riformarsi dell'arco. Per

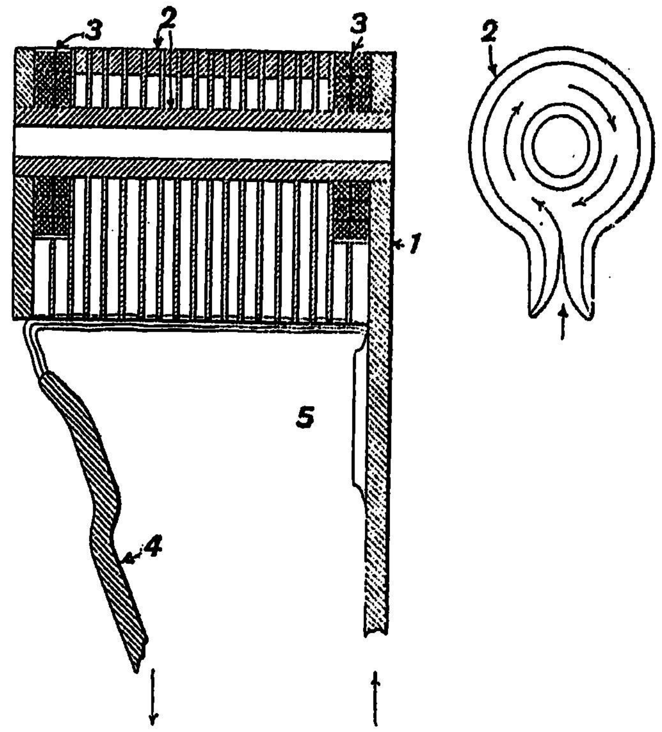



Fig. 11. - Camera deionizzata per interruttore.
1) - Lamiera di metallo. — 2) - Isolante. — 3) - Avvolgimento magnetico.
4) - Contatto mobile. — 5) - Contatto fisso.

ottenere ciò in un modo automatico e semplice si ricorre allo schema della fig. 9. Il contatto *b* è mobile e si stacca da quello *a*; contemporaneamente i due contatti sono investiti da una colonna d'aria che sposta l'arco e lo adesca tra i contatti *c* e *d*, che sono, in serie con le resistenze ohmiche *r* e *r'*. Poi l'arco passa e dei tubi atti a formare un labirinto per smorzare la vampata e attutire il colpo.

La fig. 10 dà l'oscillogramma di una interruzione trifase di 310 000 kVA a 12 000 V ottenuto con un interruttore del tipo ultimo descritto.

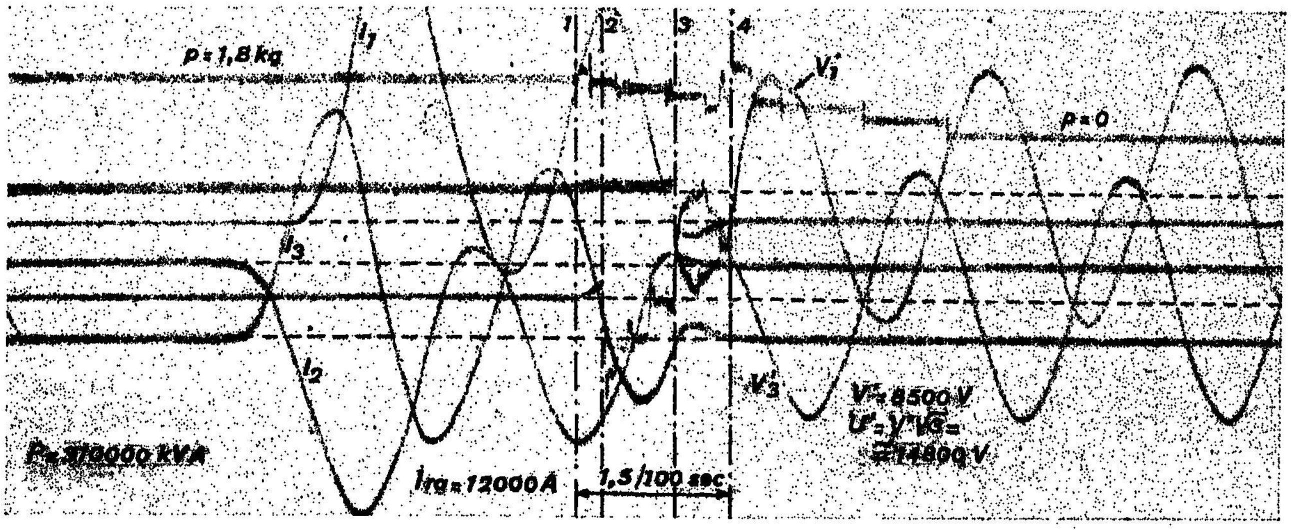



Fig. 10. - Oscillogramma di una rottura trifase di 310000 kVA (12000 A – 15000 V).

In 1) ha luogo l'apertura simultanea dei contatti delle 3 fasi. In 2) il primo passaggio a zero di $I_2$ è inserzione delle resistenze di questa fase. In 3) primo passaggio a zero di $I_1$, secondo passaggio a zero di $I_3$, inserzione totale delle resistenze di queste due fasi, interruzione di $I_2$ ridotta. In 4) interruzione della corrente ridotta in $I_1$ e $I_3$. Tempo complessivo di rottura 1,5/100 sec.

sui successivi contatti che sono in serie con resistenze ohmiche sempre crescenti. Una volta che la corrente sia passata a zero, la riaccensione dell'arco avverrà solo sui contatti 4 e 4' che non sono shuntati da altre resistenze e ciò perchè, facendo un computo numerico si constata che la variazione di tensione $\frac{du}{dt}$ sui detti contatti è circa il triplo di quella di accensione dell'arco che compete alla velocità massima che con l'aria che effettivamente si può raggiungere.

Lo spegnimento definitivo dell'arco avverrà invece al successivo passaggio a zero della corrente.

Nella fig. 9 il setto 5 serve a spezzare in due parti l'arco, a ridurne la lunghezza e quindi l'energia sviluppata. In prossimità dei contatti *c* e *d* vi sono dei fori atti a diminuire la pressione che si forma durante l'accensione dell'arco. Superiormente al camino formante il capo dell'interruttore esistono poi dei setti

6) *Interruttori in aria a camera deionizzata* (1).

Mentre è regola generale ridurre al minimo l'estensione dell'arco per diminuire l'energia resa libera e trasformata in energia termica, nel caso degli interruttori in aria a camere deionizzate si fa astrazione da questa precauzione. L'arco è costretto a passare entro una serie di camere (fig. 11) nelle quali esso si spezzetta in una successione di piccoli archi. Ciascuno di questi, per effetto di un opportuno campo magnetico, è costretto a lambire una superficie fredda di rame che impedisce il riaccendersi dell'arco dopo il passaggio a zero della tensione.

Interruttori di questo tipo sono stati studiati per voltaggi da 400 V a 25 kV e per potenze fino a 1000 MVA. Questo tipo di apparecchio si presta maggiormente sopratutto per impianti interni.

G. R. M.

(1) *Engineering*, Vol. CXXIX, pag. 152 (1930).

# RASSEGNA TECNICA

## a) LA DIGA SUL TORRENTE SORPE

*Der Bauingenieur*, 11 marzo 1932. – D. ZIEGLER.

Il torrente Sorpe, affluente di sinistra della Ruhr, è alimentato da un bacino di kmq 51.5, il cui contributo medio annuo è di $34 \times 10^6$ mc circa. Il serbatoio creato mediante la diga in oggetto ha invece una capacità di $80 \times 10^6$ mc ed è principalmente destinato alla regolazione pluriennale dei deflussi, con particolare riguardo alla integrazione delle magre annuali più sentite, che presentano una periodicità di circa 7 anni.

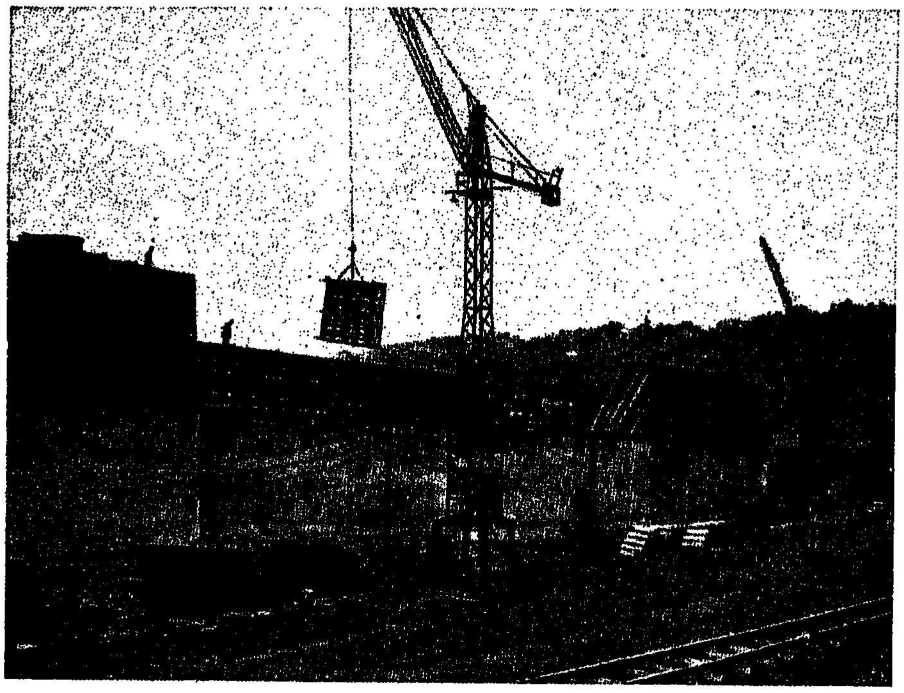


Fig. 1. - Diga sul t. Sorpe: Spostamento delle armature matalliche.

La diga di ritenuta, del tipo in terra con diaframma centrale in muratura di calcestruzzo, è stata fondata su formazioni arenarie. La sua altezza massima è di m 64 sulla fondazione e l'altezza massima di ritenuta è di m 56. La larghezza massima alla base è di m 307,50. Lo sviluppo del coronamento è di m 700 ed il volume complessivo, di mc 3 250 000. Lo spessore al coronamento è di m 10. Le pendenze dei paramenti sono:

a monte: 1 : 2 ¼, a valle: 1 : 1 ¼ (al coronamento).

Questa pendenza diminuisce di ¼ ogni 8 m di profondità fino a raggiungere la pendenza di 1 : 3 ¼. Verso monte il paramento è rivestito con blocchi annegati in un sottofondo di calcestruzzo con nervature in cemento armato. La rimanente parte è rivestita con blocchi di pietra.

Il diaframma in muratura ha uno spessore di m 6,50 alla base e di m 1.25 al coronamento e ha un taglione a monte largo m 2 e profondo m 1; è percorso per tutta la sua lunghezza da un cunicolo di ispezione e di drenaggio cui fanno capo dei tubi verticali in cemento, pure di drenaggio. Inoltre, a valle del diaframma, esiste un muretto a secco eseguito con grossi blocchi ed atto a lasciar defluire eventuali acque di infiltrazione. Il diaframma è tagliato poi da opportuni giunti trasversali di dilatazione (figg. 2 e 3).

Le opere di scarico dell'invaso constano di uno stramazzo di 100 m di lunghezza con un'altezza di lama stramazzante di cm 43; di uno scarico di fondo in sponda sinistra e di una presa in sponda destra. Questa alimenta una centralina di punta che scarica in un serbatoio di compensazione della capacità di 300 000 mc da cui si attinge l'acqua per alimentare un successivo impianto per servizio di base.

Dal punto di vista costruttivo è interessante il sistema di armature metalliche mobili che sono state impiegate per la gettata del nucleo. Queste armature sono formate da tavole metalliche nervate di 50 × 50 cmq, che possono essere fissate tra di loro a mezzo di spine passanti entro orecchioni appositi.

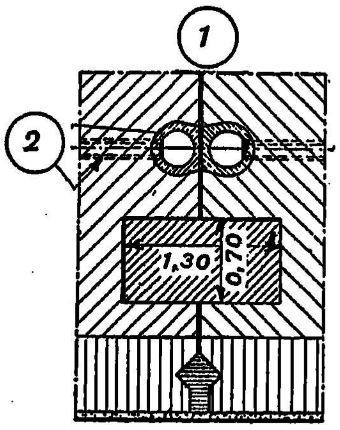



Fig. 2. - Giunto di dilatazione del diagramma centrale in calcestruzzo della Diga sul t. Sorpe.
1) Giunti, 2) Tubi di drenaggio in cemento.

Formandosi delle armature di dimensioni notevoli, vengono aggiunti verso l'esterno dei ferri sagomati di irrigidimento, come è ben visibile nella fig. 1.

Un vantaggio notevole che si ha con le armature metalliche consiste nel fatto che le superfici non necessitano alcuna intonacatura risultando queste per sè stesse sufficientemente impermeabili. Inoltre si può impiegare un impasto più magro e più asciutto non essendovi l'assorbimento di acqua dovuto al legname.

Nella diga in oggetto la dosatura del calcestruzzo componente il nucleo era di 180 kg/mc di cemento e 80 kg/mc di calce.

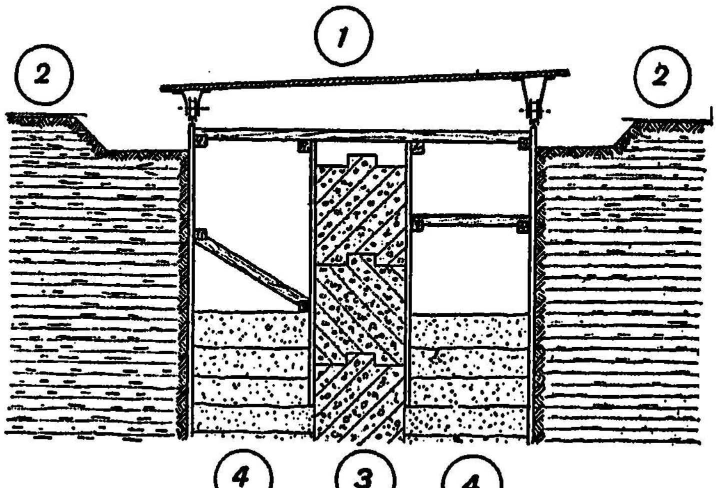



Fig. 3. - Costruzione del diaframma centrale in calcestruzzo della Diga sul t. Sorpe in trincea artificiale ricavata nella costruenda diga. Le camere di lavoro vengono poi riempite con sabbia incoerente.
1) tetto di protezione mobile,
2) terra di riempimento (argilla),
3) diaframma in calcestruzzo,
4) sabbia.

Il materiale prelevato da silos veniva impastato nella apposita mescolatrice situata di fronte alla diga; indi il calcestruzzo, sollevato a mezzo di benne, veniva scaricato in un imbuto alimentante i canali di distribuzione.

A gettata ultimata, contro il nucleo centrale, vennero applicati due strati (uno a monte e uno a valle) di sabbia. Questi strati, impregnati in seguito con argilla portata in sospensione dall'acqua, risultarono completamente impermeabili.

La parte in argilla della diga venne costruita con un sistema semi idraulico. Man mano che procedevano le parti esterne formanti i paramenti della diga stessa, costituite da materiale permeabile, venivano installate le rotaie di una Decauville di servizio sul sommo della parte già ultimata. A mezzo di vagonetti l'argilla veniva poi convogliata e scaricata lungo i binari stessi. Da qui il materiale poteva essere fatto fluire nella zona a cui era destinato a mezzo di potenti getti d'acqua.

G.R.M.

---

b) **LE TURBINE DELLA CENTRALE IDROELETTRICA DI RYBURG-SCHWÖRSTADT**

*Bollettino Ateliers des Charmilles Genève,* febbraio 1932.

Questo grande impianto sul Reno, che sorge fra la Francia la Svizzera e la Germania, ha già formato oggetto di numerose pubblicazioni che ne mettono in evidenza le caratteristiche

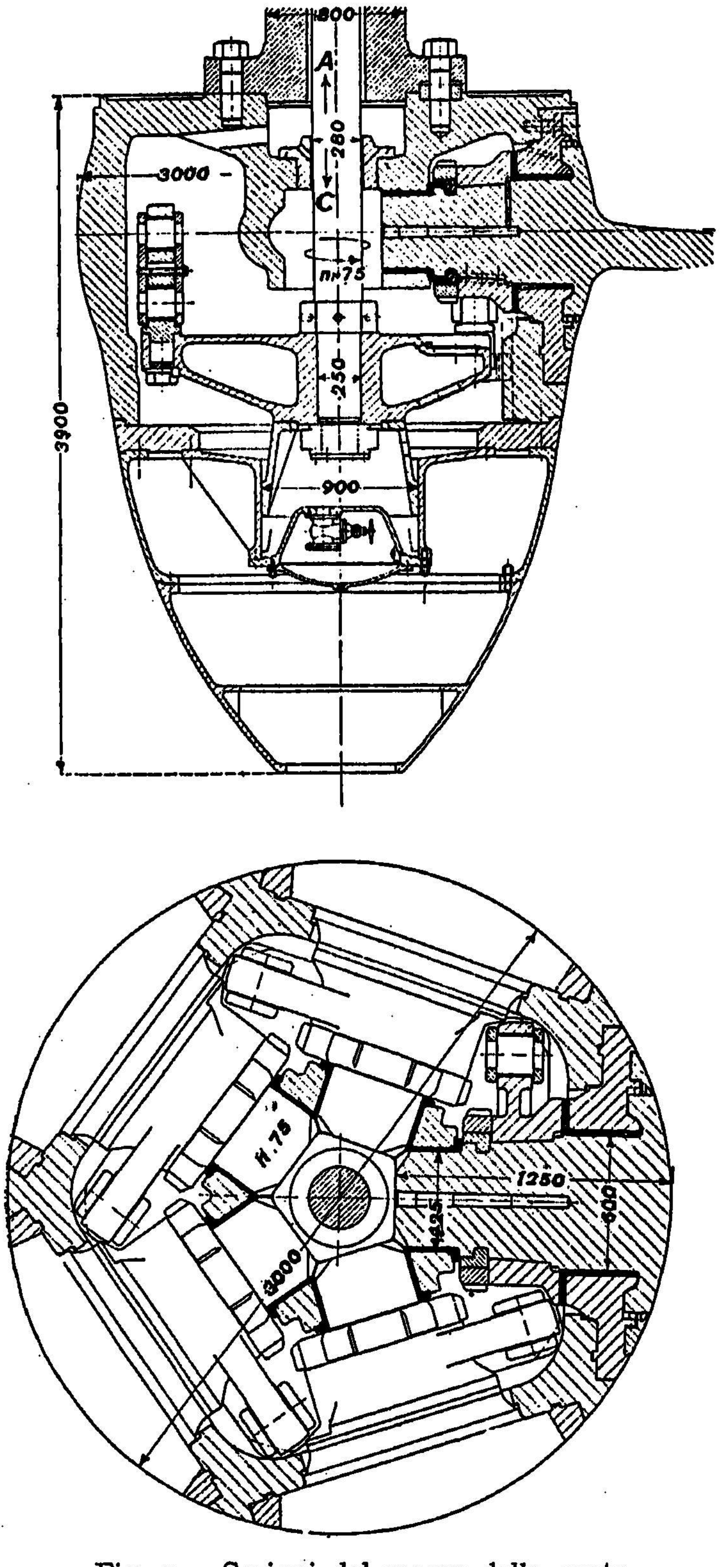



Fig. 1. - Sezioni del mozzo della ruota.

generali e le principali particolarità costruttive. Di esso si è anche occupato la nostra Rivista (1).

Dal Bollettino della Soc. Ateliers des Charmilles, una delle Ditte che hanno fatto parte del consorzio formatosi per la costruzione del macchinario, stralciamo per i nostri lettori alcuni dati relativi alle turbine.

La centrale, affiancata allo sbarramento, occupa la metà destra del fiume, ha la lunghezza di m 116 e contiene 4 turbine che possono essere isolate dal livello a monte mediante ture, collocabili in posto con apposite grue da 75 tonn. La portata totale

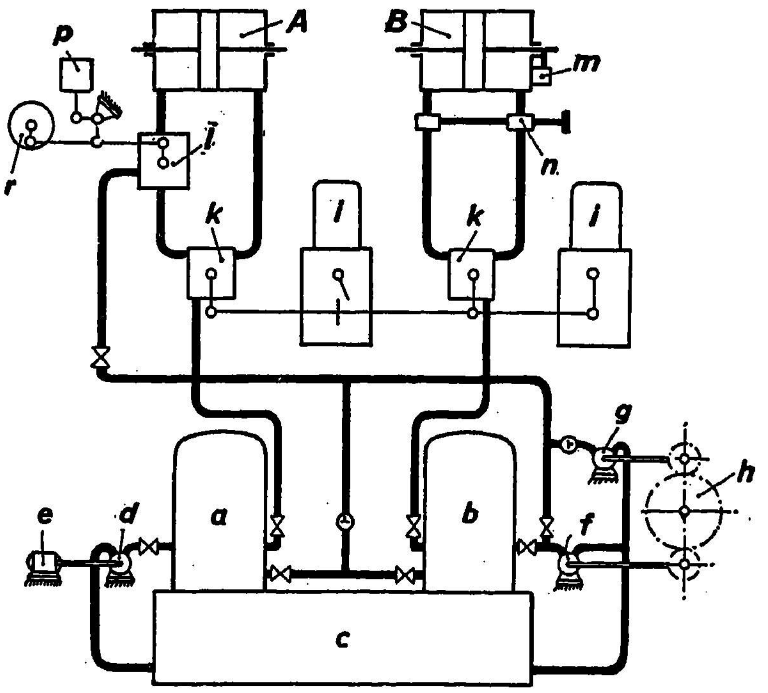



Fig. 2. - Schema dei dispositivi di regolazione.

*A*) Servomotore della ruota. — *B*) Servomotore del distributore. — *a*) Campana d'aria per il servomotore *A*. — *b*) Campana d'aria per il servomotore *B*. — *c*) Serbatoio dell'olio. — *d*) Pompa ad olio normale per il servomotore *A*. — *e*) Motore elettrico. — *f*) Pompa ad olio per il servomotore *B*. — *g*) Pompa di soccorso. — *h*) Corona dentata per il comando di *f* e *g*, calettata sull'albero della turbina. — *i*) Regolatore accelerotachimetrico. — *k*) Distributore dell'olio. — *l*) Valvola di commutazione. — *m*) Apparecchio di blocco. — *n*) Meccanismo di manovra a mano. — *p*) Elettromagnete. — *r*) Limitatore della velocità di fuga.

assorbita, con la caduta media di m 10,80 (la massima è di m 12,50) è di 1000 mc/sec, ciò che corrisponde ad una produzione annua normale di 600 milioni di kWh circa. Le turbine sono del tipo Kaplan, ad asse verticale, della potenza di 42 500 HP ciascuna col salto di m 12,50, alla velocità di 75 giri. Esse sono collegate agli statori degli alternatori mediante incastellature che si appoggiano sui distributori, i quali trasmettono alle sottostanti fondazioni il carico totale di 1600 tonn per ogni gruppo. Il distributore ha un diametro esterno di m 11,60 e comprende 24 pale alte complessivamente m 4 e pesanti kg 1850

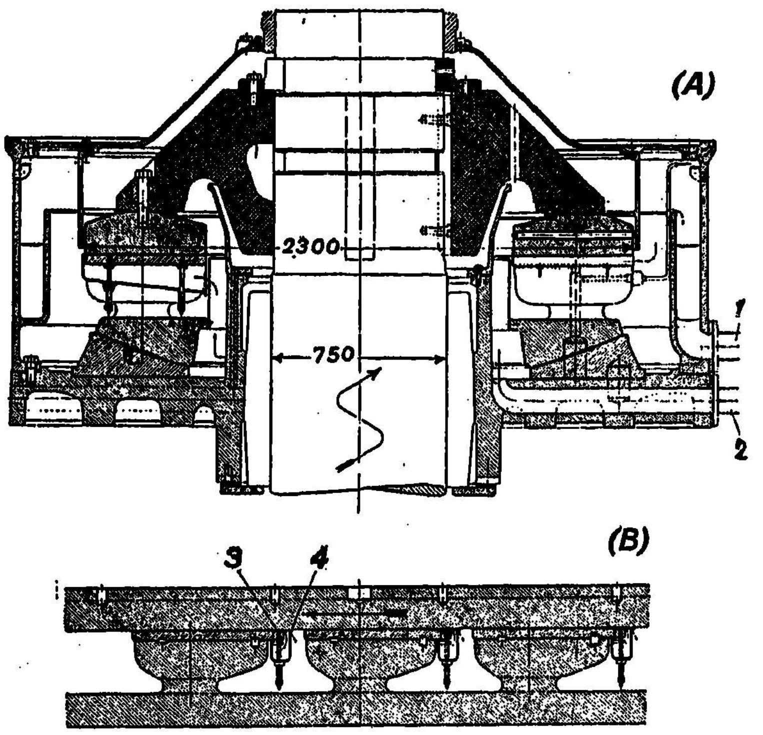



Fig. 3. - *A*) Sezione di un perno portante. — *B*) Sezione sviluppata sull'asse dei pattini.

1 - Olio caldo. 2 - Olio proveniente dal refrigerante. 3 - Arrivo dell'olio. 4 - Spurgo dell'olio.

ciascuna; speciali accorgimenti si sono resi necessari per l'esecuzione di un corretto montaggio. La ruota, del peso di 105 tonn, con un diametro di m 7, ha 5 pale mobili, ognuna delle

---

(1) *En. El.* 1928, pag. 856: « L'impianto Idroelettrico di Ryburg-Schwörstadt ».

*En. El.* 1930, pag. 164: « Stato odierno dei lavori dell'Impianto di Ryburg-Schwörstadt, con speciale riguardo alle gettate inerenti alla centrale ».

quali, in caso di fuga, alla velocità di 175 giri, sviluppa una forza centrifuga di 800 tonn; la lubrificazione dei perni è conseguita mediante 3500 kg di olio contenuti in ogni mozzo. Detta ruota è calettata all'estremità inferiore dell'albero, che è cavo per il passaggio della leva di comando, ed ha un diametro massimo di 800 mm (v. fig. 1). Il servomotore di azionamento della suddetta leva può sviluppare un lavoro di 240 000 kgm, necessario per la rotazione delle pale; esso è, in questa installazione, disposto fra la flangia dell'albero della turbina e quella dell'alternatore. È interessante notare come, per misura di sicurezza, possa essere reso indipendente, all'occorrenza, il sistema di regolazione della velocità da quello di regolazione del distributore e della ruota, avendo ciascuno una installazione propria di olio sotto pressione. Lo schema semplificato della regolazione totale è reso evidente dalla figura 2.

La spinta complessiva di 900 tonn (di cui 250 tonn dovute al rotore dell'alternatore e al suo albero, 200 dovute alla parte rotante della turbina e 450 tonn dovute alla spinta idraulica) è sopportata da un perno portante, disposto sulla incastellatura superiore dell'alternatore. Il perno è del tipo a lubrificazione automatica, in modo che l'olio caldo che ha lavorato su di un pattino non va al pattino successivo, ma al serbatoio, dove è raffreddato prima di ritornare in circolazione (fig. 3).

La grandiosità dell'impianto ha richiesto mezzi ed apparati altrettanto grandiosi per la misura delle portate. Si è precisamente seguito lo stesso metodo, naturalmente più in grande, adottato per l'impianto di Chancy-Pougny, che ha dato ottimi risultati. Esso consiste nell'adozione di mulinelli multipli con registrazione automatica delle indicazioni; nel caso presente per ogni turbina sono state eseguite 24 prove, in ciascuna delle quali si è misurata la velocità dell'acqua in 360 punti. I risultati hanno condotto all'accertamento di rendimenti superiori al 90%, nel campo compreso fra 12 700 HP e 34 800 HP, con un massimo di 92,7% in corrispondenza di 24 000 HP ed a rendimenti superiori all'80 % per potenze fra 12 700 e 6000 HP nonchè per tutte le potenze superiori ai 34 800 HP.

Ru.

## c) APPLICAZIONE DEI METODI ELETTRICI ALLO STUDIO DEI PROGETTI DI GALLERIE E DI SBARRAMENTI

*Annales des Ponts et Chaussées*, marzo-aprile 1932. – INGG. SCHLUMBERGER e LEONARDAN.

Com'è noto, da molti anni i metodi elettrici sono adoperati per ricerche minerarie e geologiche; la loro applicazione però allo studio del sottosuolo, per i problemi specialmente inerenti le costruzioni idrauliche, ha data recente, ma si possono già annunciare risultati brillanti. Gli A. nel loro articolo, espongono precisamente i principi su cui si basano le misure elettriche effettuate in questo campo e le interpretazioni che ad esse bisogna dare, con l'indicazione di problemi effettivamente risolti.

Le rocce conducono la corrente elettrica soltanto attraverso l'acqua di imbibizione che esse contengono; la resistività viene espressa in Ω. mq/m e questa unità permette di avere valori compresi fra 1 e 2000 unità. Così le argille e le formazioni argillose hanno resistività comprese fra 10 e 30 unità, i terreni calcaro-argillosi, valori fra 20 e 400 unità; più resistenti elettricamente sono le masse eruttive, che raggiungono valori compresi fra 200 e 2000 unità circa, a seconda della maggiore o minore compattezza.

Le sabbie silicie sono elettricamente resistentissime, mentre meccanicamente sono senza solidità, esse quindi fanno eccezione alle legge generale di proporzionalità fra la resistenza meccanica e la resistenza elettrica; tuttavia il loro studio permette di differenziare i materiali impermeabili come le argille, dai materiali permeabili, come le sabbie e le ghiaie.

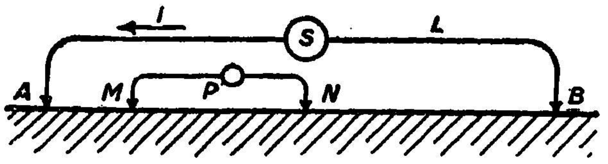



Fig. 1. - Schema per le misure di resistività.

La fig. 1 riporta lo schema generalmente usato per tali misure di resistività; in esso $S$ rappresenta la sorgente di energia (batteria di pile), che mediante un filo isolato $L$, fa circolare la corrente $i$ nella terra, attraverso i punti di contatto $A$ e $B$. La misura delle differenze di potenziale fra due elementi $M$ ed $N$, compresi fra $A$ e $B$ è rilevata dal potenziometro $P$, e la resistività specifica $\rho$ del terreno; supposto omogeneo, secondo la formola data dagli A. è:

$$\rho = \frac{\Delta V}{i} \times \frac{AM.AN}{MN},$$

in cui $\Delta V$ è la differenza di potenziale misurata fra $M$ ed $N$. La teoria e l'esperienza dimostrano che il volume nel quale si concentra in maggioranza l'effetto ohmico della corrente erogata nel suolo fra i punti $A$ e $B$ ha una forma parallelepipeda, in cui $A\ B$ rappresenta l'asse della faccia superiore, di lunghezza $3/2\ AB$, larghezza $AB/2$ e spessore $AB/4$.

In altri termini la profondità d'investigazione, realizzata da un dispositivo di lunghezza determinata, può essere presa uguale ad 1/4 della sua lunghezza, e se il suolo è più o meno eterogeneo si ha una resistività media, apparente. È evidente quindi come sia possibile avere esplorazioni elettriche nel senso orizzontale e sondaggi nel senso verticale e quindi risulti facile di tracciare per punti, dei profili di resistività lungo allineamenti, in modo da ricavare delle carte di resistività, con curve di equiresistività, ecc. A tale uopo alcuni grafici, di facile interpretazione, vengono esposti dagli A., per il caso di resistività apparente, cioè per zone non omogenee.

Il problema matematico del sondaggio elettrico nel senso verticale, cioè il calcolo della profondità alla quale si trovano le varie rocce, è risolto rigorosamente solo per il caso di zone orizzontali ed omogenee per l'intero volume abbracciato dal dispositivo di misura. Tuttavia i risultati teorici s'applicano ancora con sufficiente approssimazione anche là dove le zone hanno superficie ondulata, e le formazioni dei terreni non sono omogenee.

Importanti applicazioni dei metodi esposti sono stati effettuati per numerosi casi, fra cui: *a*) lo studio geologico per lo scavo di una galleria a Bridge River, nel Canadà, dove è stato possibile mediante le misure di resistività, di deviare opportunamente il tracciato della galleria attraverso una zona resistente, ovviando ad ogni infiltrazione pericolosa; *b*) lo studio preliminare di uno sbarramento sul S. Laurent, pure nel Canadà; dove furono effettuati 101 sondaggi elettrici verticali i quali hanno consentito di tracciare le curve di livello del tetto della roccia ad una distanza di 3 metri l'una dall'altra e per un'area di 41 ettari; *c*) lo studio di un tracciato di galleria, nella vallata di Lièvre-River, a Québec; dove si sono avuti 63 sondaggi elettrici verticali, alla distanza di 60 m l'uno dall'altro con curve equidistanti di 3 m. Le perforazioni di controllo effettuate qui e negli altri casi, hanno dato risultati soddisfacenti.

I vantaggi del metodo elettrico consistono sopratutto nella rapidità e nella economia, ciò che consente di esplorare in maglie serrate, una vasta zona, eliminando le incertezze dovute alle interpolazioni che si richiedono con le perforazioni meccaniche, effettuate necessariamente a grande distanza l'una dall'altra. Naturalmente le prime non escludono le altre, ma queste possono essere eseguite in misura ridottissima, a progetto molto avanzato. Opportune indicazioni di costo, riportate nell'articolo, stanno a confermare la convenienza assoluta dei sondaggi elettrici, specialmente in un progetto preliminare. I risultati raggiungono poi il massimo del successo, quando si fa riferimento agli studi geologici della regione, i quali possono opportunamente orientare sulle zone già esplorate: un'intima collaborazione quindi si richiede fra il fra il geologo ed il geofisico.

Ru.

## L'USO DI UN FILO NEUTRO COMUNE PER LE RETI PRIMARIE E SECONDARIE DI DISTRIBUZIONE (d

*Electrical World*, 4 giugno 1932.

L'articolo riferisce i risultati di studi e di esperienze fatte da alcune Società elettriche californiane, con la collaborazione di Società telefoniche e di Commissioni tecniche, per stabilire se l'adozione di un conduttore neutro comune alle reti primarie e secondarie di distribuzione possa giustificarsi dal punto di vista della sicurezza e dei fenomeni di induzione sulle linee telefoniche vicine e per valutare l'economia raggiungibile con tale disposizione.

In California, le prescrizioni della Railroad Commission per le linee elettriche aeree richiedevano che il neutro dovesse venire considerato come un conduttore di fase del circuito a cui apparteneva; in altre parole, il neutro del circuito primario doveva essere installato insieme ai conduttori del primario e con lo stesso isolamento di questi e analogamente il neutro del secondario, insieme ai conduttori di linea secondari e con l'isolamento secondario. Ciò rappresentava naturalmente una spesa considerevole, e pertanto la Railroad Commission, dietro ri-

chiesta delle Società interessate e in seguito ai risultati dell'accennata esperienza, ha ora concesso che, limitatamente a linee primarie trifasi a quattro fili con tensione concatenata non eccedente 5000 V, e purchè siano adottati speciali provvedimenti, sia fatta eccezione alla regola di isolare il neutro della rete primaria come i conduttori di fase e che sia ammessa l'adozione di un filo neutro comune alle reti primaria e secondaria.

I risultati delle esperienze di funzionamento con neutro comune che furono condotte dal novembre 1927 al dicembre 1928 si riferiscono a 25 zone diverse ridotte in seguito a 11. Per ciò che riguarda l'economia ottenuta dalle Società distributrici nel costo d'impianto delle reti, è risultato che essa è massima in zone molto abitate con grande densità di carico e minima in zone ad abitato sparso con piccola densità di carico; il maggior risparmio è naturalmente nel rame (un conduttore su 7 o uno su 5) e relativi perni ed isolatori. Per contro si ha un aumento di spesa per le terre in più che è necessario stabilire sul neutro unico rispetto a quelle che sarebbero richieste nel caso di due neutri con terre multiple. Inoltre la necessaria coordinazione fra sistemi di distribuzione e sistemi telefonici per evitare disturbi di carattere induttivo su questi ultimi richiede nuove spese, difficilmente valutabili, ma che a quanto pare non hanno un effetto considerevole sulle economie sopra accennate. Dal punto di vista tecnico, i risultati di tale coordinazione nei riguardi dei fenomeni induttivi sono stati pienamente soddisfacenti.

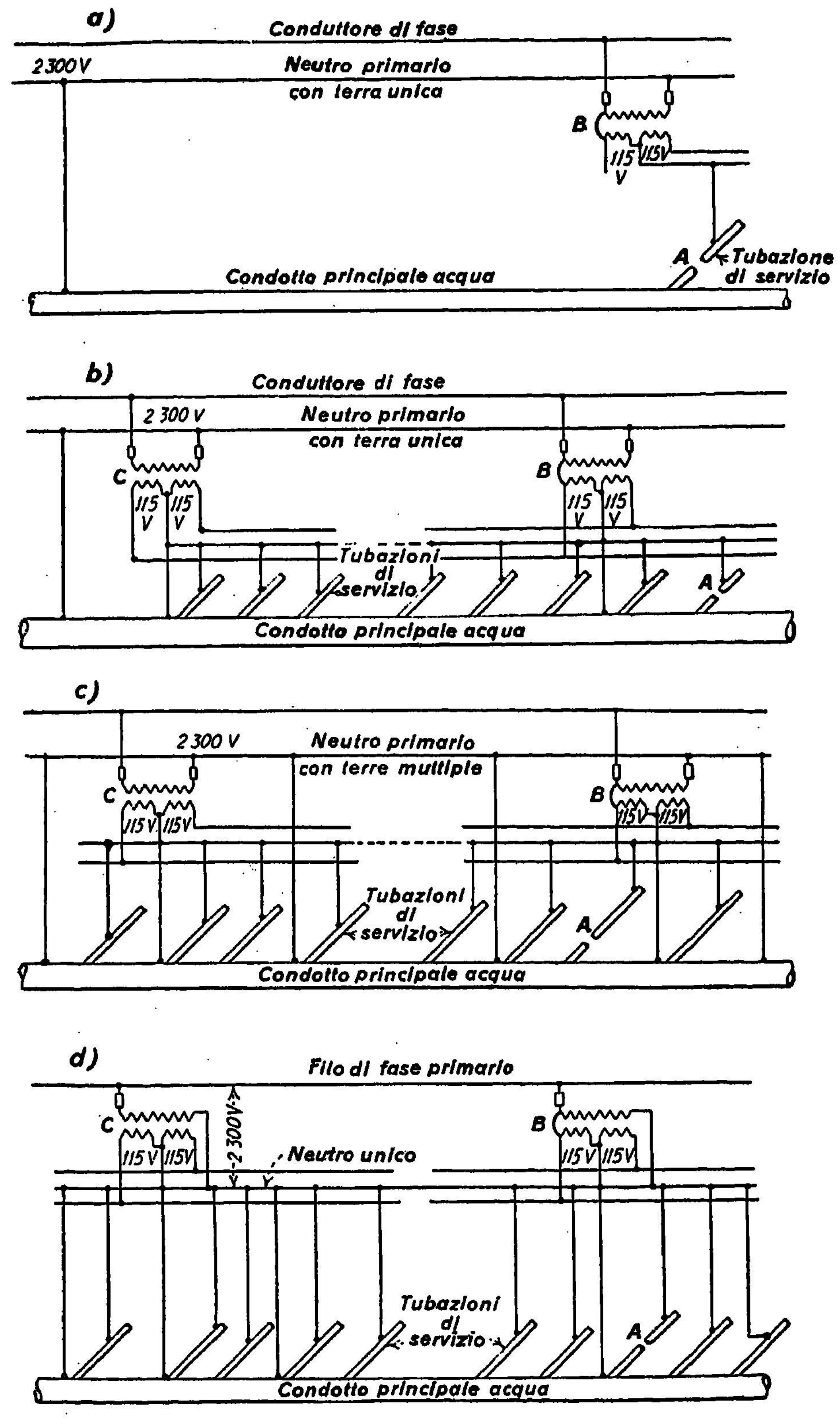



Fig. 1. - Confronto del sistema a neutro comune con tre altri sistemi.

*a*) terra di servizio unica all'estremità di un circuito primario con terra unica
*b*) sistema con due neutri e terra unica usato in California.
*c*) sistema con due neutri e più terre,
*d*) sistema a 4 fili con neutro comune.

È opportuno che vengano osservate alcune regole, di cui le principali sono riassunte nell'articolo. Così i trasformatori non devono funzionare a tensioni superiori di oltre il 10% a quelle di targa; nei trasformatori e negli alternatori devono essere prese misure opportune per limitare l'entità delle armoniche di terzo ordine, adottando sia i collegamenti più adatti a questo scopo, sia anche dispositivi esterni alle macchine. Il carico deve essere mantenuto il più possibile equilibrato, anche se ciò richieda cure particolari: nelle ore di punta, lo squilibrio alla sottostazione non deve eccedere 50 A, determinati vettorialmente. Nei circuiti a due fili (un filo di fase e il neutro) la corrente deve possibilmente esser mantenuta al disotto di 25 A e in ogni caso non superare i 50 A. Il neutro deve essere un conduttore metallico continuo di conducibilità adeguata e deve essere installato sugli stessi sostegni dei fili di fase primari in tutta la zona dove si ha il neutro unico. Anche per i cavi telefonici va avvertito che son da usare cavi moderni di tipo normale, il meglio possibile equilibrati tanto metallicamente che verso terra.

Una questione assai importante è quella della sicurezza delle persone. Si è pertanto voluto vedere se, usando come terre i tubi dell'acqua potabile, possa nascere pericolo per le persone che devono lavorare ai detti tubi quando si abbia un contatto fra una fase e il neutro, e a tale scopo il sistema proposto con neutro unico (fig. 1 *d*) è stato confrontato con tre altri sistemi fin qui normalmente usati in California (fig. 1 *a*, *b*, *c*). Si vede che l'unico sistema che può presentare pericolo è quello della fig. 1 *a*; in tutti gli altri casi è evidente che, col numero considerevole di terre esistenti, quando si interrompa uno dei tubi, p. es. *a*, non ci può essere pericolo nel caso di contatto fra primario e secondario del trasformatore *B* o fra una fase e il neutro. Nel caso poi di un'interruzione del neutro, col sistema a neutro unico la messa in derivazione del tratto guasto dipende in maggior grado dal sistema di terre, ma non si creano condizioni pericolose quando venga interrotta una tubazione.

I casi rappresentati in fig. 1 son piuttosto teorici, poichè si limitano a un elemento dei vari sistemi possibili, mentre in pratica si hanno numerosi trasformatori, ciascuno con le proprie terre, parecchi servizi ognuno con i propri collegamenti a terra, e i fili neutri e le condotte d'acqua costituiscono vere e proprie reti. Anche praticamente però le condizioni di sicurezza col sistema a neutro unico appaiono soddisfacenti, purchè le resistenze di messa a terra del neutro siano sempre basse. Le prescrizioni californiane stabiliscono che tali resistenze non devano superare il valore di 3,5 ohm; ove ciò non sia possibile per le particolari condizioni del terreno, si può ricorrere a fili di terra opportuni.

È anche prescritto che, ove sia possibile, venga costituita una vera e propria rete di fili neutri, con due o tre ritorni al punto di partenza della distribuzione, in modo che anche con un'interruzione in uno dei conduttori neutri resti sempre alla corrente una via di passaggio di conducibilità adeguata. Questa rete deve essere messa a terra a intervalli non oltre i 450 m e la sezione del conduttore deve essere pari almeno al 50 % del conduttore di fase più grosso.

M. A.

---

## LA COMPENSAZIONE DELLE CORRENTI DI TERRA NELLE LUNGHE LINEE AEREE

*Bulletin A.S.E.*, n. 7, 1° aprile 1932. – A. VAN GASTEL.

Il calcolo delle correnti di terra nelle linee aeree di trasporto d'energia ed il dimensionamento dei dispositivi di compensazione delle correnti stesse si basa, in generale, sopra ipotesi semplificative che possono condurre ad errori inammissibili quando si tratta di linee di una certa lunghezza. Si ammette, infatti, che i conduttori delle linee non abbiano nè resistenza nè induttanza e che la capacità verso terra di ciascuna fase possa essere concentrata in un punto. È noto che, in questa ipotesi, la corrente di terra $I_e$ (in $A$) di una rete trifase simmetrica viene espressa dalla formula:

$$I_e = 3\, \omega\, C\, U_p$$

ove $\omega$ è la pulsazione della rete ($\omega = 2\pi f$), $C$ la capacità (in $F$) di ciascuna fase rispetto alla terra, $U_p$ la tensione di fase (in $V$)

La corrente di terra è in anticipo ed in quadratura rispetto alla tensione della fase a terra e può essere, pertanto, compensata da una corrente induttiva ad essa direttamente opposta generata mettendo a terra il neutro del sistema attraverso una bobina di estinzione con induttanza

$$L = \frac{1}{3\, \omega^2 C}$$

Onde ottenere dei risultati di carattere più generale e più approssimati, l'A, pur prescindendo ancora dalla resistenza ohmica dei conduttori, presuppone valida una ripartizione uniforme delle capacità dei conduttori verso terra e tiene calcolo dell'influenza delle induttanze delle spire «conduttore-conduttore» e «conduttore-terra».

È noto che in una rete simmetrica trifase sana, tanto il sistema delle tensioni quanto quello delle correnti di carica delle capacità rispetto a terra sono perfettamente simmetrici. Una terra accidentale sopra una delle fasi dà luogo ad una dissimmetria nei due sistemi anzidetti: la tensione della fase a terra

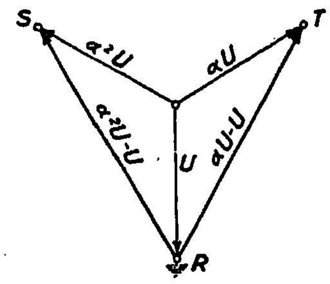



Fig. 1. - Tensioni rispetto alla terra (contatto accidentale nella fase *R*).

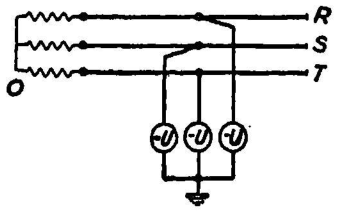



Fig. 2. - Spostamento di tensione rispetto a terra in seguito ad una terra accidentale.

diminuisce, quelle delle altre due fasi crescono e la somma delle tre tensioni non è più nulla: il sistema delle correnti capacitive subisce pure una distorsione che ne altera la simmetria.

Al verificarsi di una terra franca sulla fase *R*, il sistema delle tre tensioni rispetto a terra diventa (fig. 1)

$$U_R = 0$$
$$U_S = a^2 U - U$$
$$U_T = a\ U - U$$

ove: $U$ è vincolata alla tensione concatenata $U_V$ in corrispondenza del punto di contatto a terra da $U = \frac{U_V}{\sqrt{3}}$, $a$ è l'operatore $-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$, $a^2$ l'operatore $-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}$.

Il sistema asimmetrico formato da $U_R$, $U_S$, $U_T$, si può decomporre, secondo Fortescue, in un sistema simmetrico diretto, in un sistema simmetrico inverso ed in un sistema residuo, individuati dai vettori:

| | |
|---|---|
| $U_m\ ,\ a^2 U_m\ ,\ a\ U_m$ | sistema diretto |
| $U_g\ ,\ a\ U_g\ ,\ a^2 U_g$ | sistema inverso |
| $U_0\ ,\ U_0\ ,\ U_0$ | sistema residuo |

ove:

$$U_m = \frac{1}{3}(U_R + a\ U_S + a^2\ U_T)$$

$$U_g = \frac{1}{3}(U_R + a^2 U_S + U_T)$$

$$U_0 = \frac{1}{3}(U_R + U_S + U_T)$$

e nel nostro caso:

$$U_m = U$$
$$U_g = 0$$
$$U_0 = U$$

Risulta pertanto ovvio che il contatto di terra accidentale dà luogo ad uno spostamento di tensione verso terra eguale ed egualmente diretto per le tre fasi; è quindi lecito, agli effetti del calcolo delle correnti di terra, sostituire il cortocircuito con tre sorgenti connesse a terra ed ordinatamente alle tre fasi (fig. 2). Lo schema della fig. 2 si può ulteriormente semplificare e sostituire con lo schema equivalente unipolare della fig. 3 se si considera che il sistema R.S.T. equivale a tre sistemi monofasi in parallelo, aventi la terra come conduttore comune di ritorno. Una eventuale reattanza di punto neutro va considerata come la combinazione di tre identiche e la corrente totale di terra risulta dalla somma delle tre correnti identiche dei sistemi monofasi ossia è eguale al triplo della corrente di terra dell'unico sistema monofase equivalente.

1) Calcolo delle correnti di terra.

A) *Linea semplice.* - Lo schema monofase equivalente è rappresentato nella fig. 4, ove è supposto che la terra accidentale

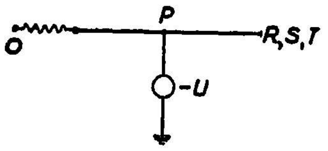



Fig. 3. - Schema equivalente unipolare di una linea trifase con contatto a terra.

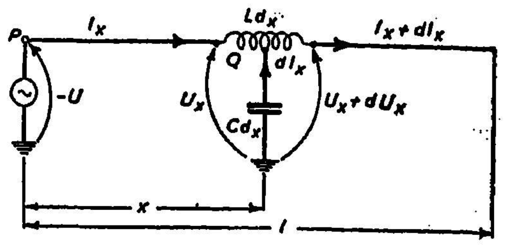



Fig. 4. - Terra accidentale in *P*. Correnti e tensioni in *Q*.

si verifichi nel punto *P* all'origine della linea. Gli altri simboli che compaiono nello schema rappresentano:

- $U$ lo spostamento di tensione nel punto *P*;
- $L$ l'induttanza per unità di lunghezza di ciascun conduttore, se le tre fasi sono percorse da correnti eguali ed egualmente dirette e la corrente ritorna attraverso la terra ($L = L_{11} + M_{21} + M_{31}$);
- $C$ la capacità verso terra, per unità di lunghezza e per fase;
- $\omega$ la pulsazione;
- $l$ la lunghezza della linea.

In corrispondenza del punto *Q*, alla distanza $x$ dall'origine della linea, si hanno le seguenti variazioni della tensione $U_x$ della corrente $I_x$:

$$d\ U_x = -j\ I_x\ \omega\ L\ dx$$
$$d\ I_x = -j\ U_x\ \omega\ C\ dx$$

le quali conducono all'equazione differenziale di secondo ordine

$$\frac{d^2 U_x}{dx^2} = -U_x\ \omega^2\ L\ C.$$

Tenute presenti le condizioni iniziali di $Ux$ e finali di $I_x$, l'equazione sopracitata può essere facilmente integrata; essa consente, quindi, la determinazione di $U_x$ ed $I_x$ e, conseguentemente, della corrente di terra all'inizio $I_e = 3\ (I_x)_{x=0}$, in funzione delle costanti della linea. Una terra accidentale al termine della linea dà luogo ad una corrente di terra eguale e contraria a quella che si ha quando il corto circuito ha luogo all'inizio; si ha, pertanto, in tal caso $I_e = -3\ (I_x)_{x=0}$. Se la terra accidentale ha luogo in un punto *P*, alla distanza *y* dall'origine ed *l-y* dal termine, il calcolo della corrente totale di terra si può ricondurre al caso precedente osservando che la linea può essere suddivisa in due parti: la prima con un contatto a terra al termine e la seconda con un contatto a terra all'inizio. La differenza delle due correnti parziali di terra così determinate è eguale alla corrente totale in *P*.

La formula esatta che esprime $I_e$ nel punto generico *P* è una funzione di *y* composta di termini esponenziali. Sviluppando questi ultimi termini in serie, si ottiene la formula generale semplificata:

$$I_e = -3\ j\ U\ \omega\ C\ \Big\{\ l + \frac{1}{3}\ \omega^2\ L\ C\ [y^3 + (l-y)^3] + \\ + \frac{2}{15}\ \omega^4\ L^2\ C^2\ [y^5 + (l-y)^5] + .....\Big\}$$

Dall'esame di quest'ultima si rileva che la corrente di terra raggiunge la sua massima intensità all'origine ed al termine della linea; diventa invece minima in corrispondenza del punto medio della medesima. Contatti accidentali negli altri punti comportano correnti di terra di intensità compresa fra tali valori estremi che sono rispettivamente:

$$I_{e\ max} = -3\ j\ U\ \omega\ Cl\ (1 + \frac{1}{3}\ \omega^2\ LC\ l^2 + \frac{2}{15}\ \omega^4\ L^2 C^2 l^4 + ....)$$

$$I_{e\ min} = -3\ j\ U\ \omega\ C\ l\ (1 + \frac{1}{12}\ \omega^2\ L\ C\ l^2 + \frac{1}{120}\ \omega^4\ L^2 C^2\ l^4 + ...).$$

Trascurando i termini della serie fra parentesi nella formula che esprime $I_e$, a partire dal secondo termine, si ottiene l'espressione nota

$$I_e = -3\, j\, U \omega\, C\, l$$

L'importanza dei termini tralasciati è limitata per valori piccoli di $l$, cresce, tuttavia, rapidamente con l'aumentare della lunghezza della linea. Conviene rilevare che la lunghezza di una linea, caratterizzata da determinate costanti, non può superare un certo limite, qualunque sia la tensione, se non vengono prese misure opportune. La limitazione della lunghezza è imposta, da un lato, dalla necessità di impedire la divergenza della serie che esprime $I_e$ e, dall'altro lato, dalla limitazione indispensabile della tensione delle fasi sane al termine della linea, al verificari di una terra accidentale. Quest'ultima condizione, più sfavorevole della prima, è quella che fissa la lunghezza massima ammissibile.

B. *Linea ad anello.* - La linea ad anello (fig. 5) può essere considerata come la combinazione di due linee semplici con una terra accidentale alla loro origine. La corrente totale di terra

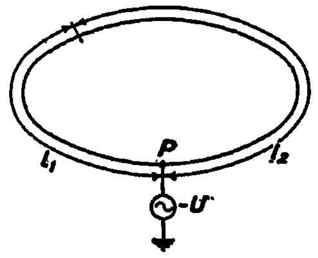



Fig. 5. - Terra accidentale in un punto $P$ di una linea ad anello.

nel punto $P$ è la risultante delle due correnti parziali calcolabili con le formule note. Se i conduttori hanno la stessa sezione e sono dello stesso materiale lungo tutto l'anello di lunghezza $l$, si può porre $l_1 = l_2 = \frac{1}{2}\, l$. La corrente di terra viene allora espressa da:

$$I_e = -3\, j\, U \omega\, C\, l \left(1 + \frac{1}{12}\, \omega^2\, L\, C\, l^2 + \frac{1}{120}\, \omega^4\, L^2\, C^2\, l^4 + \ldots\right),$$

e la sua intensità è affatto indipendente dalla posizione della terra accidentale.

C. *Linea doppia.* - Una doppia terna può essere idealmente sostituita da una linea a due conduttori con ritorno comune attraverso la terra (fig. 6). Ammesso che il sistema delle due

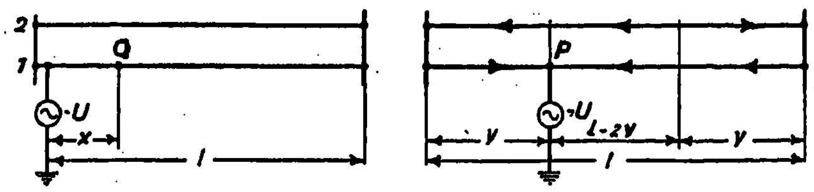



Fig. 6. - Doppia linea con terra accidentale all'inizio.

terne sia esattamente simmetrico, l'induttanza $L$ e l'induttanza mutua $M$ per unità di lunghezza, si possono considerare uguali per tutti i conduttori. Con procedimento analogo a quello applicato in $A$) si possono scrivere quattro equazioni che esprimono le variazioni elementari della corrente e della tensione in ciascuno dei due conduttori. L'equazione differenziale di quarto ordine che se ne ricava è integrabile e conduce alle espressioni di $U_{x1}$, $U_{x2}$, $I_{x1}$, $I_{x2}$ ossia all'espressione della corrente di terra all'inizio della doppia linea $[= 6\, (I_x)_{x=0}]$, al termne della stessa $[= -6\, (I_x)_{x=0}]$ ed in un punto generico $(I_{ey})$. Le formule che esprimono $I_e$ contengono esponenziali che, sviluppati in serie, consentono una notevole semplificazione di calcolo. Come nel caso della linea semplice, si dimostra ancora che l'intensità della corrente di terra diventa massima agli estremi della linea e minima a metà di essa. Essa varia, pertanto, con la posizione del punto in cui ha luogo la terra accidentale; lo spostamento di tale punto è, tuttavia, assai meno sentito di quanto non lo sia nel caso della linea semplice.

## 2. Compensazione della corrente di terra.

A. *Linea semplice.* - La fig. 7 rappresenta lo schema equivalente di una linea semplice, con bobina di estinzione al suo inizio, affetta da una terra accidentale pure nel punto iniziale $P$.

L'induttanza $L_d$ della bobina di estinzione, necessaria per una completa compensazione della corrente di terra, si può dedurre in base alle seguenti considerazioni. La corrente nella bobina è notoriamente:

$$I_d = \frac{-U}{j\, \omega\, L_d}$$

e quella di terra, espressa nella sua forma esponenziale,

$$I_e = -3\, U \sqrt{\frac{C}{L}}\; \frac{e^{jAl} - e^{-jAl}}{e^{jAl} + e^{-jAl}} \quad (A = \omega \sqrt{LC})$$

La condizione di perfetta compensazione

$$I_d + I_e = 0$$

portano alla formula cercata

$$j\, \omega\, L_d = -\frac{1}{3} \sqrt{\frac{L}{C}} \cdot \frac{e^{jAl} + e^{-jAl}}{e^{jAl} - e^{-jAl}}$$

Le formule generali di $Ux$ ed $Ix$, ottenute per integrazione dell'equazione differenziale di equilibrio del sistema, permettono di ricavare, in base alle nuove costanti del sistema, l'induttanza della bobina di estinzione anche nel caso in cui, pur restando la bobina stessa all'inizio della linea, la terra accidentale ha

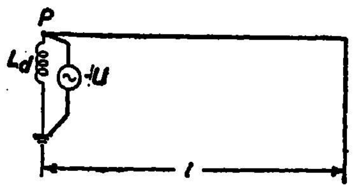



Fig. 7. - Linea semplice con terra accidentale in $P$. Bobina di estinzione all'inizio del tronco.

luogo al termine od in un punto generico della stessa. La medesima determinazione può essere fatta, con criteri analoghi, quando la bobina, anzichè essere sistemata all'inzio della linea, è posta al termine di essa. Si ottiene, in tutti i casi, lo stesso valore già citato dianzi per $j\, \omega\, L_d$ e si arriva al risultato notevole: *il valore della induttanza della bobina di estinzione, corrispondente alle condizioni di risonanza, è affatto indipendente dalla sua posizione lungo la linea e dalla posizione della terra accidentale. La compensazione della corrente di terra non è influenzata dalla tensione di esercizio.*

B. *Linea ad anello.* - L'anello si può suddividere (fig. 8) in due parti in corrispondenza del punto in cui le due correnti addizionali $I_1$ ed $I_2$ fornite dalla bobina di estinzione si sovrap-

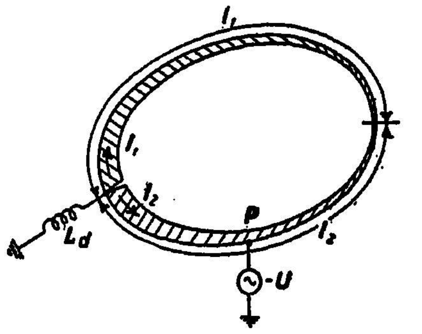



Fig. 8. - Distribuzione delle correnti in una linea ad anello compensata.

pongono annullandosi; tale punto è diametralmente opposto al punto di inserzione della bobina, se i conduttori sono identici lungo tutto l'anello.

La determinazione della induttanza $Ld$ si può, pertanto, ricondurre al caso della linea semplice, supponendo la bobina di estinzione suddivisa in due parti a ciascuna delle quali è affidato il compito di compensare una metà dell'anello. Si ottiene:

$$j\, \omega\, L_d = -\frac{1}{6} \sqrt{\frac{L}{C}}\; \frac{e^{jA\frac{l}{2}} + e^{-jA\frac{l}{2}}}{e^{jA\frac{l}{2}} - e^{-jA\frac{l}{2}}}$$

L'induttanza della bobina di estinzione è indipendente dalla sua posizione, dalla posizione della terra accidentale, dalla tensione di esercizio e dalla alimentazione della rete.

C. *Linea doppia.* - Col solito procedimento, si determina con facilità il valore della induttanza della bobina di estinzione a risonanza. Si dimostra ancora che tale induttanza non dipende dalla posizione del contatto a terra, dalla tensione di esercizio, dall'alimentazione. La bobina può essere indifferentemente inserita ad una od all'altra estremità della doppia linea.

D. *Ripartizione delle bobine di estinzione.* - La compensazione di una linea, anzichè essere realizzata da una sola bobina sistemata ad es. ad un estremo, può essere ottenuta impiegando due bobine, una all'inizio e l'altra al termine della linea. La prima può essere accordata in risonanza con una parte della linea e la seconda con la rimanente parte. Si possono impiegare più bobine e si dimostra che la loro ripartizione ha una influenza benefica nella limitazione delle sovratensioni al verificarsi di una terra accidentale. L'influenza è, tuttavia, sentita soltanto quando si tratta di linee molto lunghe e ad altissima tensione.

Le considerazioni che precedono sono valide nella supposizione che la compensazione sia fatta per opera di bobine di estinzione accordate in risonanza. È questa la sola forma di compensazione ammessa per le lunghe linee di trasporto ad altissima tensione, nelle quali le correnti di terra assumono valori elevati e tali da rendere assai ardua l'estinzione degli archi a terra se la compensazione a dissonanza delle bobine lasciasse sussistere una corrente residua. L'efficacia delle bobine a dissonanza nella limitazione delle sovratensioni dovute a dissimmetria non può essere sfruttata nelle linee in questione, per le quali si potranno adottare altri accorgimenti atti al raggiungimento dello stesso scopo.

d. m.

---

## f) ONDE MIGRANTI E BOBINE. INFLUENZA DELL'INDUZIONE MUTUA E DELLA CAPACITÀ FRA SPIRE E FRA SPIRE E TERRA

*Elektrotechnik und Maschinenbau,* N. 12, 20 marzo 1932. – R. BAUCH.

Le sollecitazioni provocate dalle onde a fronte ripido nelle reti a corrente forte provviste di bobine di impedenza — avvolgimenti di trasformatori e di riduttori, bobine di scatto di interruttori, ecc. — sono dipendenti, oltre che dalla inserzione delle bobine stesse, dalle caratteristiche di esse: induzione mutua fra spira e spira e capacità fra spire e terra.

Ciascuna di queste caratteristiche influisce sul comportamento della bobina investita da un'onda migrante: poichè l'influenza dell'autoinduzione delle spire è già stata studiata e si può ritenere oramai acquisita alla tecnica, l'A. si limita a considerare l'influenza singola e combinata delle altre costanti della bobina. I risultati di carattere generale che l'A. ottiene considerando una linea con costanti prefissate, si possono riassumere nei paragrafi seguenti:

1. *Semplice induttanza.* – Se la bobina di impedenza è situata all'estremo della linea, il fronte dell'onda non può a tutta prima penetrare nella bobina: la corrente si annulla e la tensione viene riflessa con valore doppio: la corrente cresce, quindi, mentre la tensione ai morsetti diminuisce fino ad annullarsi. La tensione diminuisce partendo da 2 $E$ e tendendo a zero e la corrente aumenta, partendo da o e tendendo a 2 $i$, seguendo una legge logaritmica con costante di tempo funzione della resistenza d'onda e della induttanza della bobina.

Trovandosi la bobina in serie lungo un conduttore e non all'estremo della linea, essa viene investita da due fronti d'onda: è facile vedere che la tensione e la corrente variano ancora con legge logaritmica ma con costante di tempo doppia di quella del caso precedente. La tensione parte da 2 $E$ per tendere ad $E$; la corrente parte da o e tende ad $i$.

2. *Semplice capacità.* – Un condensatore all'estremità di una linea, investito da un'onda a fronte ripido, si comporta nel primo istante come una resistenza nulla; la tensione si annulla e la corrente assume un valore doppio. Quest'ultima decresce tendendo a zero e la tensione aumenta tendendo a 2 $E$.

Una capacità in serie con un conduttore lascia passare nel primo istante un'onda migrante: la tensione cresce però entro un certo tempo fra $E$ e 2 $E$, mentre la corrente passa da $i$ a zero.

3. *Induttanza e capacità in parallelo.* – In questo caso, si sovrappongono gli effetti prodotti dall'induttanza e dalla capacità. Quando queste ultime sono situate all'estremità di una linea, la tensione ai morsetti è dapprima nulla, cresce fino ad un valore massimo e diminuisce poi tendendo a zero. La corrente nei conduttori parte, invece, dal valore iniziale 2 $i$, assume un valore minimo e cresce poi nuovamente per tendere a 2 $i$.

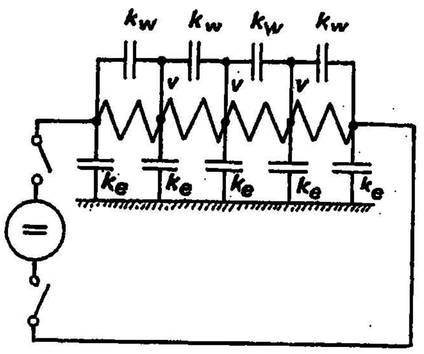



Fig. 1. - Bobina a più spire. Induzione mutua, capacità fra spire e fra spire e terra uniformemente ripartite.

La corrente nei conduttori risulta dalla sovrapposizione di due altre: quella del condensatore, che diminuisce a partire dal valore 2 $i$ fino ad annullarsi, per poi invertirsi di segno, assumere un valore massimo nel senso inverso e tendere nuovamente a zero, e quella nella bobina che cresce da zero per tendere al valore 2 $i$.

Trattandosi di una capacità e di una induttanza in parallelo fra loro, poste a loro volta in serie con un conduttore, la tensione

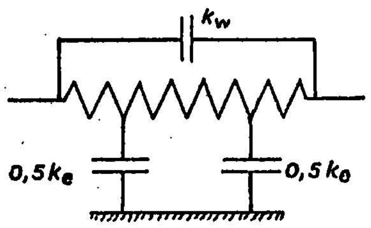



Fig. 2. - Schema equivalente di una bobina con induzione mutua e capacità fra spire e fra spire e terra.

ai morsetti ha all'inizio il valore $E$ tanto avanti quanto dietro. La prima cresce fino ad un massimo, decresce poi fino ad un minimo inferiore ad $E$ e tende nuovamente ad $E$. La tensione dopo la bobina decresce invece fino ad un minimo, cresce poi

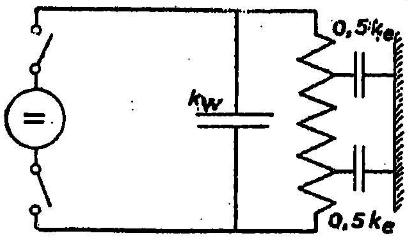



Fig. 3. - Bobina all'estremità di una linea.

fino ad un massimo maggiore di $E$ e tende poi ad $E$. La corrente nei conduttori parte dal valore iniziale $i$, raggiunge il suo valore minimo, cresce poi raggiungendo il massimo per tendere nuovamente ad $i$. L'andamento di quest'ultima corrente risulta ovvio se si considerano le leggi di variazione della corrente magnetizzante e della corrente di carica del condensatore.

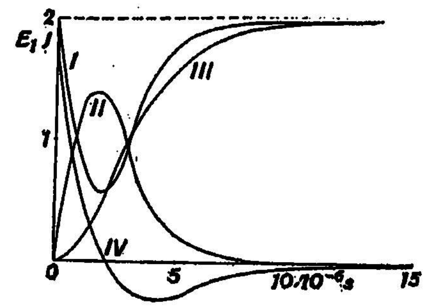



Fig. 4. - I Corrente di linea, II tensione ai morsetti, III corrente magnetizzante, IV corrente di carica delle capacità fra spire.

4. *Mutua induzione, capacità fra spira e spira e capacità fra spire e terra.* – È il caso più generale che si presenta quando si prescinde, come è stato supposto dianzi, dalla autoinduzione delle singole spire dovute a dispersione. Ammesso che la capacità fra spira e spira si ripartisca uniformemente lungo la bobina e che la capacità rispetto alla terra sia la stessa fra tutte le spire, lo schema della bobina corrisponde alla fig. 1. Tale

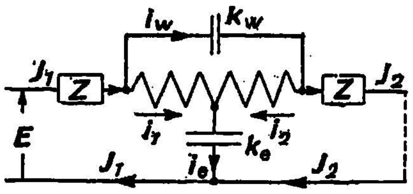



Fig. 5. - Bobina in serie con un conduttore.

schema si può peraltro semplificare in base alle considerazioni seguenti. A ciascuna delle capacità $k_w$ è impressa la tensione di una spira, attraverso ciascuna di esse passa, quindi, la stessa corrente, per cui i collegamenti $v$, che non sono percorsi da corrente, non hanno alcuna importanza agli effetti dell'influenza delle capacità fra spira e spira e si possono ritenere come sop-

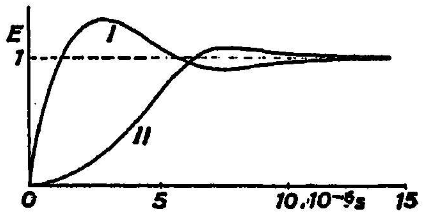



Fig. 6. - Tensione ai morsetti: I avanti la bobina, II dietro la bobina.

pressi. Alle varie capacità in derivazione rispetto alle singole spire si può, pertanto, sostituirne una sola in parallelo alla bobina.

Le capacità di terra, pur essendo eguali, hanno le armature ad un potenziale che va decrescendo da un morsetto estremo della bobina all'altro.

Anche le correnti che attraversano le capacità variano come la tensione e la corrente totale risulta proporzionale alla metà tensione rispetto a terra ed a metà delle capacità di terra. È

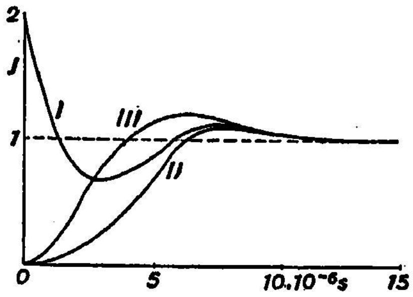



Fig. 7. - Correnti: I nel conduttore avanti la bobina, II nel conduttore dopo la bobina, III corrente magnetizzante della bobina.

quindi ammissibile la sostituzione di tutte le capacità di terra con due altre concentrate, rispettivamente, fra i morsetti della della bobina ed il suo punto medio. Lo schema equivalente bobina corrisponde pertanto a quello della fig. 2. Trattandosi di una bobina situata all'estremità di una linea, lo schema equi-

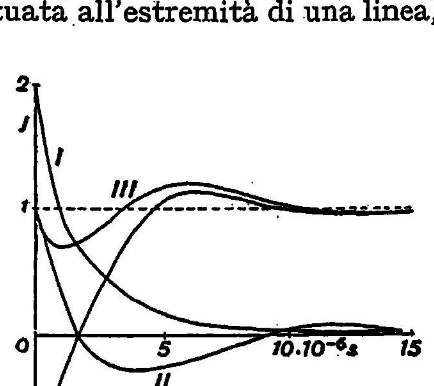



Fig. 8. - Correnti nella bobina: I corrente di carica delle capacità di terra, II corrente di carica delle capacità fra spire, III corrente nelle spire d'entrata. IV corrente nelle spire d'uscita.

valente si può ricondurre a quello su cui sono state fatte le considerazioni del primo caso al paragrafo 3, tenuta presente, però, l'influenza delle capacità di terra (fig. 3). Quest'ultima influenza è, tuttavia, assai limitata. Le curve della fig. 4 rappresentano: I la corrente di linea, II la tensione ai morsetti, III la corrente di magnetizzazione, IV la corrente di carica delle capacità fra spire, in funzione del tempo. La corrente di carica delle capacità di terra segue lo stesso andamento della curva IV, essa è, peraltro, alquanto minore della corrente di carica delle capacità fra spire.

Quando la bobina è in serie con un conduttore, è facile vedere che lo schema equivalente si può ulteriormente semplificare, sostituendo alle due capacità di terra 1/2 $K_e$ una capacità unica $k_e$ (fig. 5). Esaminando le condizioni di squilibrio delle tensioni nei tre circuiti, si deduce tosto che la tensione ai morsetti della bobina deve cadere nel primo istante a zero. Ne consegue che la corrente dell'onda viene raddoppiata. Poichè all'inizio la corrente non può percorrere tutta la bobina, metà corrente passerà attraverso la capacità $K_w$ per rientrare nella bobina posteriormente, mentre l'altra metà entrerà dalla parte anteriore per ricongiungersi con l'altra attraverso la capacità di terra. Quest'ultima sarà, pertanto, percorsa nel primo istante dalla doppia corrente dell'onda. Successivamente il fenomeno si modifica: la corrente nella capacità fra spire si inverte, la corrente di carica verso terra diminuisce, la corrente che entra nel conduttore posteriore cresce fino a quanto la bobina assume la piena tensione verso terra e l'onda passa oltre la bobina d'impedenza medesima. Lo svolgimento del fenomeno è messo bene in rilievo dalle curve delle figg. 6, 7 ed 8.

d. m.

## LA POTENZA REATTIVA NEGLI IMPIANTI DI CONVERSIONE (g STATICA

*Elektrizitätswirtschaft*, N. 5, 15 marzo 1932. – MEYER-DELIUS.

La legge di conservazione dell'energia stabilisce in modo indubbio il rapporto che sussiste fra la potenza attiva prelevata da una rete primaria e quella erogata in una rete secondaria allacciate fra loro attraverso ad un impianto di conversione statica: le due potenze attive devono essere identiche se si prescinde dalle perdite nei convertitori. La stessa legge non è, ovviamente, in grado di precisare i rapporti esistenti fra le potenze reattive primaria e secondaria; tali rapporti vanno chiariti in base ad altre considerazioni.

È noto che, negli impianti di conversione statica, l'onda di corrente primaria è deformata a causa della sovrapposizione, all'onda sinusoidale fondamentale, di armoniche di frequenza diversa da quella della rete. Quest'ultime armoniche si manifestano come parassiti che circolano negli apparecchi e nelle linea primaria senza prendere parte alcuna alla trasmissione di energia. A questa partecipa, invece, l'onda fondamentale di corrente primaria la cui componente attiva concorre alla trasmissione della potenza attiva mentre la componente reattiva partecipa alla trasmissione della potenza swattata. Ne consegue che uno sfasamento della corrente primaria va inteso come sfasamento dell'onda fondamentale di tale corrente.

1. *La potenza reattiva primaria negli impianti raddrizzatori a tensione regolabile mediante griglie di controllo.*

Si suppone per semplicità che il raddrizzatore monofase rappresentato nella fig. 1 sia immune da perdite e che la dispersione e la corrente magnetizzante del trasformatore di alimentazione siano trascurabili. Se nel circuito a corrente continua è inserita una bobina $D$ con induttanza infinitamente grande, la corrente continua risulta costante: il valore medio della tensione raddrizzata sarà poi pertanto espresso da:

$$Eg_0 = \frac{2}{\pi} E_1$$

ove $E_1$ è il valore massimo della tensione secondaria di fase.

Mercè l'impiego delle griglie di controllo, l'adescamento degli anodi 1 e 2 del raddrizzatore può essere ritardato di un angolo $\varphi$ a piacere. Ammesso che la corrente continua sia rimasta inalterata ed uguale a $Ig$, la fig. 2 mette in evidenza: in *a*) la nuova curva della tensione catodica il cui valore medio $Eg$ è diminuito; in *b*) la corrente anodica rettangolare; in *c*) la sovrapposizione della corrente primaria alla tensione della rete, rispetto alla

quale è sfasata in ritardo di un angolo $\varphi$. La tensione continua regolata risulta espressa da

$$Eg = \frac{2}{\pi} E_1 \cos\varphi$$

e poichè la tensione non regolata è espressa da $Eg_0 = \frac{2}{\pi} E_1$,

ne consegue

$$Eg = Eg_0 \cos\varphi$$

La potenza erogata dal raddrizzatore a tensione $Eg_0$ non regolata è $Eg_0\, Jg$ ed è eguale a quella assorbita dalla rete primaria $J_{sen}\, E_1/2$ Poichè la corrente continua $Jg$ non è variata, ne consegue che il prodotto $J_{sen}\, E_1/2$ non cambia quando la tensione viene regolata da $Eg_0$ a $Eg$. La potenza erogata dal raddrizzatore a tensione regolata è diventata $Eg\, .\, Jg = Eg_0\, Jg \cos\varphi = \frac{J_{sen}\, E_1}{2} \cos\varphi$. Quest'ultima formula conferma che la corrente primaria ha subito uno sfasamento eguale all'angolo di ritardo $\varphi$, il che dimostra la proprietà notevole: *Una diminuzione di tensione continua provoca un proporzionale peggioramento del fattore di potenza primaria.* Si ottiene precisamente:

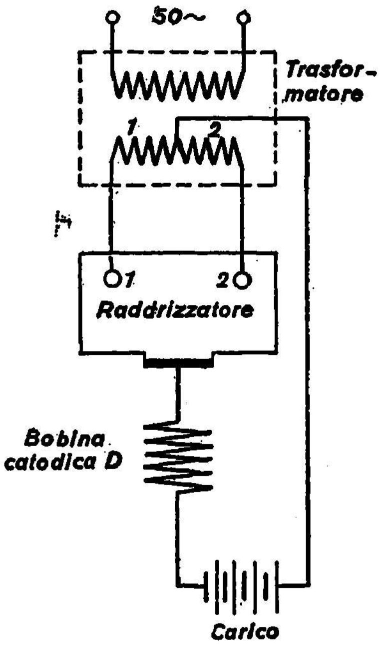



Fig. 1. - Schema di un raddrizzatore monofase.

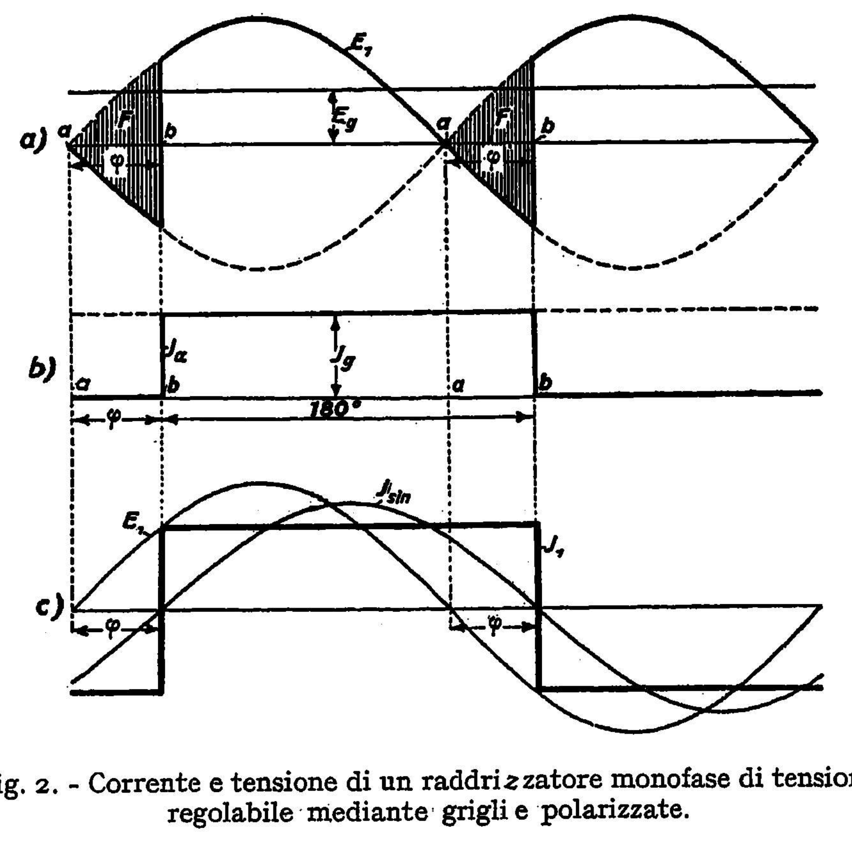



Fig. 2. - Corrente e tensione di un raddrizzatore monofase di tensione regolabile mediante grigli e polarizzate.

$$\cos\varphi = \frac{Eg}{Eg_0}$$

È ovvio che questa relazione resta valida anche se si considera la caduta ohmica di tensione, giacchè quest'ultima non può dare luogo a sfasamento della corrente.

2. *La potenza reattiva primaria negli impianti raddrizzatori con caduta induttiva di tensione.*

La reattanza del trasformatore di alimentazione del raddrizzatore impedisce che il carico di un anodo cada istantaneamente a zero e che il carico dell'anodo successivo assuma in un istante il suo valore normale: i due anodi erogano in parallelo per una frazione di periodo $u$ durante la quale il trasformatore è chiuso in cortocircuito attraverso gli anodi che si trovano allo stesso potenziale. In realtà, un anodo eroga durante $(\pi + u)^\circ$ e le correnti anodica e primaria subiscono evidentemente un ritardo di fase. Supposto che la corrente anodica, pur spostata di fase, mantenga la sua forma rettangolare, si trova facilmente che lo sfasamento $\varphi_1$ della corrente primaria soddisfa alla relazione

$$\cos\varphi_1 = \frac{1 + \cos u}{2}$$

ed, ancora, in funzione della tensione $Eg$ a carico e $Eg_0$ a vuoto:

$$\cos\varphi_1 = \frac{Eg}{Eg_0}$$

ossia:

*Il fattore di potenza primario è eguale al rapporto fra la tensione continua a carico e quella a vuoto.*

I valori del fattore di potenza ottenibili in base a questa proprietà sono, in realtà, inferiori a quelli reali perchè la forma della curva di corrente primaria non è rettangolare ma alquanto più prossima alla sinusoide a causa della variazione graduale della corrente all'inizio ed al termine del periodo di erogazione. La formula $\cos\varphi_1 = \frac{Eg}{Eg_0}$ consente, peraltro, un'approssimazione media dell'1% e si può ritenere quindi accettabile.

Se non si tiene calcolo della magnetizzante del trasformatore, il cos $\varphi$ segue, in funzione del carico, una legge di variazione dentica a quella del rapporto fra la tensione a carico e quella a vuoto; occorre, tuttavia, tenere presente che la caduta ohmica di tensione non ha influenza alcuna sul fattore di potenza. La corrente magnetizzante del trasformatore, la cui influenza è sensibile soltanto in corrispondenza dei bassi carichi, si somma geometricamente con la corrente primaria e modifica la prima parte della curva del fattore di potenza.

È notevole il fatto che l'espressione $\frac{Eg}{Eg_0}$ è valida in casi assai generali: essa vale per raddrizzatori mono- o polifasi, per tutte le possibili combinazioni degli avvolgimenti dei trasformatori ed anche quando si tratta ad es. di convertire della corrente trifase, non in corrente continua, ma in corrente monofase a 16 2/3 per/sec. Essa pressuppone soltanto che le reattanze di dispersione dei trasformatori siano mantenute nei limiti ristretti normali.

3. *La potenza reattiva negli impianti per la conversione statica di frequenza.*

Lo schema della fig. 3 realizza la conversione statica dela corrente monofase primaria alla frequenza $c_1$ in corrente monofase secondaria alla frequenza $c_2$. La trasformazione è ottenuta controllando convenientemente, mediante griglie polarizzate, l'adescamento degli anodi delle due valvole a vapore di mercurio. Alimentando il trasformatore monofase $T_1$ alla tensione $E_1$, si ottiene nel secondario del trasformatore $T_2$ una tensione $E_2$. La corrente $J_2$ nel circuito secondario può essere filtrata mediante i circuiti oscillanti $S_1$, $S_2$ ecc. accordati con la frequenza delle armoniche superiori dell'onda di corrente. È quindi possibile ottenere una corrente secondaria perfettamente sinoidale di frequenza $c_2$ ed in quadratura con la tensione $E_2$ se nel circuito secondario viene inserita una bobina di autoinduzione senza perdite $L_2$. Il carico del circuito secondario è, pertanto, semplicemente reattivo, ammesso che i trasformatori siano privi di dispersione e che le valvole a mercurio ed i trasformatori non siano affetti da perdite.

Senza togliere nulla alla generalità del problema, si può ammettere che i rapporti di trasformazione di $T_1$ e di $T_2$ siano eguali ad 1. È ovvio, perciò, che la corrente secondaria è la stessa che circola nel primario, giacchè le valvole a mercurio funzionano come interruttori, distribuendo soltanto la corrente fra gli anodi.

Non è detto tuttavia, che se la corrente secondaria $J_2$ è resa perfettamente sinoidale in virtù della presenza dei circuiti filtranti $S_1$, $S_2$, ecc. tale sia anche la corrente primaria: all'onda fondamentale $J_1$ di quest'ultima (di frequenza $c_1$) si sovrapporranno le armoniche superiori le quali non hanno, peraltro,

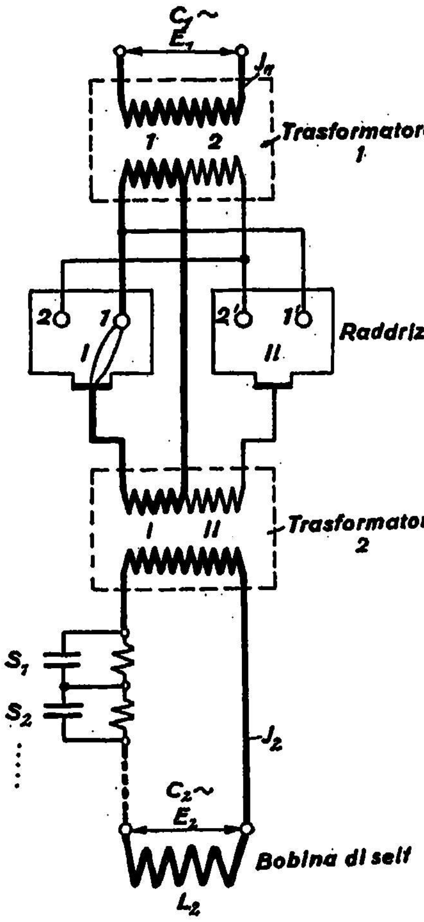



Fig. 3. - Schema di un convertitore statico di frequenza.

nessuna importanza agli effetti della trasmissione dell'energia attraverso le valvole a mercurio. Le due reti trasportano la stessa corrente, ma ciascuna di esse utilizza soltanto l'onda di frequenza eguale alla propria, non curandosi della presenza di armoniche con frequenze diverse.

La tensione primaria non è interessata dai fenomeni che avvengono nel gruppo convertitore per opera delle armoniche di frequenza diversa dalla propria e manda nella bobina $L_2$ corrente $J_1$ di frequenza $c_1$ identica a quella che invierebbe se la bobina stessa fosse inserita nel primario. Analogamente, la tensione secondaria invia nella bobina una corrente $J_2$ di frequenza $c_2$. Ma, a parità di tensione ai morsetti $E_1$, $E_2$, la bobina $L_2$ è percorsa da una corrente che è in ragione inversa della sua frequenza, ne consegue che

$$\frac{J_1}{J_2} = \frac{c_2}{c_1}$$

ossia, indicando con $B_1$ e $B_2$ le potenze reattive delle due reti,

$$\frac{B_1}{B_2} = \frac{c_2}{c_1}$$

È facile vedere che anche nel caso in cui $E_1$ è diverso da $E_2$ è valida la stessa relazione, che si può dedurre semplicemente riducendo l'autoinduzione $L_2$ della bobina alla rete primaria.

Definite come equivalenti la potenza reattiva primaria e quella secondarie, se stanno nel rapporto inverso delle rispettive frequenze, si può affermare la proprietà generale:

*La conversione statica di frequenza è caratterizzata dalla equivalenza delle potenze reattive primaria e secondaria.*

La relazione fondamentale $\frac{B_1}{B_2} = \frac{c_2}{c_1}$ è valida tanto se la rete primaria eroga energia reattiva alla rete secondaria quanto se ne riceve da quest'ultima e conserva la sua validità se la rete primaria è trifase e ad essa sono allacciati trasformatori di alimentazione con secondario esafase o dodecafase, con avvolgimenti simmetrici o non. Naturalmente, in questo caso, come potenza reattiva primaria va intesa la somma delle potenze reattive delle tre fasi, le quali possono assumere valori assai diversi da fase a fase.

Da quanto sopra risulta che essendo eguali le potenze attive primaria e secondaria, lo sfasamento $\varphi_1$ della corrente primaria è legato a quello $\varphi_2$ della potenza secondaria dalla relazione:

$$\frac{tg\,.\,\varphi_1}{tg\,\varphi_2} = \frac{c_2}{c_1}.$$

d. m.

---

## UN NUOVO ACCUMULATORE LEGGERO

(h

*La Science et la Vie*, giugno 1932. – J. MARTIN.

Il nuovo tipo di accumulatore elettrico, ideato da Francesco Boisier (1), ha un peso circa metà di quello degli accumulatori a piombo di pari capacità in Watt e presenta il vantaggio di non richiedere nè manutenzione nè rinnovo di materiali, potendo essere a chiusura ermetica non producendosi nessuno sviluppo di gas durante il funzionamento. Esso ha l'aspetto di una pila a secco cilindrica; l'elettrodo positivo centrale è costituito da un bastone cilindrico di carbone grafitico circondato da uno strato formato da polvere di carbone assorbente oppure da uno speciale agglomerato molto poroso (fig. 1). Un diaframma di cel-

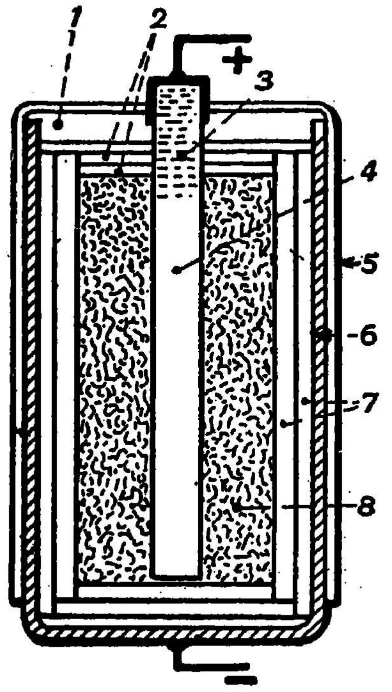



Fig. 1. - Sezione di un elemento del nuovo accumulatore a joduro di zinco.

1. - Tappo in catrame, paraffina, ecc..
2. - Dischi di cellulosa
3. - Parte paraffinata
4. - Conduttore di carbone
5. - Rivestimento isolante esterno
6. - Involucro di zinco
7. - Diaframma di cellulosa
8. - Agglomerato assorbente.

lulosa, che fa corpo con il carbone e con l'agglomerato, funziona contemporaneamente da diaframma poroso e da assorbente per l'elettrolito neutro (ioduro di zinco), che rimane completamente immobilizzato e non dà luogo ad alcun svolgimento di gas, giacchè la tensione di 1,2 Volta, alla quale funziona ogni elemento, è troppo debole per decomporre l'acqua dell'elettrolito stesso. Il tutto è racchiuso in un recipiente di zinco, che costituisce l'elettrodo negativo, al disopra del quale vi è un rivestimento isolante esterno.

Durante la carica l'ioduro di zinco si decompone, lo zinco si deposita sull'elettrodo negativo e l'iodio sull'elettrodo positivo, una parte rimanendo disciolta nell'elettrolito e l'altra assorbita dalla polvere di carbone o dall'agglomerato. Durante la scarica l'ioduro di zinco si ricompone integralmente senza dare sviluppo a gas, cosicchè l'accumulatore può venire chiuso ermeticamente e, d'altra parte, gli elettrodi non sono soggetti ad alcun consumo e sono perciò di durata indefinita. L'accumulatore carico abbandonato a sè stesso si scarica molto lentamente e può rima-

(1) In religione Fra Ciro Francesco, dei Fratelli delle Scuole Cristiane.

nere poi scarico indefinitamente senza alcun inconveniente, mantenendosi sempre pronto per funzionare di nuovo. Esso può essere anche sottoposto a cariche e scariche rapide, con la sola avvertenza di non superare mai la temperatura di 100°: una batteria da 15 Ah ha potuto erogare senza inconvenienti da 80 a 100 A per sei ad otto minuti. Il peso dell'accumulatore è di 52 gr per ogni Ah, di cui 25 sono del ioduro di zinco; ad una tensione media di V 1,15, si hanno circa 45 gr/Wh; il rendimento raggiunge il (70÷80) %. L'ingombro è un po' superiore a quello dell'accumulatore a piombo, come pure il prezzo, che è però inferiore a quello dell'accumulatore a ferro-nichel; a questo proposito va però tenuto conto che l'accumulatore ad iodio ha una spesa nulla di manutenzione. Invertendo la corrente di carica rimane intaccato il vaso di zinco; si può riparare a questo inconveniente adottando un elettrodo negativo di metallo inattaccabile tanto dall'iodio che dall'ioduro di zinco.

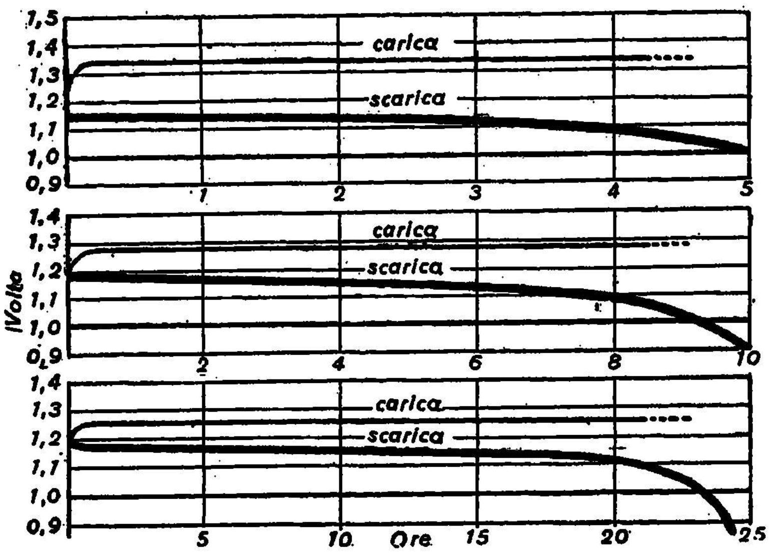



Fig. 2. - Curve di carica e di scarica del nuovo accumulatore.

Nella fig. 2 sono riportate le curve di carica e di scarica del nuovo accumulatore per diversi valori delle correnti e del tempo; nel primo caso la carica si è avuta a 200 mA e la scarica a 150 mA per 5 h, nel secondo la carica a 100 mA e la scarica a 90 mA in ca. 9 h, nel terzo la carica a 50 mA e la scarica a 40 mA in circa 23 h; nel primo caso l'accumulatore ha dato 750 mAh, nel secondo 800, e nel terzo 880.

2 f.

---

## i) INFLUENZA DEL CONDIZIONAMENTO DELL'ARIA AMBIENTE (TEMPERATURA, UMIDITÀ E STATO ELETTRICO) SUL RENDIMENTO DELLE LAVORAZIONI INDUSTRIALI

*La Science et la Vie*, N. 180, giugno 1932. – ING. J. MARCHAND.

In questi ultimi anni si è fatto un gran parlare del condizionamento dell'aria che va rapidamente diffondendosi, specialmente agli Stati Uniti ma anche in Europa, per le sale di riunione, gli uffici, gli alberghi, le case d'abitazione e persino nei treni e che consiste nel riprodurre artificialmente nell'aria ambiente le condizioni più convenienti di temperatura, di umidità, purezza e stato elettrico tali da realizzare, in qualsiasi posto e qualunque possano essere le condizioni climatiche locali, un ambiente di vita perfettamente paragonabile a quelli più igienici e salubri conosciuti. Questo risultato viene oggi pienamente realizzato in modo scientifico e con relativa facilità ed economia mercè adatti apparecchi elettrici; ma in fondo questo sistema non rappresenta una assoluta novità in quanto che da oltre un trentennio parecchie industrie avevano già dovuto ricorrere ad una pratica del genere per le peculiari necessità delle loro lavorazioni e nello stesso tempo per conseguire un maggior benessere delle loro maestranze, messe così in grado di fornire il massimo rendimento.

Nelle industrie tessili è anzitutto quella del cotone la più importante di quante richiedano in modo imperativo un'atmosfera appropriata alla lavorazione della relativa materia prima. La fibra del cotone è infatti costituita da un gran numero di fili tenuissimi di cellulosa quasi pura, agglutinati fra di loro da sostanze cerose o gommose, la cui funzione è assai importante. Queste sostanze, molto dure a freddo, si rammolliscono sempre più via via che la temperatura cresce ed infine fondono a circa 80°; esse costituiscono cioè una specie di appretto naturale e ne consegue che occorrerà operare ad una data temperatura affinchè la filatura possa eseguirsi nel modo più conveniente; tale temperatura in genere varia fra i 22° ed i 31° a seconda dei risultati che si desiderano ottenere e naturalmente deve rimanere costante per tutta la durata di una data lavorazione. Si dovranno pertanto provvedere, nei locali adibiti alle lavorazioni suddette, i mezzi adeguati di riscaldamento per l'inverno e quelli di refrigeramento per l'estate. Un altro elemento, altrettanto importante quanto la temperatura, è anche l'umidità dell'ambiente; come appare difatti evidente nella fig. 1, la fibra

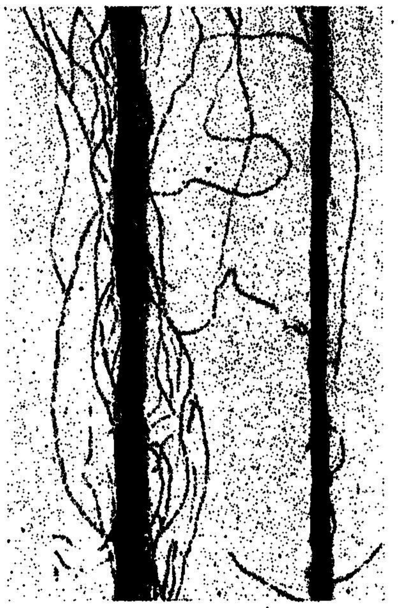


Fig. 1. - Aspetti diversi di fibre di cotone lavorate in ambiente secco (a sinistra) e umido (a destra).

a sinistra, lavorata in ambiente secco, ha dei filamenti arruffati e altri che vanno in tutte le direzioni, mentre la fibra rappresentata a destra, lavorata in ambiente umido, è più liscia e compatta. La ragione dell'esistenza dei filamenti che contornano la fibra lavorata in ambiente secco risiede anche nella presenza di elettricità statica dovuta allo sfregamento del filo sugli organi delle macchine; tale elettricità viene facilmente dispersa nell'atmosfera e verso terra in caso di ambiente umido. Quanto sopra spiega perchè le filature di cotone ebbero dapprima il loro maggiore sviluppo in alcune determinate regioni come il Lancashire in Inghilterra, il Nord della Francia e da noi in alcune valli alpine, dove cioè le condizioni climatiche naturali si avvicinavano maggiormente a quelle richieste per la lavorazione suddetta, e ciò sinchè non si trovò il sistema di produrre artificialmente l'umidificazione degli ambienti, in seguito alla quale fu reso possibile l'impianto di simili stabilimenti in qualunque luogo che risultasse più conveniente, a prescindere dalle condizioni climatiche, rispetto agli approvigionamenti delle materie prime, ai mercati di consumo e al reclutamento delle maestranze.

Non di rado le nostre signore avranno notato, nelle calze a maglia di seta, specialmente in quelle a buon mercato, che anzichè avere un aspetto uniforme presentano sovente dei riflessi ondati. Questi sono dovuti ad una diversa larghezza di maglia dipendente dalle variazioni di umidità dell'ambiente durante la lavorazione, le quali sono più che sufficienti a modificare sensibilmente il diametro del filo di seta e quindi ad influire sulla regolarità della maglia (fig. 2); specialmente notevole è la variazione fra la sospensione del lavoro alla sera e la ripresa di esso alla mattina. Occorre pertanto anche nei lavoratori di maglieria e nei calzifici provvedere ad un accurato condizionamento dell'aria qualora si voglia seriamente ottenere il prodotto scevro da difetti di questo genere, che talora vengono imputati alla maestranza dalla quale invece non dipendono affatto, ma sono bensì inevitabili quando non si disponga dei mezzi per controllare le condizioni fisiche dell'ambiente nel quale avviene la lavorazione.

Nell'industria grafica è stata oggigiorno raggiunta una gran precisione nella lavorazione della tensione della carta in modo da assicurare, specialmente nelle riproduzioni policrome, una perfetta sovrapposizione delle diverse impressioni; tuttavia, per una esatta coincidenza, occorre che la carta, durante tutta la lavorazione, conservi costanti le sue caratteristiche fisiche. A questo proposito è interessante notare come, per esempio, la carta alla caseina, patinata dalle due parti, subisca un allungamento del 0,4 % quando l'umidità dell'ambiente passi dal 35%

al 65 %; ciò che significa che in un foglio lungo un metro si possono verificare degli spostamenti anche di 4 mm. Risulta quindi evidente come anche nelle sale di stamperia si renda indispensabile un adeguato impianto di condizionamento dell'aria; tanto più che l'eccessiva secchezza dell'ambiente può condurre talvolta alla produzione di cariche elettrostatiche che hanno come conseguenza di far rimanere i vari fogli di carta come incollati uno sull'altro, inceppando in tal modo il regolare andamento del lavoro.

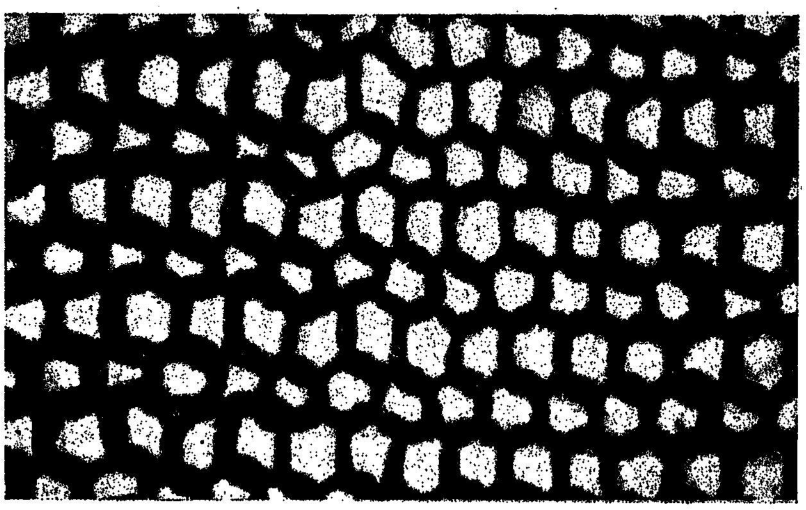


Fig. 2. - Le variazioni del grado di umidità modificano il diametro del filo di seta e rendono la maglia irregolare.

Il frumento è grandemente igroscopico: esso cioè assorbe facilmente umidità dall'ambiente e la ritorna non appena si trovi in atmosfera asciutta. Nell'industria molitoria perciò si manifesta un continuo scambio di umidità fra l'aria ambiente ed i prodotti della macinazione, cosicchè la farina, il semolino, la crusca e le altre stacciature presentano continue variazioni di umidità, che ostacolano la regolarità della lavorazione e si ripercuotono fortemente sulla perdita per evaporazione, che costituisce uno dei fattori principali del rendimento complessivo del molino. Inoltre lo stato igrometrico dell'aria ha una influenza essenziale sulla operazione dell'abburattamento, in quanto che i fili di seta che compongono i vagli che servono alla stacciatura sono, come abbiamo visto precedentemente, molto sensibili alle variazioni di umidità, infatti a seconda che l'ambiente sia secco od umido varia assai notevolmente l'area libera di ogni foro delle maglie del setaccio e pertanto il resultato dell'abburattamento viene a dipendere essenzialmente dalle condizioni dell'ambiente nel quale ha luogo l'operazione. Anche nell'industria molitoria pertanto un impianto di condizionamento dell'aria è della massima importanza qualora si vogliano ottenere resultati soddisfacenti tanto tecnicamente quanto economicamente.

Oltre alle ragioni puramente tecniche che rendono necessario il condizionamento dell'aria nelle industrie, delle quali abbiamo poco sopra passate in rassegna le principali, altro vantaggio non trascurabile che se ne ottiene è quello di un maggior benessere delle maestranze sulle quali gli elementi che agiscono principalmente sono la temperatura, lo stato igrometrico e la velocità dell'aria al contatto con le persone. Difatti è notorio come, a parità di temperatura, la gente stia meglio quanto più l'aria è secca oppure quanto più essa sia sufficientemente movimentata in modo da facilitare la traspirazione. Allo scopo di realizzare le migliori condizioni di ambiente, sia per quanto riguarda le necessità tecniche della lavorazione, sia per quanto riflette il benessere del personale ad essa adibito, occorrerà pertanto provvedere al riscaldamento o refrigeramento dei locali, a seconda delle stagioni, e all'umidità od essiccamento ed al ricambio dell'aria ambiente, e ove occorra procedere anche alla depurazione dell'aria stessa. Per conseguire questi scopi esistono apparecchi elettrici di facile manovra e di uso già generale ed assolutamente sicuro ed economico, e cioè dai riscaldatori ai frigoriferi, dai polverizzatori per l'inumidimento agli ozonizzatori per il risanamento dell'aria o l'assorbimento dei cattivi odori, dai ventilatori agli aspiratori elettrici per il ricambio ed il movimento dell'aria. È pertanto augurabile che ogni industriale, anche dei più modesti ma intelligente e previdente, pensi seriamente a provvedere senza indugio il suo laboratorio di un adatto impianto di condizionamento dell'aria, inquantochè è assolutamente indiscutibile e certo il vantaggio che gliene deriverà come sicurezza della bontà dei risultati tecnici delle sue lavorazioni e come maggior rendimento delle maestranze. Si tratta infatti di una spesa largamente ed immediatamente produttiva, che conviene pertanto affrontare.

2 f.

---

## L'APPROVIGIONAMENTO DI ACQUA CALDA NELLA CUCINA (1

*Elektrizitätswirtschaft*, gennaio 1932/2. – T. Stiebel.

Per l'approvvigionamento di acqua calda in cucina sono da considerarsi essenzialmente o gli apparecchi a bassa pressione, nel quale caso conviene installare per la cucina uno scalda-acqua separato da quello del bagno, oppure gli apparecchi a pressione ed allora per lo più si adopera un unico riscaldatore per i due usi; per ambedue i tipi esistono oggi sistemi assai perfezionati per la preparazione di acqua calda alla temperatura voluta. La scelta dipende dalle circostanze locali, ma vi è tendenza a preferire un apparecchio singolo per ogni erogazione. Per il bagno l'attingimento quotidiano è per lo più costante e cioè di 50 a 80 litri di acqua calda in una sola volta, mentre per la cucina, per es., la richiesta può variare grandemente da un giorno all'altro ed è pure assai diversamente distribuita durante le varie ore della giornata.

Il nuovo tipo di scalda-acqua è stato appunto studiato per sopperire ad un simile servizio e consuma corrente anche di giorno: questa, in Germania, si ha comunemente al prezzo di L. 0,45 per kWh se l'utente consuma energia anche per la cucina. Si tratta di un tipo di scalda-acqua ad accumulazione di calore (v. figg. 1 e 2) a bassa pressione, che, pur non richiedendo

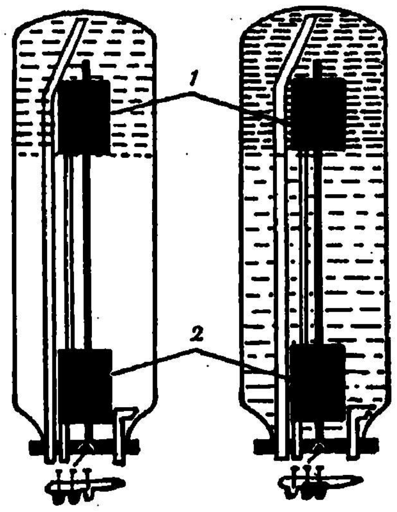



Fig. 1. - Schema dello scalda-acqua ad accumulazione, a bassa pressione, di piccola capacità – 1-2 = elementi riscaldatori.

una potenza elevata, è in grado di dare, a brevi intervalli, successive e ripetute erogazioni di acqua calda; a tale scopo l'elemento riscaldatore è suddiviso in due elementi, uno superiore posto a circa 2/3 dell'altezza interna del serbatoio e l'altro al

Fig. 2. - Scalda-acqua da litri 8, per cucina.

fondo dello stesso; essi non rimangono mai contemporaneamente sotto corrente. Il relais del termostato agisce nel senso di inserire prima l'elemento superiore, ottenendo così il rapido riscalda-

mento del terzo superiore dell'acqua contenuta nel serbatoio, che non si mescola affatto a quella posta inferiormente; qualora l'acqua del terzo superiore abbia raggiunto gli 85° e non venga spillata, allora il relais distacca l'elemento superiore ed inserisce l'elemento inferiore, il quale riscalda l'acqua degli altri due terzi del serbatoio e quando questi sono a 85° la corrente viene staccata definitivamente dal relais. I due elementi assorbono ciascuno la potenza di 500 W nel tipo con serbatoio della capacità di 3 litri e di 1000 W nel tipo da 8 litri, di guisa che, anche dopo aver prelevata tutta l'acqua calda disponibile a un dato momento, bastano soltanto da 10 a 15 minuti per aver di nuovo acqua a 85° nel terzo superiore dell'apparecchio.

Per una erogazione usuale massima giornaliera di 30 litri di acqua a 85°, come può venire richiesta in una cucina normale, nel caso dello scalda-acqua ad accumulazione con utilizzazione notturna occorrerà installarne uno da 30 litri e con la spesa d'impianto seguente:

| | | |
|---|---|---|
| scalda-acqua ad accumulazione notturna da 30 l | L. | 420 |
| gruppo di miscelazione per detto | » | 110 |
| contatore con interruttore orario | » | 270 |
| spesa totale | L. | 800 |

Lo stesso servizio e anche migliore, si può avere con lo scalda-acqua da 8 litri e con una spesa d'impianto assai minore:

| | | |
|---|---|---|
| scalda-acqua da 8 litri | L. | 297 |
| gruppo di miscelazione per detto | » | 48 |
| spesa totale | L. | 345 |

Nel caso invece di piccole cucine, botteghe di barbiere, gabinetti di medici e di dentisti, ecc. sarà sufficiente il tipo da 3 litri, che è ancora più economico:

| | | |
|---|---|---|
| scalda-acqua da 3 litri | L. | 223 |
| gruppo di miscelazione per detto | » | 33 |
| spesa totale | L. | 256 |

Per fare il confronto della spesa d'esercizio fra gli scalda-acqua comuni ad accumulazione da 30 litri, e quelli di piccola capacità occorre tener conto che nei primi si ha una perdita oraria per disperdimento di calore di 40 Wh circa, negli altri è al massimo di 20 Wh all'ora, con la stessa capacità di erogazione giornaliera.

Nel calcolo precedente non si è potuto naturalmente tener alcun conto del minor costo di impianto e della maggiore elasticità del tipo da 8 litri, che può arrivare a dare anche 80 litri di acqua calda al giorno, che lo scalda-acqua comune ad accumulazione da 30 litri non può dare. Col nuovo tipo, di piccola capacità, l'acqua calda si esaurisce rapidamente ed occorre aspettare un po' di tempo prima di poterne attingere dell'altra; evitando così lo spreco che può facilmente verificarsi con lo scalda-acqua comune il quale può dar acqua calda sino al completo esaurimento di tutta la provvista giornaliera in esso contenuta.

Non è però da ritenersi che il tipo di piccola capacità possa, in via generale, fare la concorrenza allo scalda-acqua ad accumulazione notturna: la convenienza dipenderà sempre dalle condizioni che regolano le erogazioni di acqua calda; uno è specialmente adatto per cucine, per gabinetti di medici e di dentisti, per botteghe da barbiere ed insomma in tutti i casi in cui si richiedono piccole e variabili erogazioni durante il giorno, l'altro converrà per forniture regolari e per quantità maggiori d'acqua calda.

f. f.

---

## m) FATTI E CIFRE SUL SERVIZIO DI SPAZZATURA URBANA EFFETTUATO CON CAMIONS ELETTRICI

*Le Véhicule Electrique*, maggio 1932.

In questi ultimi tempi si è potuto constatare che il veicolo elettrico è il più adatto per la raccolta delle immondizie delle case cittadine, e precisamente è il veicolo ad accumulatori il più atto a disimpegnare tale servizio, perchè questo non richiede nè velocità elevate, nè lunghi percorsi giornalieri. Inoltre il veicolo elettrico è eccezionalmente maneggevole e la sua manovra è estremamente facile; offre una regolarità di funzionamento, un minimo impiego di personale, di materiale e di spese di manutenzione. Tale caratteristica è tenuta in considerazione nei servizi tecnici municipali.

Le autorimesse che devono ospitare tali veicoli hanno una semplicità di attrezzamento straordinaria e una quantità minima di persone addette; ciò è spiegato dal fatto che il veicolo è azionato da motori elettrici di cui si conosce l'estrema semplicità; questi motori comportano una sola parte mobile: un indotto rotante che lavora a bassa temperatura. Non vi sono nè pistoni animati da movimenti alternativi rapidi, nè temperature eccessive, nè dispositivi d'alimentazione o carburazione delicata, nè cambi di velocità ecc. ecc. Tutto questo sommato, si vede che non vi è nessun congegno meccanico complesso soggetto a deterioramento od a logorio.

Quanto al rendimento, si può dire che nel veicolo elettrico è massimo, poichè i due fattori principali che gravano sulla manutenzione d'un veicolo con motore a scoppio, sono le riparazioni e relativi ricambi dei pezzi e la spesa del carburante. Il primo di questi fattori, nel veicolo elettrico è estremamente semplificato; quanto al carburante essa comprende due elementi d'importanza press'a poco equivalenti: la corrente elettrica e la batteria. Il consumo di energia è facile a determinarsi mediante amperometri installati a bordo della vettura; esso è poco variabile dall'estate all'inverno e, da statistiche fatte, ha dato ottimi risultati nei confronti dei veicoli col motore a scoppio.

Qui sotto si trovano riuniti i risultati ottenuti in due città della Francia, Asnières e Parigi.

*Città di Asnières*

Ha 12 camions elettrici: 10 da 5 tonn. e da 8 mc, e 2 da 3 T e da 6 mc, equipaggiati di batterie al ferro-nichel e di benne a contrappeso con bracci allungabili.

Nell'anno 1931 si ebbero i seguenti risultati:

| | | |
|---|---|---|
| percorso totale | km | 86 245 |
| volume approssimativo di immondizie raccolte | mc | 47 485 |
| consumo totale di energia | kWh | 198 000 |

*Città di Parigi*

Prove di controllo all'acquisto di 3 veicoli elettrici da 5 tonn. e da 12 mc.

La durata delle prove è stata di 1 anno, cioè 365 giorni, il numero effettivo delle giornate di lavoro di 364 giorni, con 1 sola giornata di immobilizzazione per regolazione dell'equilibrio delle benne

Nell'anno di prova si ebbero:

| | | |
|---|---|---|
| percorso totale | km | 13 583 |
| » medio giornaliero | » | 37,326 |
| consumo medio giornaliero | Ah | 241 |
| corrispondenti a | kWh | 45,75 |
| consumo medio per km | Ah | 6,47 |
| corrispondenti a | kWh | 1,22 |

Per quel che concerne la batteria, essa è diventata oggigiorno un elemento di incontestabile sicurezza, di facile manutenzione e di rapido ammortizzamento.

Quanto al fattore «economia» è ovvio che, fra tutti i veicoli urbani destinati alla raccolta delle spazzature, in quello elettrico il motore cessa completamente di consumare energia ad ogni singola fermata, per breve che sia. Inoltre la produzione di questa energia è estremamente economica allorchè viene prodotta mediante combustione delle stesse immondizie in una officina di incenerazione; ma anche quando le immondizie non vengono bruciate si possono caricare le batterie del veicolo servendosi della corrente elettrica urbana notturna che, a tal uopo, si può ottenere a prezzo assai conveniente.

Dal punto di vista igienico il veicolo elettrico si può dire l'ideale per la sua pulizia e per l'assenza di esalazioni nocive e nauseabonde; è doppiamente economico per il fatto che col suo andamento regolare contribuisce ad una maggiore durata della pavimentazione stradale. Tutti questi pregi conferiscono al veicolo elettrico ad accumulatori una priorià nel servizio di cui si è parlato.

P. P.

# Pubblicazioni

*DI TUTTE LE PUBBLICAZIONI INVIATE ALLA RIVISTA IN DOPPIO ESEMPLARE VERRÀ FATTO UN CENNO BIBLIOGRAFICO.*

ING. GOMBERTO VEROI: *Misure elettriche.* - (UTET, Torino, 1932-X. - L. 90).

Abbiamo già detto in altra occasione (1) come l'A., accingendosi a fare la 2ª edizione della sua ben nota opera «Elementi di Elettrotecnica», abbia dato un tale sviluppo alla materia trattata che da tali «Elementi» sono derivati diversi volumi di cui questo è il terzo.

I primi due volumi riguardavano rispettivamente l'Elettrotecnica generale e le macchine a corrente continua. Ora saltiamo di piè pari alle misure elettriche in attesa del prossimo volume sulle macchine a corrente alternata.

Quanto abbiamo scritto sui precedenti volumi deve qui esser ripetuto perchè l'A. non smentisce mai i suoi pregi di espositore ordinato, completo e chiaro. L'opera che egli ci presenta è un vero trattato che in tutti gli argomenti soddisfa anche le più difficili esigenze. Naturalmente l'A. non può ricordare tutti i numerosi e svariati apparecchi che vengono, si può dire, giornalmente creati; sono ampiamente menzionati quelli che la pratica ha sanzionato, non vi è però nessun cenno sull'oscillografo a raggi catodici che sta diventando di primaria importanza nelle ricerche elettriche.

# Notiziario

## a) NOTIZIE SULLA UTILIZZAZIONE DEGLI IMPIANTI IDROELETTRICI SVIZZERI NELL'ANNO 1931 E SUI PRINCIPALI IMPIANTI IN COSTRUZIONE O IN PROGETTO

DA UNA COMUNICAZIONE DELL'UFFICIO IDROGRAFICO FEDERALE. (*Eidg. Amt für Wasserwirtschaft*).
*Schweizerische Bauzeitung* 1932, 1° semestre, numeri 23-24-25.

*Energia producibile con gli impianti idroelettrici esistenti.*

Allo scopo di determinare l'energia producibile con gli impianti idroelettrici esitenti, l'ufficio idrografico federale svizzero compie sin dal 1926 rilievi e valutazioni speciali che hanno come punto di partenza i dati caratteristici degli impianti stessi e le portate disponibili alle rispettive prese. I dati si limitano però agli impianti idrolettrici che cedono energia elettrica a terzi.

*Serbatoi di accumulazione.*

L'energia immagazzinata nel 1930/1931 nei serbatoi, supposti completamente pieni, si è elevata da 422 a 435 milioni di kWh, sopratutto per effetto dell'invasamento del serbatoio del Grimsel. Questo valore non comprende però i 6,5 milioni di kWh immagazzinati dall'impianto Sernf-Niederenbach, entrato in esercizio nell'ottobre 1931, come pure non tiene conto delle ripercussioni dei grandi serbatoi sui deflussi utilizzati dagli impianti ad acqua fluente. Nell'autunno del 1930 e del 1931 i serbatoi, immagazzinando rispettivamente 412 e 407 milioni di kWh, erano quasi completamente pieni. A causa però delle portate abbondanti verificatesi nel periodo invernale 1930/1931, non fu necessario sfruttare completamente le riserve dei serbatoi. Ed infatti, mentre nella primavera del 1930 l'energia accumulata ammontava a 99 milioni di kWh, nell'inverno 1930/1931 i serbatoi avevano una riserva di 186 milioni di kWh, che corrisponde al 44% della riserva totale disponibile.

L'energia producibile dagli impianti idroelettrici della Confederazione ammontava, nell'anno idrografico 1930/31, a 5021 milioni di kWh; tenendo poi conto delle riserve accumulate detto valore si elevava a 5136 milioni di kWh.

(1) V. *L'Energia Elettrica*, marzo 1931, pag. 271.

Il primo valore dà l'energia producibile con l'utilizzazione delle portate naturali, mentre il secondo valore comprende anche gli aumenti dovuti allo svuotamento dei serbatoi e le diminuzioni dovute al riempimento degli stessi. L'energia producibile nei mesi invernali del 1930/31 superava di 1/3 quella corrispondente al medesimo periodo dell'anno precedente. A Basilea si è avuto un deflusso iemale quasi doppio di quello dell'inverno precedente.

Nei mesi estivi invece si è verificata una diminuzione del 6% rispetto all'anno 1930.

Il seguente specchietto riporta i valori dell'energia producibile con i diversi impianti negli ultimi anni:

| | 1925/26 | 1926/27 | 1927/28 | 1928/29 | 1929/30 | 1930/31 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Senza serbatoi | 3999 | 4135 | 3978 | 4136 | 4369 | 5021 |
| Con serbatoi | 4025 | 4201 | 4155 | 4304 | 4426 | 5136 |

Il rapporto fra il valore dell'energia realmente prodotta ed il valore dell'energia disponibile dà il coefficiente di utilizzazione degli impianti idroelettrici:

| Anno idrogr. | 1925/26 | 1926/27 | 1927/28 | 1828/29 | 1929/30 | 1930/31 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| in % | 71,5 | 73,5 | 81 | 82,5 | 79,5 | 71 |

La diminuzione del coefficiente di utilizzazione nell'anno 1930/31 è dovuto al diverso incremento della produzione reale (4%) rispetto a quello dell'energia producibile (16%) in conseguenza delle portate abbondanti.

IMPIANTI IDROELETTRICI ENTRATI IN ESERCIZIO NEL 1931.

Nell'anno 1931 sono stati ultimati od ampliati i seguenti impianti di notevole potenza:

*Impianti ad alta caduta con grandi serbatoi:*

Impianto di Sernf-Niederenbach (Schwanden, San Gallo). Potenza 38.000 HP.

Ampliamento della Centrale Handeck sull'Aare: (installazione del 4° gruppo di macchine per una potenza di 30.000 HP).

*Impianti ad alta caduta senza serbatoi.*

Impianto Orsieres nel Wallis. Potenza attuale: 16.000 HP.

*Impianti a bassa caduta.*

Ampliamento dell'impianto sul Reno Ryburg-Schwoerstadt coll'installazione degli ultimi 2 gruppi di macchine per una potenza di 75.000 HP. (Partecipazione Svizzera : 50%).

IMPIANTI IDROELETTRICI IN COSTRUZIONE.

Al 31 dicembre 1931 erano in costruzione i seguenti grandi impianti:

*Impianti ad alta caduta con grandi serbatoi.*

Impianto sulla Dixence nel Wallis: Pot. 175.000 HP.

Quarto ampliamento dell'impianto sul Lago di Lungern, (in seguito a deviazione del Gran Melchaa nel Lago di Lungern).

Impianto Monte Piottino (Officine Elettriche Ticinesi, Bodio) sul Ticino: Potenza 85.000 HP.

*Impianti a bassa caduta.*

Centrale di Kembs (Enérgie Electrique du Rhin S. A. Mulhouse). Potenza 200.000 HP. (Partecipazione Svizzera 20%).

Albbruck-Doggern (Rheinkraftwerk Albbruck-Dogern A. G. Waldshut). Potenza 96.000 HP. (Partecipazione Svizzera 54%).

Centrale Klingnau degli Stabilimenti sull'Aare S. A. Brugg. 60.000 HP.

Centrale Wettingen della città di Zurigo sulla Limmat: Potenza 28.000 HP.

È in progetto la costruzione dei seguenti impianti idroelettrici:

*Impianti ad alta caduta con grandi serbatoi.*

Impianto di Etzel (110.000 HP).
Impianto sul Reno (110.000 HP, salvo ampliamenti).
Impianto di Albigna (30.000 HP).
Impianto Le Châtelot sul Doubs (45.000 HP).

*Impianti a bassa caduta da costruirsi sul Reno.*

Birsfelden (75.000 HP).
Saeckingen (86.000 HP).
Koblenz Kadelburg (56.000 HP).
Rekingen (49.000 HP).
Rheinau (55.000 HP) o Rheinau-Balm (60.000 HP).
Schaffhausen (29.000 HP).

*Impianti sull'Aare.*

Wildegg-Brugg (97.000 HP).
Rapperswill (42.000 HP).

I. K.

---

b) **IVª MOSTRA NAZIONALE DELLA RADIO**

Dal 10 al 20 settembre 1932 avrà luogo in Milano, nel Palazzo della Società delle Belle Arti ed Esposizione Permanente (Via Principe Umberto, 32), la IV Mostra Nazionale della Radio promossa dal Gruppo Costruttori Apparecchi Radio in seno all'Associazione Nazionale Fascista fra gli Industriali Meccanici e Affini, e dall'Associazione Radiotecnica Italiana.

Tale manifestazione, alla quale prendono parte tutti i costruttori nazionali di accessori e di apparecchi radio, è destinata a presentare alla gran massa di visitatori, commercianti e rivenditori, i nuovi tipi di apparecchi costruiti.

Ogni fabbricante farà conoscere i suoi prodotti alle persone interessate e metterà queste nella condizione di poter seguire lo sviluppo ed il miglioramento che di anno in anno si compie in tale genere di apparecchi.

Durante il periodo della Mostra avrà luogo il Congresso annuale dell'Associazione Radiotecnica Italiana con interessanti conferenze e con la visita ad importanti stabilimenti radiotecnici.

I visitatori della Mostra godranno di importanti riduzioni ferroviarie da tutte le stazioni del Regno.

---

c) **I MATERIALI OCCORRENTI PER ELETTRIFICARE LA NEW YORK-WASHINGTON**

La elettrificazione completa del tronco ferroviario fra New York e Washington, della Pennsylvania Railroad Company, attualmente in corso di esecuzione, richiederà in complesso l'impiego di circa 62 000 tonn. di acciaio, di 18 000 tonn. di rame, 120 grandi trasformatori e 100 piccoli, 530 interruttori automatici, 176 nuovi locomotori e la modifica dei 36 locomotori esistenti. Il lavoro comprende inoltre la costruzione di 30 nuove sottostazioni e l'ampliamento delle 12 esistenti, la posa di circa 8000 pali in acciaio sopra fondazioni di calcestruzzo ed il distendimento di circa 10500 km di filo, e ciò per elettrificare in tutto, come riferisce l'*Electrical World* del 18 giugno scorso, km. 1741 di binario ferroviario.

---

d) **LA VENDITA DI APPARECCHI ELETTRODOMESTICI NEGLI STATI UNITI NEL 1931**

P. A. O' Connell, presidente dell'Associazione Nazionale americana fra i venditori al minuto di mercerie, informa sull'*Electrical World,* del 25 giugno scorso, pag. 1102, che vi è stata una così grande richiesta di certi apparecchi elettrodomestici, che la loro vendita ha superato quella di altri prodotti. Si calcola infatti che durante l'anno 1931 siano stati venduti 900 000 frigoriferi elettrici del valore complessivo di più di 4 miliardi di lire, 30 000 lucidatrici elettriche per milioni di lire, 686 648 aspirapolvere per L. 652 315 600, 707 303 ventilatori per Lire 193 240 100 e 72 000 fornelli elettrici per L. 9 291 000.

Alcuni di questi apparecchi hanno avuto tuttora una vendita superiore a quella già cospicua dell'anno scorso; questo deve convincere gli scettici più ostinati della convenienza che presenta oggi la vendita degli apparecchi elettrodomestici.

---

**25 000 SCALDA-ACQUA ELETTRICI AD AMSTERDAM** (e

Secondo quanto riferisce l'*Electrical World,* del 18 giugno scorso, nella città di Amsterdam, che oggigiorno conta 746 000 abitanti, vi erano nel 1927 soltanto 895 scalda-acqua elettrici, mentre oggi tali apparecchi raggiungono il numero di 24 689, dei quali l'84% sono dati a nolo agli utenti. L'energia elettrica per l'alimentazione degli scalda-acqua viene fornita nelle ore notturne e nelle ore di minor carico dopo il mezzogiorno, alla tariffa di L. 0,15 per kWh inserendo detti apparecchi nelle ore della tariffa speciale; l'inserzione avviene automaticamente a mezzo di dispositivi applicati presso ogni utente. L'importo del nolo varia da L. 14,50 a L. 33,50 mensili dai tipi di minore a quelli di maggiore capacità e si può ragguagliare a circa il 17% annuo del costo d'impianto.

---

**LA CASA DELL'ELETTROTECNICA ALLA FIERA DI LIPSIA** (f

Ci è stato comunicato che la Casa dell'Elettrotecnica, come già nell'anno precedente, resterà chiusa durante la Fiera autunnale di quest'anno. Per la Fiera primaverile del 1933 invece essa si aprirà di nuovo, presentando in forma più vasta un quadro completo delle novità nel campo dell'Elettrotecnica e specialmente delle nuovissime costruzioni.

---

**DIFFUSIONE DEGLI APPARECCHI ELETTRODOMESTICI NEGLI STATI UNITI D'AMERICA** (g

La *Electrocorrespondance* riporta il numero dei possessori di vari generi di apparecchi utilizzatori per ogni cento utenze domestiche, al 1° gennaio 1932, negli Stati Uniti, ove tali utenze allora assommavano a 20 400 000.

| *Apparecchi* | *Percentuale di utenti che lo possiedono* |
|---|---|
| Aspirapolvere | 45,4 |
| Frigoriferi | 17,1 |
| Bollitori | 6,1 |
| Lucidatrici | 1,5 |
| Termofori | 10,9 |
| Calandre (per stirare) | 3,5 |
| Cucine elettriche | 5,3 |
| Centrifughe asciugatrici | 16,4 |
| Ferri da stiro | 96,7 |
| Arricciacapelli | 13,4 |
| Tostapane | 40,3 |
| Orologi elettrici | 16,4 |
| Macchine per lavare la biancheria | 40,8 |
| Macchine per lavare i piatti | 0,6 |
| Macchine da caffè | 28,8 |
| Radiatori | 16,3 |
| Scaldavivande | 10,9 |

# Necrologio

A Milano, il 17 luglio il Gr. Uff. Ing. Carlo Tarlarini, Consigliere d'Amministrazione della Società Generale Italiana Edison di Elettricità.

SEN. PROF. O. M. CORBINO, *Direttore*

ARTI GRAFICHE E. CALAMANDREI & C. - MILANO
Fotoincisioni della «ZINCOGRAFICA» - MILANO

ING. ETTORE CESARI, *Redattore-Capo responsabile*

MILANO
Agosto 1932 - Anno X

Fascicolo VIII
Volume IX

# L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTICHE (FENAGRIEL)
*Direttore:* SENATORE O. M. CORBINO

Le opinioni espresse dagli autori e dai redattori non impegnano nè la Direzione, nè le Associazioni di cui la Rivista è l'organo

ING. ETTORE CESÀRI
DIRETTORE DELL'«UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE»

# La produzione ed il consumo dell'energia in Italia nell'annata 1931

## I. — LE IMPRESE ELETTRICHE.

### Numero e tipo delle imprese.

Due indagini eseguite durante il 1931 hanno permesso alla UNFIEL di completare l'elenco delle Imprese elettriche italiane. Un controllo è stato anche eseguito attraverso i Consigli dell'Economia Corporativa: l'elenco completo dei nominativi verrà pubblicato a suo tempo su *L'Energia Elettrica*.

La Tabella I fornisce in riassunto i dati raccolti in proposito.

TABELLA I.

NUMERO DELLE IMPRESE ELETTRICHE PRIVATE ITALIANE SULLE QUALI SI POSSEGGONO DATI (1)

| IMPRESE | al 31-12-1931 |
|---|---|
| Con meno di 1 000 000 di capitale .......... | 918 |
| Con capitale: | |
| ≥ 1 000 000 e < di 30 000 000 ..... | 192 |
| ≥ 30 000 000 e < di 50 000 000 ..... | 20 |
| ≥ 50 000 000 e < di 100 000 000 ..... | 16 |
| ≥ 100 000 000 e < di 500 000 000 ..... | 21 |
| ≥ 500 000 000 e < di 1 000 000 000 ..... | 4 |
| ≥ 1 000 000 000 ..................... | 1 |
| TOTALE .............. | 1172 |
| Con attività mista ...................... | 28 |
| TOTALE GENERALE ..... | 1200 |

Fonte: *UNFIEL*.

(1) I dati pubblicati nelle tabelle I e V rispecchiano la situazione delle imprese Elettriche private italiane al 31 dicembre 1931. Tali dati non coincidono con quelli pubblicati al 1° gennaio 1932 nel Supplemento Economico de *L'Energia Elettrica*: questi ultimi infatti si riferiscono soltanto alle notizie giunte entro il 31 dicembre 1931.

## II. — GLI INVESTIMENTI FINANZIARI.

### Dati di bilancio.

La Tabella II contiene riassuntivamente i principali elementi di bilancio delle Società elettriche italiane aventi almeno un milione di capitale.

Si osserva un aumento di 18 milioni circa del *capitale azionario* rispetto al 1930; una diminuzione di 280 milioni sull'importo dei *prestiti esteri* ed un aumento di 686 milioni sull'importo delle *obbligazioni ordinarie*; le *riserve statutarie* sono aumentate di 45 milioni, ma quelle *straordinarie* sono diminuite di circa 16 milioni; il *conto impianti* è aumentato di 183 milioni.

Il processo di concentrazione delle Imprese ha fatto scendere il numero delle Società di questo gruppo da 222 a 215.

I capitali azionari dei grandi Gruppi hanno subito alcuni spostamenti in seguito ad aumenti e riduzioni di capitale od a fusioni intervenute nelle Società controllate. In totale il capitale azionario controllato dai grandi Gruppi è passato da 10 314 milioni a 10 305 milioni (vedi Tabella III).

Le Aziende Municipalizzate hanno pure presentato alcune variazioni: i *capitali di dotazione* aumentano di 138 milioni, i *prestiti e mutui* segnano una lieve diminuzione, dovuta ad ammortamenti: i *fondi di riserva e ammortamenti* aumentano di una trentina di milioni (vedi Tabella IV).

In generale è evidente la tendenza a rallentare gli investimenti, dovuta alle circostanze generali del mercato, alla quale fa riscontro la graduale cessazione dell'attività dei cantieri.

La Tabella V dà un'idea della distribuzione del capitale investito nelle Imprese private, a seconda dell'importanza e del tipo di queste ultime.

### Andamento dei redditi.

L'industria elettrica in Italia ha, più che in altri paesi, carattere totalitario. Essa alimenta la modesta lampadina che illumina la casa dell'operaio e dà vita ai maggiori opifici. La produzione d'energia in proprio costituisce l'eccezione. I suoi utenti appartengono a tutte le classi sociali ed esercitano ogni genere di attività.

È quindi naturale che la sua prosperità sia legata alla prosperità generale, e che subisca anch'essa tutte le vicende che turbano l'economia nazionale.

TABELLA II.

DATI FINANZIARI SULLE MAGGIORI SOCIETÀ ELETTRICHE ITALIANE
(al 31 dicembre 1931)

| IMPRESE | N.° delle Soc. considerate | Capitali nominali | Prestiti esteri | Obbligazioni emesse in Italia | Riserve statutarie | Riserve straordinarie e ammortamenti | Impianti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Società Anonime quotate nelle Borse del Regno ........... | 27 | 7 325 750 000 | 1 256 450 315 | 1 351 720 199 | 287 152 051 | 1 488 345 709 | 7 514 663 033 |
| Idem, non quotate nelle Borse del Regno con capitale di 30.000.000 o maggiore ........... | 32 | 1 914 000 000 | 629 128 154 | 425 777 750 | 34 063 939 | 320 832 731 | 3 885 860 202 |
| Idem, con capitale da 1÷30.000.000 .... | 156 | 953 662 500 | 190 251 815 | 158 086 354 | 20 384 376 | 161 990 810 | 2 157 959 294 |
| TOTALI (1931) .... | 215 | 10 193 412 500 | 2 075 830 284 | 1 935 584 303 | 341 600 366 | 1 971 169 250 | 13 558 482 529 |
| TOTALI (1930) .... | *222* | *10 175 625 000* | *2 356 080 889* | *1 248 939 000* | *296 458 085* | *1 987 474 086* | *13 375 472 298* |

Fonte: *UNFIEL.*

TABELLA III.

CAPITALI AZIONARI CONTROLLATI DAI PRINCIPALI GRUPPI ELETTRICI (in milioni di Lire)

| GRUPPO | Capitali al 30-6-31 | Capitali al 30-6-32 |
|---|---|---|
| Edison ........................ | 3 083 | 3 133 |
| Sip ........................ | 1 995 | 1 807 |
| La Centrale ........................ | 1 187 | 1 251 |
| Adriatica ........................ | 923 | 1 142 |
| Meridionale ........................ | 953 | 926 |
| Terni ........................ | 601 | 601 |
| Adamello ........................ | 599 | 469 |
| Unes ........................ | 324 | 327 |
| Sarda ........................ | 221 | 221 |
| Isarco ........................ | 216 | 216 |
| Sicilia ........................ | 212 | 212 |
| TOTALI .......... | 10 314 | 10 305 |

Fonte: *UNFIEL.*

TABELLA IV.

DATI FINANZIARI SULLE AZIENDE MUNICIPALIZZATE

| | Dati al | |
|---|---|---|
| | 31 Dic. 1930 Lire | 31 Dic. 1931 Lire |
| Capitali di dotazione ........ | 613 779 000 | 752 000 000 |
| Prestiti o mutui............ | 147 468 000 | 143 000 000 |
| Fondi di riserva e ammortamenti .................. | 194 784 000 | 225 000 000 |
| Valore degli impianti in bilancio | 1 189 977 000 | 1 360 000 000 |

Fonte: *Federazione Nazionale Fascista delle Aziende Industriali Municipalizzate.*

TABELLA V.

CAPITALI AZIONARI O DI PRIMO IMPIANTO DELLE IMPRESE ELETTRICHE PRIVATE ITALIANE (1)
(al 31 dicembre 1931)

| IMPRESE | N.° | Capitali |
|---|---|---|
| Società Anonime quotate nelle Borse del Regno .................... | 27 | 7 325 750 000 |
| Idem, non quotate nelle Borse del Regno con capitale di 30 000 000 o maggiore .................... | 32 | 1 914 000 000 |
| Idem, con capitale da 1÷30 000 000 | 156 | 953 662 500 |
| Idem, con capitale inferiore ad 1 milione .......................... | 288 | 71 001 957 |
| Società finanziarie ................ | 4 | 715 000 000 |
| Società non anonime con capitale di 1 000 000 o maggiore ........... | 35 | 84 142 000 |
| Società non anonime con capitale inferiore ad 1 000 000 ............ | 630 | 121 641 500 |
| TOTALI ............ | 1172 | 11 185 197 957 |
| Società con attività mista .......... | 28 | 89 950 000 |
| TOTALI GENERALE .... | 1200 | 11 275 147 957 |

Fonte: *UNFIEL.*

(1) Vedi nota alla Tabella I.

Nei momenti di depressione economica essa si trova perciò a dover sopportare di riflesso il male comune: coll'aggravante che, pel carattere immobiliare dei suoi investimenti, essa non risente alcuna diminuzione di spesa o di oneri nei periodi di tempo durante i quali i suoi introiti diminuiscono. Essa quindi si trova a subire quasi tutto il danno dei momenti critici senza poter introdurre le economie che in tali circostanze le altre industrie ed i commerci possono trovare nella riduzione della mano d'opera e di altre spese, e nel ribasso delle

materie prime (1). Di più essa si vede assalita da richieste di riduzioni e di abbuoni, come se la sua posizione non fosse già almeno altrettanto critica di quella dei suoi utenti.

Il momento attuale è fra quelli ove questi fatti più appaiono evidenti. I consumi più pregiati sono in sensibile diminuzione fino dagli ultimi mesi del 1930: caratteristica è la rapida discesa del consumo luce a partire dalla fine di quell'anno. Nelle abitazioni, nei negozi, nei piccoli e grandi opifici si cerca evidentemente di risparmiare su ogni più piccola spesa: la massaia come il grande industriale si preoccupano di abolire il superfluo e di ridurre ogni uscita al minimo necessario.

Si è giunti così ad una sensibile riduzione dei consumi e particolarmente di quelli a tariffe più elevate: fatto tanto più grave in quanto esso è capitato quando si aveva sul mercato un aumento di disponibilità d'energia idroelettrica, producibile nelle centrali di recente ultimate. Conseguenza di tale stato di cose fu una tendenza generale a svendere l'energia rimasta disponibile cedendola per usi termici od elettrochimici alle industrie, che ne hanno largamente avvantaggiato: e la svendita è stata tale da praticamente equilibrare la diminuzione degli altri consumi dovuta alle circostanze del momento, sì che la produzione ha subito finora diminuzioni di poco peso. Ma gli incassi hanno manifestato limitazioni tali da costringere buona parte delle Imprese a ridurre il loro dividendo e qualcuna anche fra le più importanti ad annullarlo.

La Tabella VI, dà un'idea della diminuzione che i redditi hanno subito negli ultimi due anni e del suo accentuarsi nel 1931. Già fino dagli esercizi 1930 (o 1929-30) il fenomeno della mancata rimunerazione di capitali azionari si era manifestato in modo assai sensibile: circa 930 milioni di lire (al valore nominale) non avevano avuto alcun dividendo. Nel 1931 (e rispettivamente 1930-31) tale importo era già salito a ben 3195 milioni: circa un quarto del valor nominale complessivo delle azioni è rimasto quindi senza rimunerazione. A questa diminuzione dei redditi fa riscontro una sensibile discesa dei valori di Borsa dei titoli durante il '31 ed i primi mesi del '32. Questo fenomeno in parte dipese dall'assottigliarsi degli utili, in parte da vicende interne di alcune Società, in parte dall'andamento generale e infine, per una parte tutt'altro che trascurabile, da voci tendenziose messe in giro sull'imminenza di provvedimenti legislativi interessanti l'industria elettrica, che poi risultarono infondate. Anche le campagne tenute vive da alcuni giornali contro l'industria elettrica vi ebbero la loro parte.

TABELLA VI.

DATI RELATIVI ALLE SOCIETÀ ELETTRICHE (N. 65) CHE HANNO DIMINUITO O ANNULLATO IL DIVIDENDO PER L'ESERCIZIO 1931 (o 30-31) RISPETTO AL 1930 (o 29-30).

| | Esercizio | | Differenza |
|---|---|---|---|
| | 1930 o 29-30 | 1931 o 30-31 | |
| Capitali .... L. | 6 529 411 041 | 6 612 362 541 | + 82 951 500 |
| Dividendo distribuito ..... L. | 567 629 543 | 364 516 216 | — 203 113 327 |

Fonte: *UNFIEL*.

TABELLA VII.

VALORI NOMINALI E DI BORSA DEI TITOLI ELETTRICI QUOTATI NELLE BORSE DEL REGNO DURANTE IL 1931

| MESE | Valori nominali | Valori in Borsa | Variazioni fra mesi successivi del valore di Borsa | Variazioni in % |
|---|---|---|---|---|
| Gennaio .. 1931 | 7 419 500 000 | 8 296 707 958 | | |
| Febbraio . » | 7 419 500 000 | 8 728 029 392 | + 431 321 434 | + 5,19 |
| Marzo ... » | 7 419 500 000 | 8 835 752 260 | + 107 722 868 | + 1,23 |
| Aprile ... » | 7 374 500 000 | 8 031 593 053 | — 804 159 207 | — 9,10 |
| Maggio .. » | 7 374 500 000 | 7 470 843 732 | — 560 749 321 | — 6,98 |
| Giugno .. » | 7 374 500 000 | 7 315 052 260 | — 155 791 472 | — 2,08 |
| Luglio ... » | 7 388 250 000 | 7 405 911 600 | + 90 859 340 | + 1,24 |
| Agosto ... » | 7 388 250 000 | 7 299 736 600 | — 106 175 000 | — 1,43 |
| Settembre. » | 7 635 750 000 | 6 901 794 468 | — 397 942 132 | — 5,45 |
| Ottobre .. » | 7 635 750 000 | 6 389 398 072 | — 512 396 396 | — 7,42 |
| Novembre. » | 7 635 750 000 | 5 971 955 242 | — 417 442 830 | — 6,53 |
| Dicembre . » | 7 635 750 000 | 5 641 934 506 | — 330 020 736 | — 5,52 |
| *Giugno .. 1932* | *7 635 750 000* | *4 268 989 487* | *—1 372 945 019* | *—24,33** |

Fonte: *UNFIEL*.

* Differenza dal Dicembre 1931 al Giugno 1932.

La Tabella VII mostra l'andamento delle quotazioni di borsa dei titoli elettrici nel 1931 e nel primo semestre del 1932.

Il fenomeno può stimarsi a colpo d'occhio sul diagramma *A*.

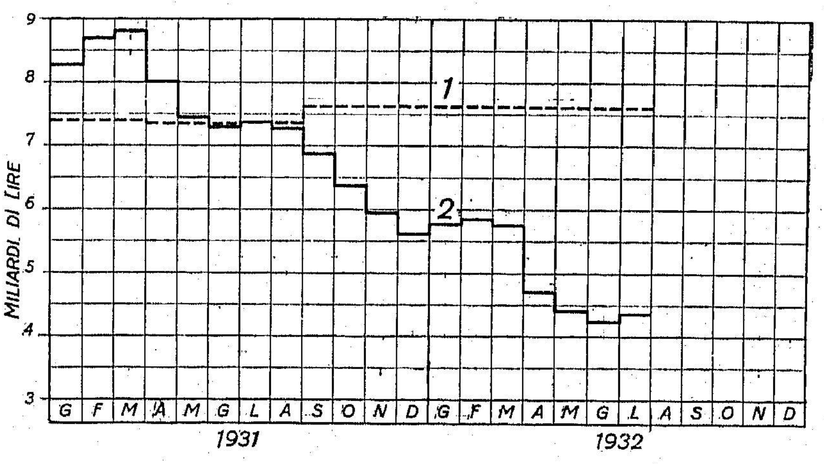



Diagramma *A*.

*1)* ---- Valori nominali (parte versata esclusi i sovraprezzi)

*2)* —— Valori di mercato (calcolati sui prezzi di compenso).

III. — GLI IMPIANTI PRODUTTORI.

**Concessioni d'acque pubbliche.**

Le *domande per derivazione d'acque pubbliche* sono in costante diminuzione, in conseguenza delle stesse cause sopra accennate. Per le *grandi derivazioni* (vedere Tabella VIII) siamo scesi nel 1931 ad un terzo rispetto alle cifre del 1930, come *numero* di domande, ed a meno d'un quarto come *potenza*.

Le *concessioni conseguite*, diminuite in *numero* per le grandi derivazioni da 71 a 43 e da 158 a 112 per le piccole, danno una *potenza concessa* nel '31 uguale a quella del '30 per le grandi e minore d'un migliaio di cavalli per le piccole derivazioni (vedi Tabella IX).

Lo *stato provvisorio* delle concessioni a fine 1931 è dato dalla Tabella X. È in corso da parte dei competenti Uffici ministeriali

(1) Nel caso attuale l'Industria elettrica ha anche rinunciato al risparmio proveniente dalla riduzione dei salari e degli stipendi al personale, a favore degli utenti luce: anzi, essa si è assunto dal 1 gennaio 1931 un carico di 10 centesimi di imposta per kWh che corrisponde circa al doppio del risparmio realmente effettuato.

TABELLA VIII.

DOMANDE PER DERIVAZIONI D'ACQUE PUBBLICHE SUPERIORI AI 300 HP AMMESSE AD ISTRUTTORIA NEL 1931.

| REGIONI | N. delle domande | HP dinamici complessivi |
|---|---|---|
| Italia Settentrionale | 19 | 100 343 |
| Italia Centrale | 3 | 3 201 |
| Italia Meridionale | — | — |
| Italia Insulare | — | — |
| TOTALE REGNO (1931) | 22 | 103 544 |
| TOTALE REGNO (1930) | *66* | *466 107* |

Fonte: *Bollettino dei LL. PP.*

TABELLA IX.

CONCESSIONI D'ACQUE PUBBLICHE CONSEGUITE NEL 1931

| REGIONI | Numero delle concessioni | | Cavalli dinamici di concessione | |
|---|---|---|---|---|
| | >300 HP | <300 HP | >300 HP | <300 HP |
| Italia Settentrionale | 35 | 95 | 238 597 | 4 483 |
| Italia Centrale | 6 | 11 | 62 790 | 705 |
| Italia Meridionale | 1 | 5 | 3 725 | 315 |
| Italia Insulare | 1 | 1 | 2 943 | 18 |
| TOTALE REGNO (1931) | 43 | 112 | 308 055 | 5 521 |
| TOTALE REGNO (1930) | *71* | *158* | *307 849* | *6 640* |

Fonte: *Bollettino dei LL. PP.*

TABELLA X.

CONCESSIONI IDRAULICHE IN HP COMPRESE LE AUTORIZZAZIONI PROVVISORIE E CONCESSIONI ATTIVE IN CENTRALI ELETTRICHE (a fine 1931).

| REGIONI | Concessioni idrauliche | Concessioni attive in centrali elettriche |
|---|---|---|
| Italia Settentrionale | 4 689 934 | 2 378 514 |
| Italia Centrale | 1 139 108 | 526 365 |
| Italia Meridionale | 339 322 | 334 917 |
| Italia Insulare | 87 326 | 52 161 |
| TOTALE (a fine 1931) | 6 255 690 | 3 291 957 |
| TOTALE (a fine 1930) | *6 048 470* | *3 061 180* |

Fonte: *UNFIEL.*

una revisione generale tendente a far decadere tutte le concessioni per le quali sono scaduti i termini d'esecuzione e questi non sono stati rinnovati, o che comunque non sono in regola. Quindi le cifre della prima colonna della Tabella X subiranno durante il 1932 sensibili riduzioni. Nel 1931 sono segnalati come entrati in funzione in centrali elettriche circa 230 000 cavalli di nuove concessioni: cifra che ha un semplice significato amministrativo.

**Impianti censiti.** Più volte è stato osservato da lettori dei nostri Bollettini mensili che il continuo aumento del numero di impianti censiti portava seco una minore attendibilità delle percentuali di variazione fra un anno e l'altro, in quanto queste in parte si dovevano calcolare impiegando cifre stimate. Poichè la percentuale probabile del censito è stata portata al 94%, abbiamo ritenuto opportuno fermarci e non ammettere più all'indagine statistica che le centrali di nuova costruzione, man mano che entrano in esercizio.

I rapporti per tal modo potranno stabilirsi in modo esatto. Le eventuali differenze portate dall'introduzione nel calcolo di cifre a stima per alcune piccole centrali, che rappresentano circa il 6% della produzione, non possono risultare apprezzabili.

Le Imprese censite (delle quali si pubblicherà l'elenco dettagliato degli impianti in un supplemento a *L'Energia Elettrica*) erano al 31 dicembre 1931 quelle indicate nella Tabella XI: le cifre pubblicate a partire dal 1932, non subiranno più altre variazioni che quelle dovute all'entrata in funzione di centrali nuove od alla definitiva uscita d'esercizio di vecchie centrali, *esclusa qualsiasi variazione per allargamento della raccolta dei dati statistici.*

TABELLA XI.

IMPRESE CENSITE DALLA UNFIEL NEL 1932.

| REGIONI | Imprese | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | per distribuzione | | | ad uso del produttore | ad uso promiscuo | Totale |
| | Impr. Private | Aziende Municip. | Consorzi | | | |
| Italia Settentrionale | 134 | 26 | 5 | 95 | 23 | 283 |
| Italia Centrale | 35 | 8 | 1 | 9 | 5 | 58 |
| Italia Meridionale | 36 | 2 | — | 6 | — | 44 |
| Italia Insulare | 15 | 2 | — | 2 | 1 | 20 |
| TOTALI | 220 | 38 | 6 | 112 | 29 | 405 |

Fonte: *UNFIEL.*

**Impianti idroelettrici esistenti.** La Tabella XII indica il numero di centrali idroelettriche censite e le potenze rispettive.

TABELLA XII.

POTENZA EFFICIENTE IN kW NEGLI IMPIANTI IDROELETTRICI CENSITI DALLA UNFIEL.

| REGIONI | N. Centrali | | Potenza efficiente in kW | |
|---|---|---|---|---|
| | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 |
| Italia Settentrionale | 622 | 628 | 2 583 898 | 2 714 385 |
| Italia Centrale | 197 | 197 | 486 244 | 485 984 |
| Italia Meridionale | 79 | 81 | 279 095 | 329 095 |
| Italia Insulare | 14 | 14 | 72 693 | 72 963 |
| TOTALI | 912 | 920 | 3 421 930 | 3 602 427 |

Fonte: *UNFIEL.*

La Tabella XIII contiene i valori probabili delle potenze *efficienti* degli impianti idroelettrici italiani. Va ricordato che le statistiche della UNFIEL si riferiscono alle potenze *efficienti* ossia alle massime che le centrali sono in grado di poter sostenere

TABELLA XIII.

PROBABILE AMMONTARE TOTALE DELLA POTENZA EFFICIENTE IN MIGLIAIA DI kW NEGLI IMPIANTI IDROELETTRICI ITALIANI.

| REGIONI | 1926 | 1927 | 1928 | 1929 | 1930 | 1931 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Italia Settentrionale .. | 1 700 | 1 877 | 2 084 | 2 620 | 2 900 | 3 030 |
| Italia Centrale ...... | 380 | 420 | 450 | 522 | 590 | 590 |
| Italia Meridionale ... | 186 | 230 | 238 | 278 | 310 | 360 |
| Italia Insulare ...... | 64 | 73 | 73 | 80 | 80 | 80 |
| TOTALI .... | 2 330 | 2 600 | 2 845 | 3 500 | 3 880 | 4 060 |

Fonte: *UNFIEL.*

in condizioni normali di portata e di efficienza. La cifra non va confusa con le *potenze installate* che quasi sempre sono alquanto diverse, e comprendono talora anche quelle riserve che non potrebbero essere azionate contemporaneamente a tutto il restante macchinario, e che però non si possono sommare a quest'ultimo del quale sono un parziale duplicato, nel calcolo della potenza disponibile.

Le cifre della Tabella XIII, calcolate in base a proporzionali, hanno un significato di massima.

TABELLA XIV.

IMPIANTI IDROELETTRICI E SERBATOI IN COSTRUZIONE AL 31 DICEMBRE 1931.

| | Italia Settentrion. | Italia Centrale | Italia Mer. e Insul. | Totale |
|---|---|---|---|---|
| Impianti ..... N°. | 16 | 3 | 3 | 22 |
| Potenza di concessione .:.. HP | 49 079 | 8 982 | 19 511 | 77 572 |
| Produzione annua prevista Mil. di kWh | 197,9 | 55,3 | 92,0 | 345,2 |
| Serbatoi ..... N°. | 4 | — | — | 4 |
| Capacità utile Mil. di mc | 48,5 | — | — | 48,5 |

Fonte: *UNFIEL e Ministero dei LL. PP.*

Il diagramma *B* mostra l'incremento graduale degli impianti idroelettrici a partire dal 1900. L'incremento fra il 1930 e il 1931 offre già i segni di una sensibile deflessione, destinata ad accentuarsi ancora almeno fino al 1933, nella migliore delle ipotesi.

## Impianti in costruzione.

L'importanza dei cantieri di costruzione in attività va sempre più diminuendo anche se il loro numero è aumentato di qualche unità. Sono segnalati 22 impianti in costruzione al 31 dicembre 1931, contro 18 segnalati l'anno precedente. A parte che le due indagini sono state condotte con mezzi diversi pei due anni e perciò non sono confrontabili, va subito rilevato che la produzione annua prevista degli impianti in costruzione al 31 dicembre '30 era di 1214 milioni di kWh, mentre la cifra corrispondente al 31 dicembre '31 è di soli 345 milioni, cioè poco più di un quarto. La Tabella XIV dà le indicazioni di massima sugli impianti idroelettrici in costruzione, compresi i serbatoi.

## Serbatoi.

Come appare dalla Tabella XIV la costruzione dei serbatoi industriali si va riducendo pian piano a zero. Al 31 dicembre 1931 ve n'erano in costruzione quattro, la cifra dei mc d'invaso dei quali non arriva a 50 milioni. È il tramonto di un periodo di grande attività costruttiva. Eseguiti gli invasi più facili e controllati i costi reali consuntivi di queste opere, il numero di situazioni economicamente utilizzabili si è sensibilmente ridotto, e naturalmente queste sono peggiorate in qualità. Non ultima causa del rallentamento è il progresso della macchina termica ognora avanzante; inoltre la costruzione di nuovi serbatoi è stata talora ostacolata dalle pretese degli agricoltori.

La Tabella XV fornisce l'elenco dei serbatoi a scopo industriale esistenti al 31 dicembre 1931, e di capacità superiore ai 20 000 mc per km² di bacino.

La Tabella XVI istituisce un confronto fra i serbatoi esistenti alla fine degli anni 1929, 1930 e 1931.

## Gli impianti termici.

La potenza efficiente delle centrali termiche censite si è leggermente accresciuta durante il 1931 (circa 33 000 kW in più). L'aumento è dovuto principalmente ad incrementi nelle centrali esistenti.

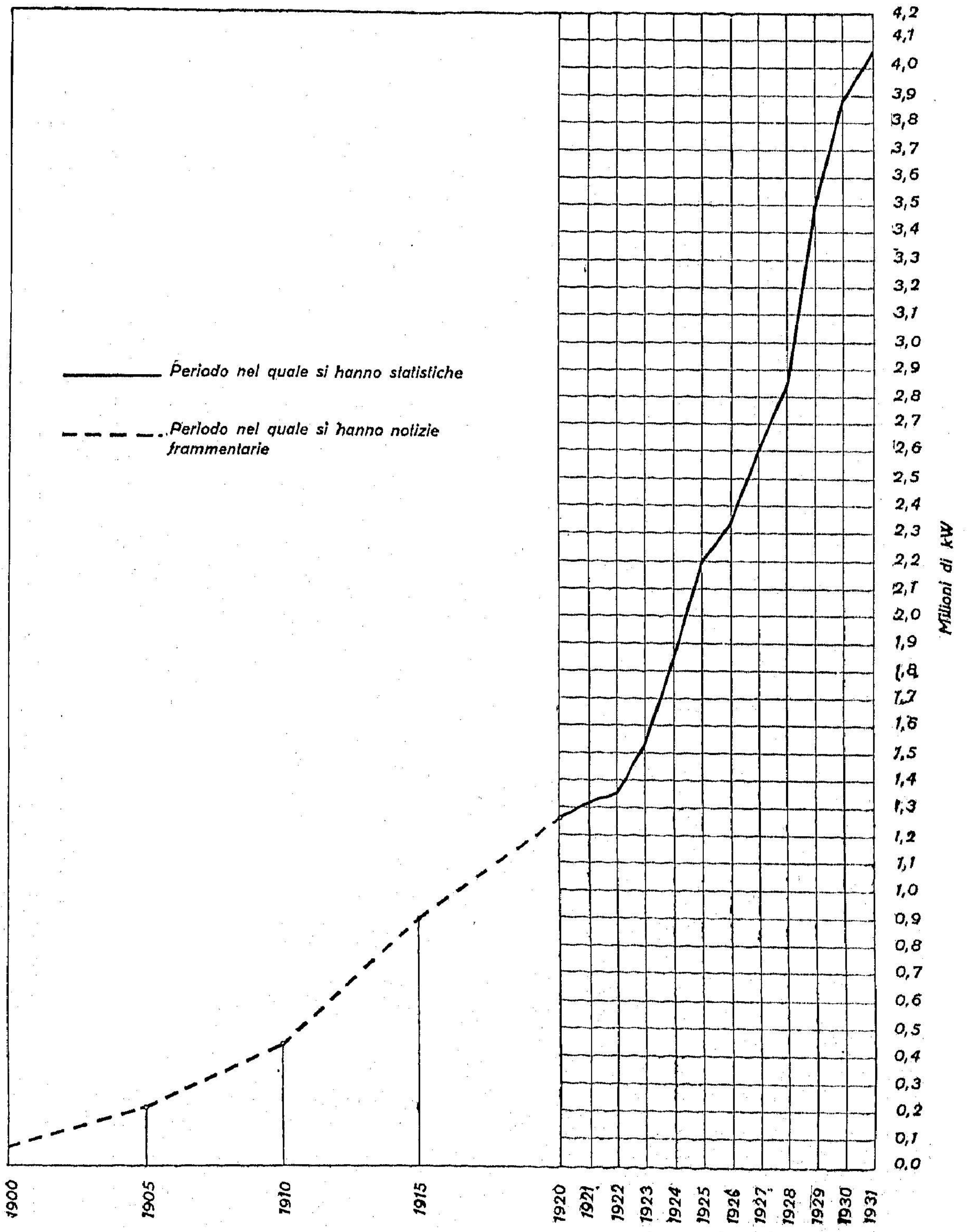



Diagramma *B*. - Incremento degli impianti idroelettrici dal 1900 al 1931.

TABELLA XV.

## ELENCO DEI SERBATOI ITALIANI A SCOPO INDUSTRIALE ESISTENTI AL 31 DICEMBRE 1931 (1)

| N.° d'ordine | DITTA PROPRIETARIA | SERBATOI E BACINI IMBRIFERI | (I) Volume utile di invaso (mil. di m³) | (II) Bacino imbrifero contribuente km² | (I) : (II) Strato d'acqua equivalente alla capacità del serbatoio m | (III) Salto utile complessivo (attuale) m (2) | $\frac{(I)\times(III)}{500}$ Energia corrispond. al volume d'invaso (mil. di kWh) (3) | Epoca approssimativa di ultimazione dei lavori |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *A*) CATENA ALPINA: | | | | | | |
| 1-3 | Comp. Imp. Elettr. Liguri | Serbatoi e laghi del T. Inferno (A. Bionia) | 1,73 | 8,6 | 0,198 | 1145,7 | 3,955 | 1915 |
| 4-7 | » » » » | Serbatoi del T. Casterino (A.Bionia) | 6,6 | 7,0 | 0,942 | 1085,4 | 14,320 | 1915/22 |
| 8 | » » » » | Le Mesce (Bionia-Roja) | 1,5 | 54,4 | 0,0276 | 961,3 | 2,890 | 1917 |
| 9 | Ligure Piem. di Elettr. | Lago della Rossa (Stura) | 8,75 | — | — | 1397,3 | 24,447 | 1931 |
| 10 | FF. SS. | Rochemolles (Dora Riparia) | 3,3 | 26,0 | 0,127 | 650,0 | 4,300 | 1930 |
| 11 | Forze Idr. del Moncenisio | Moncenisio (Venaus-Dora Riparia) | 31,9 | 56,0 | 0,569 | 1271,5 | 81,200 | 1923 |
| 12 | Az. El. Munic. di Torino | Ceresole Reale (Orco) | 32,0 | 84,9 | 0,377 | 809,5 | 51,750 | 1930/31 |
| 13 | Piemontese Lombarda E. Breda | Vargno (Lys) | 1,14 | 3,9 | 0,282 | 541,1 | 1,235 | 1920 |
| 14 | Idem | Gabiet (Lys) | 4,43 | 11,5 | 0,383 | 1257,6 | 11,120 | 1922 |
| 15 | Idroelettrica Marmore | Cignana (Marmore-Dora Baltea) | 16,0 | 12,4 | 1,290 | 1423,5 | 45,600 | 1928 |
| 16 | « Dinamo » | Avino (Cairasca-Toce) | 6,9 | 5,5 | 1,251 | 458,2 | 6,320 | 1925 |
| 17 | Gen. It. Edison di El. | Codelago (Devero-Toce) | 16,5 | 25,0 | 0,660 | 1297,2 | 42,800 | 1921 |
| 18 | » » » » » | Vannino (Toce) | 8,43 | 11,0 | 0,764 | 1624,1 | 27,400 | 1924 |
| 19 | » » » » » | Busin (Toce) | 3,35 | 5,0 | 0,660 | 1624,1 | 10,900 | 1925 |
| 20 | » » » » » | Obersee (Toce) | 1,12 | 2,1 | 0,524 | 1624,1 | 3,640 | 1925 |
| 21 | » » » » » | Camposecco (Toce) | 5,72 | 3,8 | 1,505 | 2049,1 | 23,450 | 1930 |
| 22 | » » » » » | Cingino (Toce) | 4,5 | 4,8 | 0,937 | 1964,1 | 17,650 | 1930 |
| 23 | » » » » » | Alpe Cavalli (Ovesca) | 8,66 | 29,0 | 0,299 | 1231,9 | 21,350 | 1925 |
| 24 | » » » » » | Alpe Campliccioli (Ovesca) | 8,95 | 34,0 | 0,262 | 1080,7 | 19,350 | 1928 |
| 25 | » » » » » | Antrona (Ovesca) | 5,62 | 7,5 | 0,747 | 814,7 | 9,150 | 1925 |
| 26 | » » » » » | Kastel (Toce) | 9,65 | 7,5 | 1,285 | 1406,8 | 27,150 | 1928 |
| 27 | Varesina per Imp. El. | Lago di Ghirla (Ticino) | 0,8 | 38,0 | 0,0211 | 180,5 | 0,288 | 1898 |
| 28 | » » » | Lago Delio (Ticino) | 2,6 | 5,6 | 0,465 | 699,0 | 3,640 | 1911 |
| 29 | Az. El. Mun. di Milano | Cancano Fraele (Adda) | 22,0 | 34,5 | 0,637 | 821,6 | 36,200 | 1929/30 |
| 30 | Acc. Ferriere Lombarde | Venina (Adda) | 9,5 | 8,3 | 1,145 | 721,8 | 13,700 | 1925 |
| 31 | Interregionale Cisalpina | Spluga (Adda) | 28,0 | 24,0 | 1,165 | 769,4 | 43,092 | 1931/32 |
| 32 | » » | Truzzo (Liro) | 15,6 | 10,0 | 1,560 | 1810,5 | 56,488 | 1928 |
| 33 | Idroelettrica Comacina | Tartano (Adda) | 1,68 | 55,0 | 0,0309 | 498,6 | 1,675 | 1929/30 |
| 34 | Lombarda per D. di E.E. | Pirola (Mallero-Adda) | 1,9 | 1,2 | 1,580 | 563,4 | 2,140 | 1919 |
| 35 | » » » » » | Sardegnana (Brembo) | 2,1 | 28,0 | 0,075 | 600,0 | 2,520 | 1929 |
| 36 | » » » » » | Lago Colombo (Brembo) | 2,21 | 2,5 | 0,881 | 600,0 | 2,655 | 1929/30 |
| 37-38 | » » » » » | L.Marcio e Pian del Becco (Brembo) | 1,0 | 0,6 | 1,668 | 600,0 | 1,200 | 1925 |
| 39 | Idroel. del Barbellino | Pian del Barbellino (Serio) | 16,0 | 22,0 | 0,728 | 1060,4 | 33,936 | 1931 |
| 40 | Az. El. Crespi | Lago Nero | | | | | | 1928 |
| 41 | » » » | Aviasco (Serio) | 4,16 | 4,2 | 1,000 | 1338,3 | 11,150 | 1922 |
| 42 | » » » | Campelli | | | | | | 1920 |
| 43 | » » » | Sucotto (Serio) | 0,52 | 2,0 | 0,250 | 1196,4 | 1,245 | 1923 |
| 44 | » » » | Sernello | | | | | | 1927 |
| 45 | Gen. El. dell'Adamello | Lago Baitone (Oglio) | 13,35 | 8,0 | 1,670 | 1551,9 | 41,500 | 1930 |
| 46 | » » » » | Lago d'Arno (Oglio) | 31,7 | 53,0 | 0,598 | 1394,1 | 88,400 | 1921 |
| 47 | » » » » | Salarno (Oglio) | 11,0 | 20,5 | 0,537 | 1551,9 | 34,200 | 1927 |
| 48 | » » » » | Avio grande (Oglio) | 16,0 | 25,0 | 0,628 | 1214,7 | 38,900 | 1927 |
| 49 | Elettrica Bresciana | Lago d'Idro (Chiese) | 75,0 | — | — | 104,8 | 15,700 | 1931 |
| 50 | Idroel. Alto Caffaro | Lago della Vacca (Caffaro) | 2,0 | 1,3 | 1,540 | 762,5 | 3,050 | 1928/29 |
| 51 | Gen. El. Tridentina | » delle Piazze (Adige) | 6,1 | 31,6 | 0,190 | 604,4 | 7,350 | 1927 |
| 52 | Idroelettrica Veneta | » di S. Croce (Piave) | 120,0 | (4)1300,0 | 0,0925 | 323,7 | 77,688 | 1925 |
| 53 | » » | » Morto (Piave) | 3,0 | 25,0 | 0,120 | 280,2 | 1,681 | 1924 |
| 54 | Industriale Trentina | » Cavedine (Sarca) | 3,0 | — | — | 108,6 | 0,652 | 1909 |
| 55-56 | » » | » Toblino e Massenza (Sarca) | 2,1 | — | — | 108,6 | 0,456 | — |
| 57 | Ponale di Elettricità | » di Ledro (Ponale) | 45,0 | 105,0 | 0,429 | 584,5 | 52,605 | 1929 |
| | | VALORI TOTALI E MEDÎ EQUIVAL. | 623,07 | 2205,2 | | 820,0 | 1022,088 | |

Fonti: *UNFIEL e Servizio Idrografico.*

(1) Nel presente elenco sono riportati solo i serbatoi con una capacità superiore ai 20 000 mc per km².

*Segue* TABELLA XV.

| N.° d'ordine | DITTA PROPRIETARIA | SERBATOI E BACINI IMBRIFERI | (I) Volume utile di invaso (mil. di m³) | (II) Bacino imbrifero contribuente km² | (I) : (II) Strato d'acqua equivalente alla capacità del serbatoio m | (III) Salto utile complessivo (attuale) m (2) | $\frac{(I)\times(III)}{500}$ Energia corrispond. al volume d'invaso (mil. di kWh) (3) | Epoca approssimativa di ultimazione dei lavori |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *B*) APPENNINO SETTENTRIONALE | | | | | | |
| 1 | Imp. Ind. F. Anselmino | Spigno Monferrato (Bormida) ... | 2,24 | 67,5 | 0,0326 | 57,0 | 0,255 | 1925 |
| 2 | Off. Elettr. Genovesi ... | Zerbino (Orba) ............ | 17,3 | 141,0 | 0,123 | 108,3 | 3,756 | 1925 |
| 3 | Acquedotto De Ferrari Galliera ........ | Lavezze (Gorzente) | | | | | | 1883 |
| 4 | Idem | Lago Lungo (Gorzente) ........ | 12,95 | 17,5 | 0,738 | 372,0 | 9,650 | 1901 |
| 5 | Idem | Badana (Gorzente) | | | | | | 1914 |
| 6-7 | Idroel. Riviera di Levante | Giacopiane e Pian Sapeio (Penna-Sturla) .............. | 4,87 | 25,1 | 0,194 | 792,5 | 7,720 | 1924/25 |
| 8 | Cons. Ind. Val Tidone .. | Molato (Tidone) ............ | 12,0 | 83,0 | 0,145 | 136,0 | 3,260 | 1928/29 |
| 9 | Soc. Idroel. Ligure...... | Lago Ballano (Cedra-Enza) | 1,4 | | | | | 1910 |
| 10 | » » » ...... | Lago Verde (Cedra-Enza) . | 1,85 | 3,0 | 1,365 | 751,0 | 6,230 | 1910 |
| 11 | » » » ...... | Lago Verdarolo (Cedra-Enza) | 0,9 | | | | | 1910 |
| 12 | » » » ...... | Paduli di Lagastrello ........ | 3,6 | 7,4 | 0,487 | 588,0 | 4,233 | 1911 |
| 13 | Emiliana di E. E. ...... | Muschioso o Fontanaluccia (Dolo-Secchia) .......... | 2,7 | 80,0 | 0,0338 | 329,5 | 1,780 | 1928/29 |
| 14 | Bolognese di Elettr. .... | Le Scalère (Brasimone)........ | 5,91 | 30,0 | 0,197 | 483,3 | 5,720 | 1911 |
| 15 | Ligure-Toscana di El. .. | Corfino (Serchio)............ | 0,78 | 25,0 | 0,0312 | 310,1 | 0,485 | 1914 |
| 16 | » » » .. | Gangheri (Turrite, Serchio) ...... | 0,82 | 25,0 | 0,0328 | 91,3 | 0,150 | 1922 |
| | | VALORI TOTALI E MEDÎ EQUIVAL. | 67,32 | 504,5 | | 321,1 | 43,239 | |
| | | *C*) APPENNINO CENTRALE E MERIDIONALE | | | | | | |
| 1 | Idroel. Alto Savio ..... | Quarto (Savio) ............ | 6,7 | 215,0 | 0,0312 | 90,3 | 1,212 | 1923 |
| 2 | Unione Esercizi El. .... | Scandarella (Tronto) .......... | 11,4 | 48,5 | 0,235 | 377,1 | 8,600 | 1924 |
| 3 | FF. SS. ............ | S. Domenico (Sagittario-Pescara) . | 1,2 | 12,0 | 0,100 | 339,5 | 0,815 | 1927 |
| 4 | Meridionale di El. ..... | Letino (Volturno) ............ | 1,0 | 25,0 | 0,040 | 576,0 | 1,152 | 1910 |
| 5 | » » » .... | Lago Matese (Volturno) ....... | 15,0 | 41,0 | 0,366 | 832,0 | 24,960 | 1924 |
| 6 | Lucana per Imp. Idr. | Muro Lucano (Sele) .......... | 5,0 | 35,0 | 0,143 | 163,5 | 1,635 | 1917 |
| 7 | Forze Idraul. della Sila | Arvo (Neto)................ | 67,1 | 77,0 | 0,870 | 998,0 | 263,000 | 1931 |
| 8 | » » » » | Ampollino-Trepidò (Neto) ...... | 64,5 | 77,0 | 0,830 | | | 1927 |
| | | VALORI TOTALI E MEDÎ EQUIVAL. | 171,9 | 530,5 | | 878,0 | 301,374 | |
| | | *D*) ISOLE | | | | | | |
| 1 | Gen. El. della Sicilia .... | Piana dei Greci (Belice) ........ | 21,0 | 42,5 | 0,495 | 475,0 | 19,950 | 1924 |
| 2 | Elettrica Sarda ...... | S. Chiara d'Ula (Tirso)......... | 374,0 | 2082,0 | 0,180 | 56,4 | 42,190 | 1923 |
| 3 | » » ...... | Coghinas (Coghinas) .......... | 242,0 | 1900,0 | 0,127 | 90,3 | 43,700 | 1927 |
| | | VALORI TOTALI E MEDÎ EQUIVAL. | 637,0 | 4024,5 | | 83,1 | 105,840 | |
| | | TOTALI E MEDIE COMPLESSIVI .................. | 1499,29 | 7264,7 | | 491,0 | 1472,541 | |

(2) I salti utili complessivi qui riportati corrispondono, per ciascun serbatoio, alla somma dei salti medi di concessione (o di collaudo) disponibili nelle Centrali che utilizzano le acque del serbatoio considerato o direttamente, o mediante bacini di compensazione diurna o settimanale. Il massimo salto utile teorico, uguale alla somma dei salti disponibili in tutte le Centrali sottostanti al serbatoio considerato, sarà evidentemente maggiore del salto sopra definito e rappresenterà in ogni caso un limite superiore praticamente non raggiungibile in causa del ritardo che intercede fra l'erogazione dal serbatoio e l'arrivo della portata erogata ai sottostanti impianti.

(3) Il valore qui riportato per ogni serbatoio corrisponde all'energia potenziale dell'invaso utile determinata in base al salto utile totale indicato nella colonna precedente e ad un coefficiente medio di rendimento (complessivo) degli impianti, pari al 73,5 % circa.

Per ottenere l'*energia* effettivamente ritraibile (in un anno) da ogni serbatoio, bisognerebbe conoscere anche il numero di volte che il serbatoio stesso viene vuotato (nell'anno) e il rendimento reale degli impianti di utilizzazione ad esso relativi.

(4) Valore approssimativo probabile.

TABELLA XVI.

INCREMENTO DEI SERBATOI

| GRUPPI OROGRAFICI | Situazione dei serbatoi esistenti al 31 dicembre | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1929 | | | 1930 | | | 1931 | | |
| | N.° serbatoi | Capacità complessiva (mil. m³) | Energia equivalente complessiva (mil. kWh) | N.° serbatoi | Capacità complessiva (mil. m³) | Energia equivalente complessiva (mil. kWh) | N.° serbatoi | Capacità complessiva (mil. m³) | Energia equivalente complessiva (mil. kWh) |
| Catena alpina | 46 | 436,5 | 783,913 | 53 | 495,3 | 904,913 | 57 | 623,1 | 1022,088 |
| Appennino settentrionale | 16 | 67,3 | 43,239 | 16 | 67,3 | 43,239 | 16 | 67,3 | 43,239 |
| Appennino centrale e meridionale | 7 | 101,8 | 88,174 | 7 | 101,8 | 88,174 | 8 | 171,9 | 301,374 |
| Isole | 3 | 637,0 | 105,840 | 3 | 637,0 | 105,840 | 3 | 637,0 | 105,840 |
| TOTALI | 72 | 1242,6 | 1021,166 | 79 | 1301,4 | 1142,166 | 84 | 1499,3 | 1472,541 |

Fonte: *UNFIEL.*

TABELLA XVII.

POTENZA EFFICIENTE IN kW NEGLI IMPIANTI TERMOELETTRICI CENSITI DALLA UNFIEL

| REGIONI | N. Centrali | | Potenza efficiente in kW | |
|---|---|---|---|---|
| | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 |
| Italia Settentrionale | 148 | 149 | 436 774 | 459 383 |
| Italia Centrale | 24 | 24 | 174 654 | 175 814 |
| Italia Meridionale | 34 | 34 | 69 430 | 69 735 |
| Italia Insulare | 30 | 31 | 61 578 | 71 003 |
| TOTALI | 236 | 238 | 742 436 | 775 935 |

Fonte: *UNFIEL.*

TABELLA XVIII.

PROBABILE AMMONTARE DELLA POTENZA EFFICIENTE IN MIGLIAIA DI kW NEGLI IMPIANTI TERMOELETTRICI ITALIANI.

| REGIONI | 1926 | 1927 | 1928 | 1929 | 1930 | 1931 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Italia Settent. | 297 | 309 | 360 | 470 | 486 | 510 |
| Italia Centrale | 155 | 167 | 199 | 202 | 202 | 205 |
| Italia Merid. | 65 | 80 | 89 | 96 | 90 | 93 |
| Italia Insulare | 40 | 44 | 44 | 52 | 62 | 72 |
| TOTALI | 557 | 600 | 692 | 820 | 840 | 880 |

Fonte: *UNFIEL.*

La Tabella XVII ne fornisce gli elementi di dettaglio. *Non è paragonabile con quelle analoghe degli anni precedenti* essendo il risultato di una nuova indagine e di diversi aggiornamenti.

La Tabella XVIII fornisce l'*ammontare probabile totale* della potenza termica nelle centrali italiane.

**Gli impianti a combustibile nazionale.**

La Tabella XIX contiene gli elementi relativi all'impiego dei combustibili nazionali. Fra gli impianti che li impiegano sono censiti quelli di Larderello, dei quali è preannunciato un importante ampliamento destinato ad utilizzare il vapore ricavabile dai due nuovi pozzi forati con pieno successo negli ultimi mesi.

TABELLA XIX.

CENTRALI CHE IMPIEGANO COMBUSTIBILE NAZIONALE PER PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA

| DESTINAZIONE | N.° | Potenza in kW | Produzione in kWh nel 1931 | Annotazioni |
|---|---|---|---|---|
| Vendita | 15 | 102 160 | 27 015 072 | Gruppo Larderello |
| Uso misto | 5 | 11 597 | 54 340 410 | |
| Uso proprio d'industrie | 5 | 1 432 | 1 080 408 | |
| TOTALI | 25 | 115 189 | 82 435 890 | |

Fonte: *UNFIEL.*

IV. – GLI IMPIANTI FERROVIARI.

**Centrali che alimentano la rete ferroviaria.**

La Tabella XX indica la potenza adibita al servizio della trazione ferroviaria (F. S.) presso le centrali private.

TABELLA XX.

POTENZA COMPLESSIVA DEL MACCHINARIO ALIMENTANTE LA RETE FERROVIARIA ELETTRIFICATA

| | Installato per le F. S. | | Funzionante per le F. S. durante l'estate | |
|---|---|---|---|---|
| | kW | kVA | kW | kVA |
| *a) Sistema trifase a 16,7 periodi:* | | | | |
| Centrali idrauliche | 148 830 | 192 600 | 99 060 | 128 750 |
| Sottostazioni | 36 000 | 49 800 | 24 000 | 33 200 |
| Centrali termiche | 30 000 | 39 300 | | |
| TOTALI | 214 830 | 281 700 | 123 060 | 161 950 |
| *b) Sistema diverso dal trifase a 16,7 periodi* | | | | |
| Centrali idrauliche | 41 160 | 51 250 | 18 440 | 23 050 |
| TOTALI | 255 990 | 332 950 | 141 500 | 185 000 |

Fonte: *Relazione Ministero delle Comunicaz. – Anno 1930-1931.*

**Stato degli impianti di elettrificazione.**

Nel maggio 1931 fu iniziato l'esercizio a trazione elettrica della Savona-Ventimiglia, della Piena-Ventimiglia, e della Cuneo-S. Dalmazzo. In totale 178 km a semplice binario e circa 5 a doppio binario. Il sistema è il solito trifase a 3,7 kV e 16,7 periodi. Le sottostazioni relative (Piena, Ventimiglia, Taggia, Diano Marina, Albenga, Varigotti) sono alimentate a 60 kV dalla « Cieli ».

Fu pure iniziato il servizio a trazione elettrica sui tronchi Vezzano-Fornovo e Sarzana-S. Stefano, ma ciò essendo avvenuto nel secondo semestre del 1931 i dati relativi non figurano ancora nella Relazione annuale del Min. delle Comunicazioni, che si riferisce all'anno finanziario 1º luglio-30 giugno.

Entrarono in servizio le nuove sottostazioni di Cuneo, Robilant, Limone e S. Dalmazzo. Due sottostazioni ambulanti della potenza di 2000 kW ciascuna, per la trasformazione della corrente trifase in continua a 3000 V, entrarono pure in esercizio.

Le nuove sottostazioni fisse e gli ampliamenti di quelle esistenti costituirono un aumento di potenza di kVA 68 120: lo sviluppo delle linee di contatto aumentò di km 283,8.

La Tabella XXI fornisce gli elementi degli impianti di elettrificazione delle F. S.

TABELLA XXI.

CONSISTENZA DEGLI IMPIANTI DI ELETTRIFICAZIONE DELLE F. S.

| OGGETTO | | 30/VI/29 | 30/VI/30 | 30/VI/31 |
|---|---|---|---|---|
| Lunghezza d'esercizio . . | km | 1 625,1 | 1 625,1 | 1 808,7 |
| Binari elettrificati . . . . | » | 3 289,1 | 3 320,1 | 3 618,1 |
| Condutture primarie per trasporto energia: | | | | |
| in linea aerea . . . | » | 2 739,8 | 2 948,7 | 2 990,5 |
| in cavo trifase . . . | » | 122,6 | 122,6 | 121,9 |
| Coppie di fili telefonici . | » | 6 930,2 | 6 930,2 | 7 693,7 |
| Sottostazioni di trasformazione . . . . . . . . . . | N.º | 76 | 77 | 87 |
| Potenza relativa . . . . | kVA | 309 380 | 315 830 | 383 950 |
| Sottostazioni ambulanti | N.º | 17 | 17 | 19 |
| Potenza relativa . . . . . | kVA | 37 430 | 36 430 | 40 430 |
| Linee d' alimentazione appartenenti a privati | km | 1 866,– | 1 866,– | 1 866,– |

Fonte: *Relazione Ministero delle Comunicaz. – Anno 1930-1931.*

N.B. – Questi dati comprendono anche le linee a carattere tramviario del Trentino.

Sta per entrare in servizio la Benevento-Napoli. È stato annunciato un programma di estensione della trazione elettrica a circa 5000 km di linee.

Fra le prime elettrificazioni annunciate vi è quella del gruppo di linee facenti capo a Trieste, della Chiasso-Voghera e della Firenze-Roma-Napoli-Salerno. La direttissima Bologna-Firenze è già in parte elettrificata (a corrente continua 3000 V) e serve a prove sperimentali del nuovo sistema, che sarà probabilmente applicato su tutta la dorsale Milano-Bologna-Firenze-Roma-Napoli.

Il diagramma *C* indica il progressivo sviluppo dell'elettrificazione ferroviaria dal 1909 al 1931.

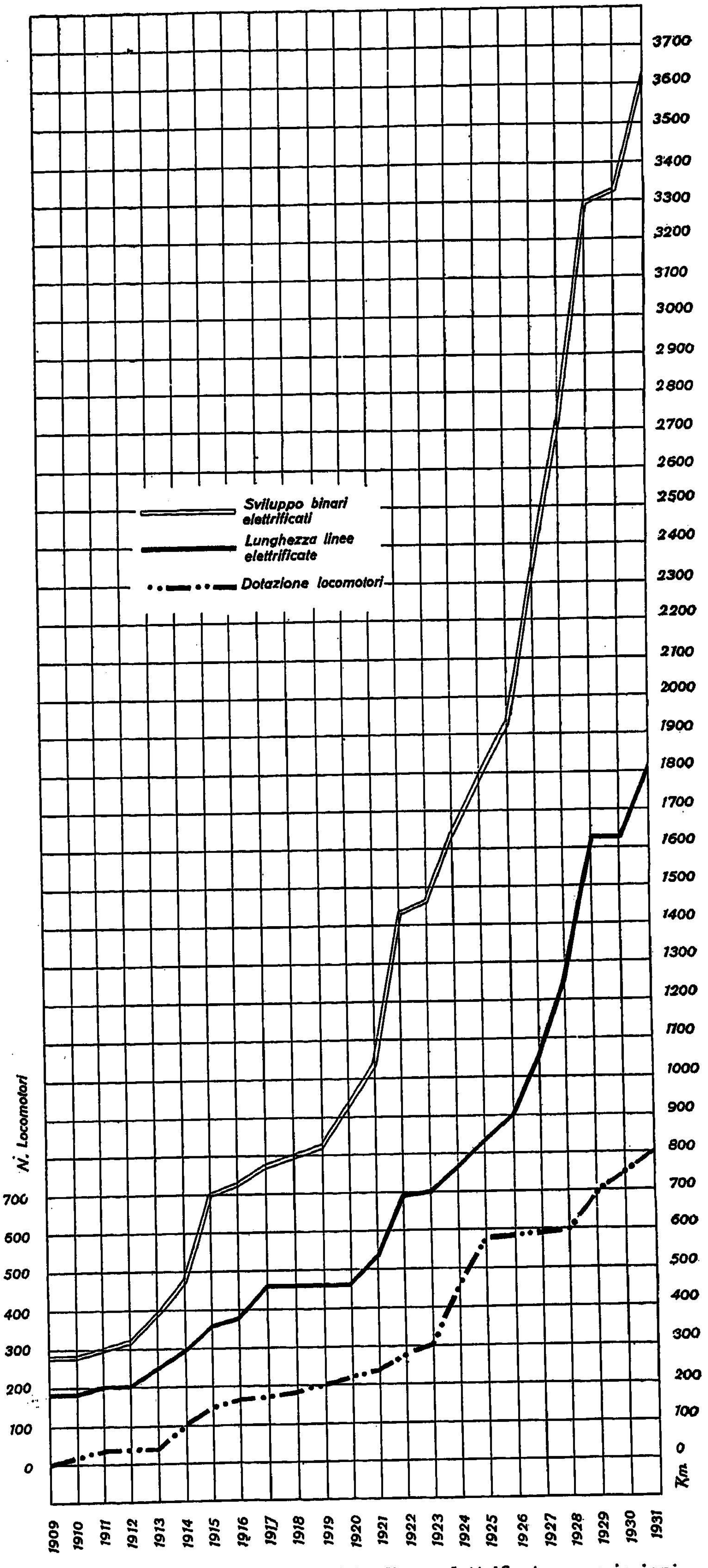



Diagramma *C* - Sviluppo delle linee elettrificate e variazioni del parco locomotori dal 1909 al 1931.

**Dati d'esercizio.**

La Tabella XXII contiene informazioni sulla *produzione diretta* d'energia da parte delle F. S.

Analogamente la Tabella XXIII fornisce i dati sull'energia *acquistata* dalle F. S.

Durante l'esercizio 1930-31 il traffico sulle linee elettrificate (escluse la Iselle-Domodossola esercita dalle Federali Svizzere e le linee a carattere tramviario del Trentino) discese da 12 264,6 milioni di tonn.-chilometro virtuali rimorchiate a 11 659,9 milioni, con una diminuzione del 4,9 %: tale riduzione è dovuta alla crisi dei trasporti.

Della produzione totale di 143 901 256 kWh eseguita direttamente dalle F. S. soli 123 302 531 furono utilizzati per la tra-

TABELLA XXII.

ENERGIA ELETTRICA EROGATA DALLE CENTRALI DI PROPRIETÀ DELLE FERROVIE DELLO STATO.

| CENTRALI | Esercizio 1929–1930 kWh | Esercizio 1930–1931 kWh |
|---|---|---|
| *Morbegno* (Idroelettrica) | | |
| *a*) per la trazione elettrica .... | 16 752 275 | 34 863 100 |
| *b*) ceduta alla Soc. Edison .... | 18 647 975 | 3 084 400 |
| TOTALI ...... | 35 400 250 | 37 947 500 |
| *Bardonecchia* (Idroelettrica) | | |
| *a*) prodotta a 16,7 periodi (1) | 41 350 310 | 47 469 010 |
| *b*) prodotta a 50 periodi (2) | 1 310 690 | 1 118 066 |
| TOTALI ...... | 42 661 000 | 48 587 076 |
| *Sagittario* (Idroelettrica) | | |
| *a*) per trazione elettrica ..... | 26 780 758 | 27 694 421 |
| *b*) ceduta alla Az. Elettr. Governatoriale ............ | 130 600 | 173 500 |
| *c*) ceduta alla Soc. Meridionale di Elettricità (4) ........ | 22 753 112 | 15 302 076 |
| *d*) per i servizi ausiliari ..... | 335 100 | 372 583 |
| TOTALI ...... | 49 999 570 | 43 542 580 |
| *Chiappella* (Termoelettrica) | | |
| *a*) di sussidio agli altri impianti | 1 278 020 | — |
| TOTALI ...... | 1 278 020 | — |
| *Pavana* (Idroelettrica) | | |
| *a*) a 16,7 periodi ........... | 16 486 400 | 13 276 000 |
| *b*) a 50 periodi (3) ........ | 523 639 | 548 100 |
| TOTALI ...... | 17 010 039 | 13 824 100 |
| TOTALI GENERALI | 146 348 879 | 143 901 256 |

Fonte: *Relazione Ministero delle Comunicaz. – Anno 1930-1931.*

(1) Utilizzata per i servizi ausiliari della centrale e per i cantieri di lavoro della diga di Rochemolles.

(2) Energia misurata nella centrale del Sagittario. Per avere l'energia depurata delle perdite nel trasporto dalla centrale alla cabina di Sulmona devonsi togliere kWh 654 165 rappresentanti il 2 % di tutta l'energia uscita dalla centrale e consegnata nella cabina di Sulmona.

(3) Usata per i servizi ausiliari della centrale e per i cantieri di lavoro della centrale e della diga di Suviana.

TABELLA XXIII.

ENERGIA ELETTRICA FORNITA DALLE SOCIETÀ PRIVATE ALLE FERROVIE DELLO STATO

| SOCIETÀ | Esercizio 1929–1930 kWh | Esercizio 1930–1931 kWh |
|---|---|---|
| CIELI | | |
| Centrali idrauliche (S. Dalmazzo, Acceglio, Prazzo)............ | 93 327 591 | 93 158 212 |
| Centrali termiche (Savona) .... | 1 715 000 | 991 025 |
| EDISON | | |
| Centrale di Robbiate ......... | 7 296 609 | 6 704 025 |
| Centrale di Pallanzeno attraverso Arquata .................. | 34 588 000 | 29 974 870 |
| DINAMO | | |
| Centrali di Varzo e di Piedimulera | 14 926 674 | 14 417 734 |
| AZIEN. ELETTR. MUNIC. DI TORINO | | |
| Attraverso la Centrale di Bardonecchia .................... | 3 338 505 | — |
| SOC. IDROEL. PIEMONTE (SIP) | | |
| Attraverso la Centrale di Bardonecchia .................... | 5 246 835 | — |
| ADAMELLO E OZOLA | | |
| Centrali di Predare e Ligonchio.. | 42 173 970 | 27 858 240 |
| INTERREGIONALE CISALPINA | | |
| Attraverso Bologna ........... | 17 139 966 | 19 967 825 |
| ADRIATICA | | |
| Attraverso Bologna ........... | 13 497 379 | 11 592 307 |
| MERIDIONALE DI ELETTRICITÀ | | |
| Centrali varie ................ | 3 410 950 | 2 881 215 |
| SELT | | |
| Centrale di Livorno, Termoel. .. | 17 773 560 | (1) 9 107 200 |
| IDROEL. DEL VIZZE | | |
| Centrali di Prati e Mezzocorona | 14 381 800 | 9 066 606 |
| ISARCO | | |
| Centrale di Cardano .......... | 10 443 861 | 10 186 800 |
| Azienda Città di Brunico ..... | 155 285 | 142 485 |
| Soc. Industriale Trentina ...... | 1 487 022 | 1 380 922 |
| TOTALI ...... | 280 903 007 | 237 429 466 |

Fonte: *Relazione Ministero delle Comunicaz. – Anno 1930-1931.*

(1) di cui kWh 7 183 413 prodotti idraulicamente.

zione, 18 559 976 furono venduti a Società private e 2 038 749 vennero consumati in servizi ausiliari e per le dighe in costruzione di Rochemolles e Suviana.

Il consumo complessivo per la trazione fu di 360 731 977 kWh, con una diminuzione rispetto all'esercizio precedente di 22 milioni 818 773 pari al 5,9 %.

Il consumo medio generale per tonn.-chilometro virtuale rimorchiata fu di 30,9 watt-ora contro 31 watt-ora dell'esercizio precedente.

Il costo medio di produzione dell'energia degli impianti di proprietà delle F. S. tenuto conto degli interessi e ammortamenti del capitale investito, delle quote di rinnovamento, delle spese di manutenzione e di esercizio, depurato dell'introito per energia venduta a terzi, risultò di L. 0,136 per kWh prodotto. La riduzione rispetto all'esercizio precedente (L. 0,152) dipese in gran parte dalle riduzioni delle paghe al personale.

La quantità di combustibile che si sarebbe consumata con un equipollente esercizio a vapore fu di circa 577 000 tonnellate.

**Trazione elettrica sulle ferrovie secondarie.**

Nella Tabella XXIV a pagina 677 sono riportati i dati d'esercizio delle linee secondarie affidate all' industria privata. Alla fine del 1931 la lunghezza complessiva di tali linee ammontava a 1449 km; il sistema di alimentazione generalmente adottato è quello a corrente continua.

V. – LA PRODUZIONE DELL'ENERGIA.

**Andamento generale della produzione.**

A partire dal gennaio 1930 la produzione segnò un costante aumento fino all'ottobre dello stesso anno, con un incremento medio mensile dell'1,03 %, a partire dal qual momento si è iniziata la discesa.

Dall'ottobre 1930 alla fine del 1931 l'andamento può definirsi *convulsivo*. Da quella data al maggio 1931 si ebbe una rapida

TABELLA XXIV.

## SVILUPPO DELL'ELETTRIFICAZIONE NELLE FERROVIE SECONDARIE ITALIANE ALLA FINE DEL 1931

ELENCO DELLE FERROVIE SECONDARIE A TRAZIONE ELETTRICA (NON COMPRESE NELLA RETE DELLO STATO)

| N.° | LINEE | Lunghezza km | Scartamento | Sistema di trazione |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Torino-Ciriè-Lanzo-Ceres | 42,582 | 1,45 | Corrente continua 3 600 V |
| 2 | Biella-Andorno-Balma | 12,778 | 0,95 | » » 2 400 » |
| 3 | Biella-Cossato-Vallemosso | 20,067 | 0,95 | » » 2 400 » |
| 4 | Domodossola-Confine Svizzero (Locarno) | 32,245 | 1,00 | » » 1 200 » |
| 5 | Varese-Ghirla-Luino-Ponte Tresa | 46,877 | 1,10 | » » 600 » |
| 6 | Intra-Premeno | 13,341 | 1,00 | » » 1 350 » |
| 7 | Voghera-Varzi | 32,406 | 1,45 | » » 3 000 » |
| 8 | Bergamo-S. Giovanni Bianco-S. Martino de' Calvi | 40,646 | 1,45 | Corrente monofase 6 000 » 24 periodi |
| 9 | Milano-Saronno – Milano-Meda | 40,409 | 1,45 | Corrente continua 2 800 » |
| 10 | Bolzano-Collalbo | 11,746 | 1,00 | » » 750 » |
| 11 | Dermulo-Fondo-Mendola | 23,681 | 1,00 | » » 800 » |
| 12 | Collalzo-Dobbiaco | 64,913 | 0,95 | » » 2 800 » |
| 13 | Bolzano-Caldaro-S. Antonio | 17,150 | 1,45 | » » 1 200 » |
| 14 | Ora-Predazzo | 51,750 | 1,00 | » » 2 400 » |
| 15 | Agordo-Bribano | 28,519 | 1,45 | » » 2 000 » |
| 16 | Genova-Casella | 23,595 | 0,95 | » » 2 400 » |
| 17 | Pracchia-S. Marcello Pistoiese-Mammiamo | 16,568 | 0,95 | » » 1 200 » |
| 18 | Umbertide-Terni-Ponte S. Giovanni-Perugia | 112,683 | 1,45 | Corrente monofase 11 000 » 25 periodi |
| 19 | Castel Raimondo-Camerino | 11,546 | 1,00 | Corrente continua 600 » |
| 20 | Spoleto-Norcia | 50,946 | 0,95 | » » 2 400 » |
| 21 | Arezzo-Sinalunga | 39,477 | 1,45 | » » 2 800 |
| 22 | Civita Castellana-Viterbo P. Fiorentina | 44,476 | 1,00 | Corrente monofase 6 000 » 25 periodi |
| 23 | S. Giorgio-Fermo-Amandola | 59,277 | 0,95 | Corrente continua 2 400 » |
| 24 | Roma-Marina di Ostia | 24,745 | 1,45 | » » 2 400 » |
| 25 | Ferrovie Vicinali-Roma | 139,496 | 0,95 | » » 1 500 |
| 26 | Chieti Città-Chieti Stazione | 8,762 | 1,00 | » » 750 » |
| 27 | Sangritana | 149,661 | 0,95 | » » 2 400 » |
| 28 | Agnone-Pescolanciano | 37,472 | 0,95 | » » 1 200 » |
| 29 | Napoli-Biforcazione-Capua | 39,805 | 1,00 | Corrente monofase 11 000 » 25 periodi |
| 30 | Ferrovie Circumvesuviane | 68,918 | 0,95 | Corrente continua 1 000 » |
| 31 | Pugliano-Staz. Inf. Funicolare | 7,700 | 1,00 | » » 550 » |
| 32 | Pescara-Penne | 36,500 | 0,95 | » » 2 400 » |
| 33 | Napoli-Pozzuoli-Torregaveta | 19,785 | 1,45 | » » 1 200 » |
| 34 | S. Severo-Rodi-Peschici | 78,744 | 1,45 | » » 3 000 » |
| | TOTALE ESERCIZIO | 1 449,266 | | |

Fonte: *UNFIEL.*

discesa (incremento medio del — 1,03 %): fino al settembre 1931 si ebbe una lieve ripresa (incremento medio del + 0,09 %), susseguita da un periodo irregolare che non si è ancora chiuso. Il minimo del periodo fu raggiunto nell'ottobre 1931.

Tale irregolarità si spiega come la risultante di due circostanze in contrasto: l'andamento irregolare e con forte tendenza alla diminuzione del consumo, specialmente per quello industriale, dovuto alle circostanze generali, ed i collocamenti temporanei d'energia per elettrochimica e per usi termici industriali a prezzi infimi, conseguenza dell'accresciuto margine di disponibilità. Di questi fatti è già stato fatto cenno al Capo II.

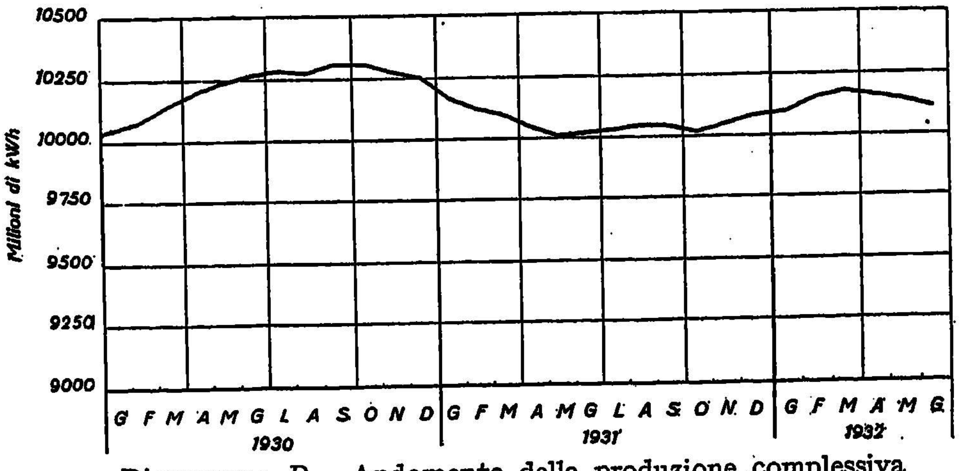



Diagramma *D* - Andamento della produzione complessiva nel ciclo di 12 mesi.

## Produzione idraulica.

Nel 1931 (Tabella XXV) la produzione idraulica totale censita dalla UNFIEL fu di 9 643 559 931 kWh, contro 9 780 519 595 nel 1930. La differenza è di circa 1,40 % in meno.

Il massimo, come nel 1930, fu prodotto in luglio (899 882 612 kWh contro 891 707 212 nel 1930). L'aumento intervenuto in questo mese rispetto all'anno precedente è evidentemente dovuta ad energia estiva ceduta dagli impianti alpini.

Il minimo mensile si ebbe, anche nel 1931, in febbraio (688 854 403 kWh). Il risultato che si ottiene tenendo conto della minor durata del mese rappresenta ancora il minimo dell'annata. Essendo febbraio mese di magra per gli impianti alpini la spiegazione del fatto è analoga a quella data pel massimo nel mese di luglio.

## L'energia importata ed esportata

Le cause che hanno prodotto l'arresto nell'incremento della produzione idraulica non hanno condotto ad una riduzione analoga dell'importazione, che invece è salita da 164 milioni nel 1930 a 173 milioni di kWh nel 1931. L'arresto del forte declino manifestatosi durante il 1930 può dipendere dal fatto che buona parte dell'energia oggi importata proviene da impianti solo nominalmente svizzeri, effettivamente italiani (Tabella XXVI).

# Riassunto generale dell'energia prodotta nelle annate 1930-1931

## ITALIA SETTENTRIONALE

TABELLA XXV.

| MESE | ENERGIA PRODOTTA ED IMPORTATA IN kWh | | | | | | DIFFERENZE | | | PERCENTUALI | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Idraulica | | Termica | | Complessiva | | Idraulica | Termica | Complessiva | Idraulica | Termica | Complessiva |
| | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | + o — | + o — | + o — | + o — | + o — | + o — |
| Gennaio | 558 095 895 | 524 760 877 | 16 238 647 | 9 570 232 | 574 334 542 | 534 331 109 | — 33 335 018 | — 6 668 415 | — 40 003 433 | — 5,97 | — 41,06 | — 6,96 |
| Febbraio | 508 049 796 | 478 702 221 | 9 060 740 | 7 342 641 | 517 110 536 | 486 044 862 | — 29 347 575 | — 1 718 099 | — 31 065 674 | — 5,77 | — 18,96 | — 6,00 |
| Marzo | 541 308 001 | 528 390 656 | 8 330 446 | 8 905 322 | 549 638 447 | 537 295 978 | — 12 917 345 | + 574 876 | — 12 342 469 | — 2,38 | + 6,90 | — 2,24 |
| Aprile | 566 989 492 | 546 677 283 | 6 438 591 | 5 766 224 | 573 428 083 | 552 443 507 | — 20 312 209 | — 672 367 | — 20 984 576 | — 3,58 | — 10,44 | — 3,65 |
| Maggio | 620 800 338 | 606 858 273 | 5 638 113 | 6 827 237 | 626 438 451 | 613 685 510 | — 13 942 065 | + 1 189 124 | — 12 752 941 | — 2,24 | + 21,09 | — 2,03 |
| Giugno | 622 589 966 | 646 993 728 | 5 750 359 | 6 654 849 | 628 340 325 | 653 648 577 | + 24 403 762 | + 904 490 | + 25 308 252 | + 3,92 | + 15,73 | + 4,02 |
| Luglio | 674 622 287 | 708 064 907 | 6 288 489 | 7 238 569 | 680 910 776 | 715 303 476 | + 33 442 620 | + 950 080 | + 34 392 700 | + 4,96 | + 15,11 | + 5,05 |
| Agosto | 628 354 349 | 643 062 233 | 10 457 953 | 11 361 251 | 638 812 302 | 654 423 484 | + 14 707 884 | + 903 298 | + 15 611 182 | + 2,34 | + 8,64 | + 2,44 |
| Settembre | 652 899 136 | 643 927 251 | 10 228 553 | 11 411 758 | 663 127 689 | 655 339 009 | — 8 971 885 | + 1 183 205 | — 7 788 680 | — 1,37 | + 11,56 | — 1,17 |
| Ottobre | 660 902 840 | 638 933 972 | 7 156 753 | 8 124 313 | 668 059 593 | 647 058 285 | — 21 968 868 | + 967 560 | — 21 001 308 | — 3,32 | + 13,52 | — 3,14 |
| Novembre | 573 675 281 | 594 371 706 | 7 081 809 | 7 151 482 | 580 757 090 | 601 523 188 | + 20 696 425 | + 69 673 | + 20 766 098 | + 3,61 | + 0,98 | + 3,57 |
| Dicembre | 559 369 741 | 579 056 193 | 12 240 526 | 7 238 619 | 571 610 267 | 586 294 812 | + 19 686 452 | — 5 001 907 | + 14 684 545 | + 3,52 | — 40,86 | + 2,57 |
| TOTALI | 7 167 657 122 | 7 139 799 300 | 104 910 979 | 97 592 497 | 7 272 568 101 | 7 237 391 797 | — 27 857 822 | — 7 318 482 | — 35 176 304 | — 0,39 | — 6,97 | — 0,48 |

## ITALIA CENTRALE

| MESE | Idraulica 1930 | Idraulica 1931 | Termica 1930 | Termica 1931 | Complessiva 1930 | Complessiva 1931 | Diff. Idraulica | Diff. Termica | Diff. Complessiva | Perc. Idraulica | Perc. Termica | Perc. Complessiva |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gennaio | 158 991 049 | 147 287 323 | 11 211 056 | 7 508 694 | 170 202 105 | 154 796 017 | — 11 703 726 | — 3 702 362 | — 15 406 088 | — 7,36 | — 33,02 | — 9,05 |
| Febbraio | 140 888 106 | 135 526 489 | 9 358 448 | 6 963 695 | 150 246 554 | 142 490 184 | — 5 361 617 | — 2 394 753 | — 7 756 370 | — 3,80 | — 25,59 | — 5,16 |
| Marzo | 151 277 043 | 141 413 758 | 8 987 056 | 7 427 443 | 160 264 099 | 148 841 201 | — 9 863 285 | — 1 559 613 | — 11 422 898 | — 6,52 | — 17,35 | — 7,12 |
| Aprile | 148 014 812 | 127 787 277 | 8 242 128 | 6 800 626 | 156 256 940 | 134 587 903 | — 20 227 535 | — 1 441 502 | — 21 669 037 | — 13,66 | — 17,48 | — 13,86 |
| Maggio | 143 727 008 | 128 276 786 | 8 421 194 | 7 284 024 | 152 148 202 | 135 560 810 | — 15 450 222 | — 1 137 170 | — 16 587 392 | — 10,74 | — 13,50 | — 10,90 |
| Giugno | 133 868 175 | 118 983 378 | 8 119 494 | 7 304 235 | 141 987 669 | 126 287 613 | — 14 884 797 | — 815 259 | — 15 700 056 | — 11,12 | — 10,04 | — 11,05 |
| Luglio | 131 030 410 | 107 580 216 | 8 477 887 | 8 804 656 | 139 508 297 | 116 384 872 | — 23 450 194 | + 326 769 | — 23 123 425 | — 17,89 | + 3,85 | — 16,57 |
| Agosto | 114 145 104 | 107 579 489 | 9 791 564 | 8 948 969 | 123 936 668 | 116 528 458 | — 6 565 615 | — 842 595 | — 7 408 210 | — 5,75 | — 8,60 | — 5,97 |
| Settembre | 107 302 858 | 110 269 100 | 8 092 479 | 8 187 319 | 115 395 337 | 118 456 419 | + 2 966 242 | + 94 840 | + 3 061 082 | + 2,76 | + 1,17 | + 2,65 |
| Ottobre | 113 960 559 | 112 880 724 | 8 918 940 | 8 786 311 | 122 879 499 | 121 667 035 | — 1 079 835 | — 132 629 | — 1 212 464 | — 0,94 | — 1,48 | — 0,98 |
| Novembre | 127 893 335 | 134 779 847 | 8 441 718 | 8 402 163 | 136 335 053 | 143 182 010 | + 6 886 512 | — 39 555 | + 6 846 957 | + 5,38 | — 0,47 | + 5,02 |
| Dicembre | 136 816 505 | 141 278 491 | 8 492 531 | 9 268 590 | 145 309 036 | 150 547 081 | + 4 461 986 | + 776 059 | + 5 238 045 | + 3,26 | + 9,13 | + 3,60 |
| TOTALI | 1 607 914 964 | 1 513 642 878 | 106 554 495 | 95 686 725 | 1 714 469 459 | 1 609 329 603 | — 94 272 086 | — 10 867 770 | — 105 139 856 | — 5,86 | — 10,19 | — 6,13 |

## ITALIA MERIDIONALE

| MESE | Idraulica 1930 | Idraulica 1931 | Termica 1930 | Termica 1931 | Complessiva 1930 | Complessiva 1931 | Diff. Idraulica | Diff. Termica | Diff. Complessiva | Perc. Idraulica | Perc. Termica | Perc. Complessiva |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gennaio | 87 898 937 | 76 496 994 | 1 988 367 | 720 727 | 89 887 304 | 77 217 721 | — 11 401 943 | — 1 267 640 | — 12 669 583 | — 12,97 | — 63,75 | — 14,09 |
| Febbraio | 82 491 500 | 72 454 288 | 1 950 574 | 1 038 269 | 84 442 074 | 73 492 557 | — 10 037 212 | — 912 305 | — 10 949 517 | — 12,16 | — 46,77 | — 12,96 |
| Marzo | 84 146 466 | 75 432 494 | 2 166 371 | 1 157 728 | 86 312 837 | 76 590 222 | — 8 713 972 | — 1 008 643 | — 9 722 615 | — 10,35 | — 46,55 | — 11,26 |
| Aprile | 80 803 806 | 73 408 661 | 2 433 947 | 641 913 | 83 237 753 | 74 050 574 | — 7 395 145 | — 1 792 034 | — 9 187 179 | — 9,15 | — 73,62 | — 11,03 |
| Maggio | 81 854 339 | 82 798 968 | 1 291 345 | 893 659 | 83 145 684 | 83 692 627 | + 944 629 | — 397 686 | + 546 943 | + 1,15 | — 30,79 | + 0,65 |
| Giugno | 77 447 798 | 76 880 411 | 1 939 092 | 1 045 087 | 79 386 890 | 77 925 498 | — 567 387 | — 894 005 | — 1 461 392 | — 0,73 | — 46,10 | — 1,84 |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | + 1 232 143 | + 2,11 | — 40,59 | + [illegible] |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ottobre | 81 682 647 | 80 078 369 | 1 292 894 | 854 958 | 82 975 541 | 80 933 327 | — 1 604 278 | — 437 936 | — 2 042 214 | — 1,96 | — 33,87 | — 2,46 |
| Novembre | 77 248 622 | 79 203 349 | 2 510 326 | 777 969 | 79 758 948 | 79 981 318 | + 1 954 727 | — 1 732 357 | + 222 370 | + 2,53 | — 69,00 | + 0,27 |
| Dicembre | 67 537 604 | 83 161 086 | 4 782 581 | 1 397 926 | 72 320 185 | 84 559 012 | + 15 623 482 | — 3 384 655 | + 12 238 827 | + 23,13 | — 70,77 | + 16,92 |
| TOTALI | 956 417 663 | 949 010 561 | 24 191 844 | 11 030 201 | 980 609 507 | 960 040 762 | — 7 407 102 | — 13 161 643 | — 20 568 745 | — 0,77 | — 54,40 | — 2,09 |

# ITALIA INSULARE

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gennaio | 20 594 239 | 17 594 865 | 4 328 600 | 3 181 342 | 24 922 839 | 20 776 207 | — 2 999 374 | — 1 147 258 | — 4 146 632 | — 14,56 | — 26,50 | — 16,63 |
| Febbraio | 19 343 337 | 18 974 430 | 3 945 580 | 1 477 282 | 23 288 917 | 20 451 712 | — 368 907 | — 2 468 298 | — 2 837 205 | — 1,90 | — 62,55 | — 12,18 |
| Marzo | 20 445 068 | 22 040 520 | 3 701 501 | 2 294 634 | 24 146 569 | 24 335 154 | + 1 595 452 | — 1 406 867 | + 188 585 | + 7,80 | — 38,00 | + 0,78 |
| Aprile | 17 989 262 | 20 578 856 | 3 899 830 | 3 099 571 | 21 889 092 | 23 678 427 | + 2 589 594 | — 800 259 | + 1 789 335 | + 14,39 | — 20,52 | + 8,17 |
| Maggio | 20 475 642 | 21 002 721 | 3 924 964 | 3 819 687 | 24 400 606 | 24 822 408 | + 527 079 | — 105 277 | + 421 802 | + 2,57 | — 2,68 | + 1,72 |
| Giugno | 17 803 614 | 18 562 725 | 4 649 505 | 4 418 930 | 22 453 119 | 22 981 655 | + 759 111 | — 230 575 | + 528 536 | + 4,26 | — 4,95 | + 2,35 |
| Luglio | 18 718 924 | 18 359 133 | 6 441 028 | 5 227 474 | 25 159 952 | 23 586 607 | — 359 791 | — 1 213 554 | — 1 573 345 | — 1,92 | — 18,84 | — 6,25 |
| Agosto | 16 299 266 | 17 752 880 | 8 651 460 | 6 253 482 | 24 950 726 | 24 006 362 | + 1 453 614 | — 2 397 978 | — 944 364 | + 8,91 | — 27,71 | — 3,78 |
| Settembre | 15 570 063 | 14 964 787 | 7 991 478 | 5 743 458 | 23 561 541 | 20 708 245 | — 605 276 | — 2 248 020 | — 2 853 296 | — 3,88 | — 28,13 | — 12,10 |
| Ottobre | 15 478 009 | 15 644 185 | 8 249 811 | 7 250 522 | 23 727 820 | 22 894 707 | + 166 176 | — 999 289 | — 833 113 | + 1,07 | — 12,11 | — 3,51 |
| Novembre | 14 410 782 | 12 693 973 | 8 283 168 | 8 965 242 | 22 693 950 | 21 659 215 | — 1 716 809 | + 682 074 | — 1 034 735 | — 11,91 | + 8,23 | — 4,55 |
| Dicembre | 15 470 455 | 16 261 257 | 6 150 952 | 6 672 000 | 21 621 407 | 22 933 257 | + 790 802 | + 521 048 | + 1 311 850 | + 5,11 | + 8,47 | + 6,06 |
| TOTALI | 212 598 661 | 214 430 332 | 70 217 877 | 58 403 624 | 282 816 538 | 272 833 956 | + 1 831 671 | — 11 814 253 | — 9 982 582 | + 0,86 | — 16,82 | — 3,52 |

# RIASSUNTO GENERALE MENSILE

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gennaio | 825 580 120 | 766 140 059 | 33 766 670 | 20 980 995 | 859 346 790 | 787 121 054 | — 59 440 061 | — 12 785 675 | — 72 225 736 | — 7,19 | — 37,86 | — 8,40 |
| Febbraio | 750 772 739 | 705 657 428 | 24 315 342 | 16 821 887 | 775 088 081 | 722 479 315 | — 45 115 311 | — 7 493 455 | — 52 608 766 | — 6,00 | — 30,82 | — 6,79 |
| Marzo | 797 176 578 | 767 277 428 | 23 185 374 | 19 785 127 | 820 361 952 | 787 062 555 | — 29 899 150 | — 3 400 247 | — 33 299 397 | — 3,75 | — 14,66 | — 4,06 |
| Aprile | 813 797 372 | 768 452 077 | 21 014 496 | 16 308 334 | 834 811 868 | 784 760 411 | — 45 345 295 | — 4 706 162 | — 50 051 457 | — 5,57 | — 22,39 | — 5,99 |
| Maggio | 866 857 327 | 838 936 748 | 19 275 616 | 18 824 607 | 886 132 943 | 857 761 355 | — 27 920 579 | — 451 009 | — 28 371 588 | — 3,22 | — 2,34 | — 3,20 |
| Giugno | 851 709 553 | 861 420 242 | 20 458 450 | 19 423 101 | 872 168 003 | 880 843 343 | + 9 710 689 | — 1 035 349 | + 8 675 340 | + 1,14 | — 5,06 | + 0,99 |
| Luglio | 904 133 137 | 915 451 972 | 22 326 006 | 21 935 244 | 926 459 143 | 937 387 216 | + 11 318 835 | — 390 762 | + 10 928 073 | + 1,25 | — 1,75 | + 1,18 |
| Agosto | 837 656 426 | 853 738 032 | 30 183 264 | 27 323 114 | 867 839 690 | 881 061 146 | + 16 081 606 | — 2 860 150 | + 13 221 456 | + 1,92 | — 9,47 | + 1,52 |
| Settembre | 852 458 778 | 851 465 933 | 27 747 968 | 26 420 543 | 880 206 746 | 877 886 476 | — 992 845 | — 1 327 425 | — 2 320 270 | — 0,11 | — 4,78 | — 0,26 |
| Ottobre | 872 024 055 | 847 537 250 | 25 618 398 | 25 016 104 | 897 642 453 | 872 553 354 | — 24 486 805 | — 602 294 | — 25 089 099 | — 2,80 | — 2,35 | — 2,79 |
| Novembre | 793 228 020 | 821 048 875 | 26 317 021 | 25 296 856 | 819 545 041 | 846 345 731 | + 27 820 855 | — 1 020 165 | + 26 800 690 | + 3,50 | — 3,88 | + 3,27 |
| Dicembre | 779 194 305 | 819 757 027 | 31 666 590 | 24 577 135 | 810 860 895 | 844 334 162 | + 40 562 722 | — 7 089 455 | + 33 473 267 | + 5,20 | — 22,38 | + 4,13 |
| TOTALI | 9 944 588 410 | 9 816 883 071 | 305 875 195 | 262 713 047 | 10 250 463 605 | 10 079 596 118 | — 127 705 339 | — 43 162 148 | — 170 867 487 | — 1,28 | — 14,11 | — 1,66 |

# RIASSUNTO GENERALE

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Italia Settentr. | 7 167 657 122 | 7 139 799 300 | 104 910 979 | 97 592 497 | 7 272 568 101 | 7 237 391 797 | — 27 857 822 | — 7 318 482 | — 35 176 304 | — 0,39 | — 6,97 | — 0,48 |
| Italia Centrale. | 1 607 914 964 | 1 513 642 878 | 106 554 495 | 95 686 725 | 1 714 469 459 | 1 609 329 603 | — 94 272 086 | — 10 867 770 | — 105 139 856 | — 5,86 | — 10,19 | — 6,13 |
| Italia Meridion. | 956 417 663 | 949 010 561 | 24 191 844 | 11 030 201 | 980 609 507 | 960 040 762 | — 7 407 102 | — 13 161 643 | — 20 568 745 | — 0,77 | — 54,40 | — 2,09 |
| Italia Insulare. | 212 598 661 | 214 430 332 | 70 217 877 | 58 403 624 | 282 816 538 | 272 833 956 | + 1 831 671 | — 11 814 253 | — 9 982 582 | — 0,86 | — 16,82 | — 3,52 |
| TOTALE GEN. | 9 944 588 410 | 9 816 883 071 | 305 875 195 | 262 713 047 | 10 250 463 605 | 10 079 596 118 | — 127 705 339 | — 43 162 148 | — 170 867 487 | — 1,28 | — 14,11 | — 1,66 |

Fonte: *UNFIEL*.

NOTA: La presente tabella si riferisce a 405 Imprese, Aziende ed Enti censiti nel gennaio 1932, rappresenta presumibilmente il 94 % della produzione totale del Regno. Essa comprende anche l'energia importata.

Tabella XXVI.

ENERGIA IMPORTATA DALLA SVIZZERA NEGLI ANNI 1930-1931

| MESE | Energia importata in kWh | | Differenza + o — |
|---|---|---|---|
| | 1930 | 1931 | |
| Gennaio .. | 18 237 975 | 19 564 025 | + 1 326 050 |
| Febbraio . | 19 019 810 | 16 803 025 | — *2 216 785* |
| Marzo .... | 12 797 700 | 15 373 225 | + 2 575 525 |
| Aprile .... | 14 620 855 | 15 535 575 | + 914 720 |
| Maggio ... | 11 591 475 | 10 344 325 | — *1 247 150* |
| Giugno ... | 9 501 075 | 14 822 955 | + 5 321 880 |
| Luglio .... | 12 425 925 | 15 569 360 | + 3 143 435 |
| Agosto ... | 9 507 500 | 9 032 200 | — *475 300* |
| Settembre | 11 996 350 | 13 239 975 | + 1 243 625 |
| Ottobre .. | 15 624 050 | 14 505 625 | — *1 118 425* |
| Novembre | 14 675 050 | 11 583 000 | — *3 092 050* |
| Dicembre . | 14 071 050 | 16 949 850 | + 2 878 800 |
| Totali .. | 164 068 815 | 173 323 140 | + 9 254 325 |

Fonte: *UNFIEL.*

L'energia *esportata* fu nel 1931 di circa 2 milioni e mezzo di kWh: cifra pressochè trascurabile in confronto del totale prodotto ed importato. Circa un milione di kWh è rappresentato dalla fornitura alla città di Šussak da parte dell'Azienda comunale di Fiume.

## La produzione termica.

Data la disponibilità dell'energia d'origine idrica, la produzione termica va perdendo sempre più importanza. Essa è ancora discesa nel 1931 a soli 262 713 047 contro 305 875 195 del 1930.

Tabella XXVII.

ENERGIA PRODOTTA CON COMBUSTIBILE NAZIONALE

| MESE | kWh prodotti | | Percentuali | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | della termica | | del totale | |
| | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 |
| Gennaio . | 7 452 200 | 6 015 519 | 22,06 | 28,67 | 0,86 | 0,76 |
| Febbraio | 6 101 217 | 5 457 554 | 25,09 | 32,44 | 0,78 | 0,75 |
| Marzo .. | 6 351 660 | 5 585 351 | 27,39 | 28.23 | 0,77 | 0,71 |
| Aprile .. | 5 843 878 | 5 062 644 | 27,80 | 31,04 | 0,70 | 0,64 |
| Maggio .. | 6 134 078 | 5 355 964 | 31,82 | 28.45 | 0,69 | 0,62 |
| Giugno .. | 6 016 144 | 5 429 908 | 29,40 | 27,95 | 0,69 | 0,61 |
| Luglio .. | 7 005 577 | 6 644 303 | 31,37 | 30,29 | 0,75 | 0,71 |
| Agosto .. | 8 116 546 | 6 614 037 | 26,89 | 24,20 | 0,93 | 0,75 |
| Settembre | 7 565 772 | 6 292 302 | 27,26 | 66,18 | 0,86 | 0,71 |
| Ottobre . | 8 620 351 | 10 534 061 | 33,65 | 42,11 | 0,96 | 1,20 |
| Novembre | 9 672 007 | 10 593 120 | 36,75 | 41,87 | 1,18 | 1,25 |
| Dicembre | 8 379 231 | 8 851 127 | 26,46 | 36,01 | 1,03 | 1,05 |
| Totali e medie | 87 258 661 | 82 435 890 | 28,53 | 31,37 | 0,85 | 0,82 |

Fonte: *UNFIEL.*

Interessante è rilevare che la produzione termica con combustibile nazionale (Tabella XXVII) va, sia pur lentamente, migliorando la propria percentuale (da 28,53% nel 1930 a 31,37% della produzione totale termica nel 1931) sebbene siano completamente fuori servizio alcune importanti centrali utilizzanti ligniti. Col prossimo aumento della produzione delle centrali della zona boracifera tale percentuale è destinata a migliorare ancora. La Tabella XXV fornisce i dati di dettaglio della produzione termica.

## La produzione complessiva.

La produzione e l'importazione censite dalla UNFIEL raggiunsero nel 1931 circa 10 080 milioni di kWh contro circa 10 250 del 1930, con una diminuzione di circa 170 milioni di kWh, corrispondenti all'1,66 %. La Tabella XXV fornisce il dettaglio per ciascun genere di produzione, per mese e per Regioni. Tenuto conto della proporzione probabile rappresentata dall'energia censita riferita alla produzione totale si può ritenere che questa, suddivisa per Regioni, corrisponda a quella indicata nella Tabella XXVIII.

Tabella XXVIII.

PRODUZIONE TOTALE PRESUMIBILE DELL'ENERGIA ELETTRICA SUDDIVISA PER REGIONI (in milioni di kWh)

| REGIONI | 1926 | 1927 | 1928 | 1929 | 1930 | 1931 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Italia Settentrion. * | 6 340 | 6 470 | 7 200 | 7 700 | 7 820 | 7 780 |
| Italia Centrale .... | 1 460 | 1 530 | 1 620 | 1 745 | 1 800 | 1 690 |
| Italia Meridionale . | 820 | 850 | 940 | 1 045 | 1 060 | 1 030 |
| Italia Insulare ... | 180 | 200 | 240 | 310 | 320 | 300 |
| Totali ... | 8 800 | 9 050 | 10 000 | 10 800 | 11 000 | 10 800 |

Fonte: *UNFIEL.*

* Comprende l'importata.

Tabella XXIX.

PRODUZIONE TOTALE PRESUMIBILE DELL'ENERGIA SUDDIVISA SECONDO IL GENERE DI PRODUZIONE (in milioni di kWh)

| GENERE DI PRODUZIONE | 1926 | 1927 | 1928 | 1929 | 1930 | 1931 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Idrica .......... | 8 314 | 8 566 | 9 461 | 10 047 | 10 450 | 10 295 |
| Termica ........ | 260 | 289 | 310 | 510 | 386 | 332 |
| Importata ....... | 226 | 195 | 229 | 243 | 164 | 173 |
| Totali ... | 8 800 | 9 050 | 10 000 | 10 800 | 11 000 | 10 800 |

Fonte: *UNFIEL.*

La ripartizione presumibile secondo il genere di produzione è data dalla Tabella XXIX.

Quanto alla ripartizione della produzione avuto riguardo al suo impiego per uso proprio, commerciale o misto, la Tabella XXX fornisce le relative percentuali.

Nel complesso è da notare che l'impiego per uso proprio, passando da 9,6 % a 10.9 %, è aumentato mentre quello per la vendita è diminuito da 77.5 % a 76,6 %. Quello ad uso promiscuo è pure diminuito (da 12,9 % a 12,5 %).

Il diagramma *E* riproduce graficamente i dati della Tabella XXIX e mostra a colpo d'occhio l'importanza dominante che ha per noi la produzione idraulica.

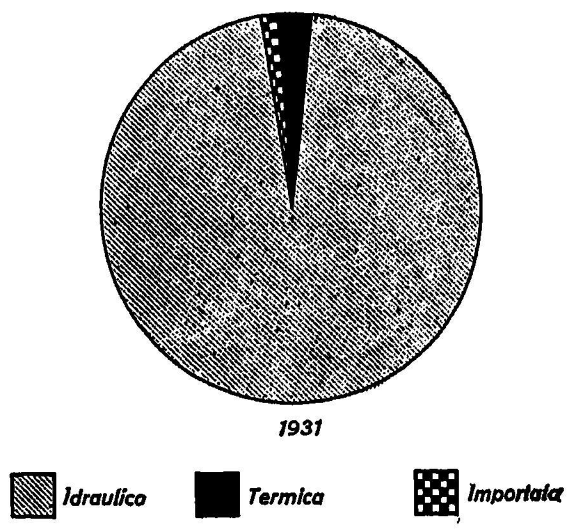



Diagramma *E* - Suddivisione della produzione di energia elettrica nel 1931 secondo la sua origine.

TABELLA XXX.

DESTINAZIONE DELLA PRODUZIONE
DELLE ANNATE 1930–1931
(in %)

| | REGIONI | Alla vendita | | Ad uso proprio del produttore | | Ad uso promiscuo | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 |
| Termica | Italia Settentr. | 32,7 | 28,1 | 61,6 | 69,2 | 5,7 | 2,7 |
| | Italia Centrale | 6,6 | 3,1 | 39,8 | 41,0 | 53,6 | 55,9 |
| | Italia Meridion. | 53,0 | 38,7 | 47,0 | 61,3 | — | — |
| | Italia Insulare | 98,1 | 98,0 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 1,1 |
| | MEDIE ... | 40,2 | 34,9 | 38,9 | 43,5 | 20,9 | 21,6 |
| Idraulica | Italia Settentr. | 81,5 | 80,1 | 10,3 | 12,1 | 8,2 | 7,8 |
| | Italia Centrale | 56,0 | 54,2 | 2,2 | 3,0 | 41,8 | 42,8 |
| | Italia Meridion. | 91,1 | 91,8 | 8,9 | 8,2 | — | — |
| | Italia Insulare | 100,0 | 100,0 | — | — | — | — |
| | MEDIE ... | 78,7 | 77,7 | 8,6 | 10,1 | 12,7 | 12,2 |
| Compless. | Italia Settentr. | 80,8 | 79,4 | 11,0 | 12,9 | 8,2 | 7,7 |
| | Italia Centrale | 52,9 | 51,2 | 4,6 | 5,2 | 42,5 | 43,6 |
| | Italia Meridion. | 85,0 | 91,2 | 15,0 | 8,8 | — | — |
| | Italia Insulare | 99,5 | 99,6 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| | MEDIE ... | 77,5 | 76,6 | 9,6 | 10,9 | 12,9 | 12,5 |

Fonte: *UNFIEL.*

La Tabella XXXI dà l'andamento della produzione riferita al ciclo di dodici mesi che si compie nel mese considerato: ed il diagramma *D* (pag. 677) riproduce graficamente i valori relativi alla produzione complessiva (prodotta più importata). In esso si osservano le variazioni caratteristiche durante il 1930-31 delle quali si è parlato a pag. 677.

TABELLA XXXI.

ENERGIA PRODOTTA ED IMPORTATA IN MILIONI DI kWh NEL CICLO DI 12 MESI

| MESE | 1930 | 1931 |
|---|---|---|
| Gennaio .......... | 10 052 | 10 178 |
| Febbraio .......... | 10 085 | 10 126 |
| Marzo .............. | 10 133 | 10 092 |
| Aprile .............. | 10 200 | 10 042 |
| Maggio ........... | 10 241 | 10 014 |
| Giugno ........... | 10 260 | 10 023 |
| Luglio ............. | 10 277 | 10 034 |
| Agosto ........... | 10 274 | 10 047 |
| Settembre ........ | 10 304 | 10 044 |
| Ottobre ........... | 10 308 | 10 019 |
| Novembre ........ | 10 276 | 10 046 |
| Dicembre .......... | 10 250 | 10 080 |

Fonte: *UNFIEL.*

Il diagramma *F* indica l'andamento del *carico medio mensile*, ottenuto dividendo la produzione mensile per le *ore virtuali* del mese. Queste sono date dalla somma delle ore totali dei giorni lavorativi e di quelle dei giorni festivi ridotte a 13 nei mesi estivi e 14 nei mesi invernali. Il diagramma risultante presenta un carattere assai più regolare che quello della semplice produzione, perchè oltre che dal diverso numero di giorni dei vari mesi tiene anche conto del diverso numero di feste.

Lo stesso diagramma porta pure l'indicazione del *carico massimo* mensile, costituito dalla somma dei carichi massimi contemporanei di una giornata del mese opportunamente scelta (ultimo mercoledì non festivo): nonchè delle *ore di utilizzazione mensili* (produzione nel mese divisa pel carico massimo mensile).

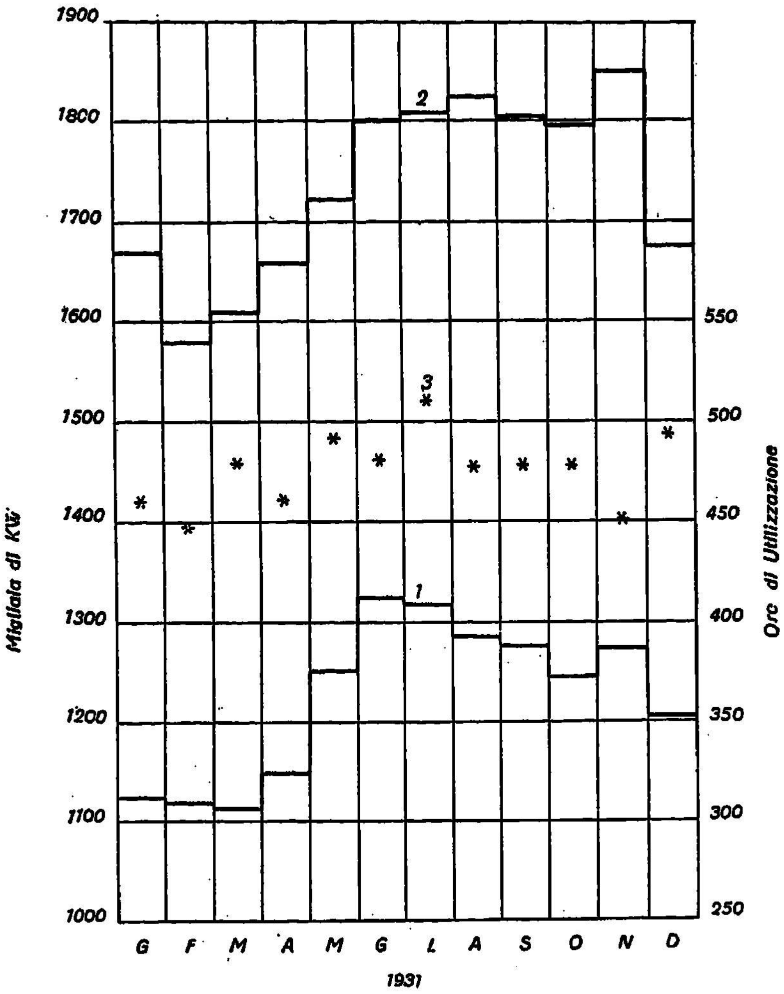



Diagramma *F* - Andamento del carico medio e del carico massimo ed utilizzazione media equivalente della produzione.

1 - Carico medio. 2 - Carico massimo. 3 - utilizzazione (ore mensili).

L'*utilizzazione media integrale dell'utenza* (somma delle utilizzazioni mensili) fu nel 1931 di ore 5712. Non si equivochi sul significato di tale cifra, che va intesa come l'*utilizzazione complessiva di tutta l'utenza supposta alimentata da una rete unica.* Essendo il 1931 il primo anno nel quale tale cifra potè essere calcolata, essa acquisterà interesse solo negli anni venturi nei quali potrà servir di confronto coi precedenti.

Si è prescelta la somma delle utilizzazioni mensili piuttosto che il quoziente della produzione annua divisa per la massima richiesta mensile per ridurre al minimo l'effetto di punte mensili eccezionali.

In questo campo d'indagini non è possibile giungere a cifre aventi un valore fisico: bisogna contentarsi di valori convenzionali o di indici, purchè siano paragonabili ed il meno affetti da cause accidentali: il che appunto si è cercato di raggiungere nel modo sopra spiegato.

L'elevato valore (5712 ore) di questa *utilizzazione media integrale dell'utenza*, che raggiunge i due terzi del valore massimo possibile, sta a dimostrare il buon collocamento dell'energia ottenuto dalle Imprese ed Aziende elettriche italiane: risultato che difficilmente potrebbe trovarsi presso altre nazioni. Il che smentisce il nuovo genere di accusa che qualcuno male informato va elevando contro la nostra industria: quella di trascurare il collocamento dell'energia.

## VI. – LA TRASMISSIONE DELL'ENERGIA.

**Incremento delle linee.**

Nel 1931 si è avuta una stasi anche nella costruzione delle linee. Trascurando alcuni rifacimenti e diversi tronchi di linee a media tensione, non furono segnalati che alcuni nuovi tronchi a tensione supe-

## ELENCO DELLE LINEE ELETTRICHE CON TENSIONE SUPERIORE AI 120.000 V

| DITTA PROPRIETARIA | Località di origine e di arrivo | Data di inizio di funzionamento | Tensione in Volt | Frequenza | Lunghez. km palific. | Numero terne | Metallo conduttore | Sezione dei conduttori mmq. | Filo di guardia | Osservazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Soc. Idroelettrica Piemonte | Maën-Covalou | 1926 | 135 000 | 50 | 11,3 | 1 | rame | 134 | si | |
| Id. | Covalou-Torino | 1926 | 135 000 | 50 | 88,9 | 2 | rame | 109 | si | |
| Id. | Isollaz-Verrès | 1928 | 135 000 | 50 | 4 | 1 | rame | 109 | si | |
| Id. | Mirafiore-Isorella | 1930 | 75 000 att.<br>135 000 def. | 50 | 49 | 2 | rame | 70,5 | si | |
| Id. | Cardano-Cislago | 1929 | 220 000 | 42/50 | 243 | 1 | allum.-acciaio<br>Aldrey | 365<br>lega 380 | si | 2 terne da Cardano a Lavis<br>1 terna da Lavis a Cislago |
| Id. | Lavis-Vellai (Feltre) | 1930 | 220 000 | 42/50 | 71 | 2 | Aldrey | 200 | si | |
| Soc. Id. Piemont. - Lombarda E. Breda | Ponte Tresa-Veveri | — | 70 000 att.<br>120 000 def. | 50 | 60,7 | 1 | rame | 95 | si | |
| « Cieli » Compagnia Imprese Elettriche Liguri | S. Dalmazzo-Cairo Montenotte | 1929 | 75 000 att.<br>120 000 def. | 50 | 72 | 2 | rame | 116÷84 | no | |
| « Cieli » | Cairo Montenotte-Morigallo | 1930 | 75 000 att.<br>130 000 def. | 50/16 | 56 | 2 | rame | 86 | si | |
| « Cieli » | Salsominore-Morigallo-Bolzaneto (Genova) | 1930 | 65 000 att.<br>130 000 def. | 50 | 72 | 2 | rame | 50 | si | |
| « Edison » Soc. Gen. Italiana Edison di Elettricità | Ponte-Verampio | 1931 | 130 000 | 42 | 18,5 | 2 | rame | 135 | si | |
| Id. | Verampio-Beura | 1932 | 130 000 | 42 | 19,4 | 1 | rame | 135 | si | |
| Id. | Beura-Pallanzeno-Piedimulera | 1932 | 130 000 | 42 | 7,5 | 2 | rame | 135 | si | |
| Id. | Piedimulera-Borgomanero | 1932 | 130 000 | 42 | 46 | 1 | rame | 135 | si | |
| Id. | Borgomanero-Novara | 1931 | 130 000 | 42 | 29,9 | 2 | rame | 135 | si | |
| Id. | Cadarese-Verampio-Pallanzeno | 1928 | 130 000 | 42 | 30,9 | 2 | rame | 135 | si | |
| Id. | Rovesca-Pallanzeno | 1925 | 130 000 | 42 | 12 | 1 | rame | 107 | si | |
| Id. | Pallanzeno-Agognate | 1925 | 130 000 | 42 | 79 | 1 | rame | 107 | si | |
| Id. | Agognate-Novara | 1931 | 130 000 | 42 | 5,6 | 2 | rame | 107 | si | |
| Id. | Agognate-Ceretto | 1925 | 130 000 | 42 | 24,9 | 1 | rame | 107 | si | |
| Id. | Ceretto-Mortara | 1930 | 130 000 | 42 | 3,7 | 2 | rame | 107 | si | |
| Id. | Ceretto-Arquata Scrivia | 1925 | 130 000 | 42 | 66,1 | 1 | rame | 107 | si | |
| Id. | Arquata Scrivia-Genova | 1929 | 130 000 | 42 | 34 | 2 | rame | 135 | si | |
| Id. | Pallanzeno-Magenta | 1928 | 130 000 | 42 | 89,9 | 2 | rame | 107 | si | |
| Id. | Magenta-Mortara | 1928 | 130 000 | 42 | 26 | 1 | rame | 107 | si | |
| Id. | Magenta-Baggio | 1929 | 130 000 | 42 | 15 | 2 | rame | 107 | si | |
| Id. | Pallanzeno-Baggio | 1925 | 130 000 | 42 | 102,8 | 1 | rame | 107 | si | |
| Id. | Baggio-Vaiano Valle | 1925 | 130 000 | 42 | 13,3 | 1 | rame | 107 | si | |
| Id. | Baggio-Musocco | 1929 | 130 000 | 42 | 7,8 | 2 | rame | 107 | si | |
| Id. | Palo tripartitore Musocco-Dugnano-Bovisio | 1929 | 130 000 | 42 | 13,9 | 2 | rame | 107 | si | |
| Id. | Paderno Dugnano-Brugherio | 1929 | 130 000 | 42 | 9,2 | 1 | rame | 107 | si | |
| Id. | Vaiano Valle-Pta. Vigentina Milano | 1925 | 130 000 | 42 | 1,7 | 2 | rame | 107 | si | |
| Id. | Palo tripartitore Vaiano Valle-Brugherio | 1925 | 130 000 | 42 | 19,5 | 1 | rame | 107 | si | |
| Ferrovie dello Stato | Rogoredo-Pavia | — | 70 000 att.<br>120 000 def. | 16 2/3 | 53,5 | 2 | Aldrey | 198 | — | |
| Id. | Vezzano-Fornovo | — | 70 000 att.<br>120 000 def. | 16 2/3 | 55 | 1 | Aldrey | 153,2 | — | |
| Soc. El. Interr. Cisalpina | S. Bernardo-Mese | 1928 | 140 000 | 42/50 | 6,5 | 1 | rame | 129 | si | 2 palificazioni |
| Id. | Mese-Breccia (Como) | 1927 | 140 000 | 42/50 | 146 | 2 | rame | 129 | si | |
| | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 50 | 127 | 1 | rame | 119 | si | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Id. | Brescia-Brugherio | | | | | | | | | |
| di Energia Elettrica | Piattamala-Sondrio | 1927 | 135 000 | 50 | 25,1 | 2 | rame | 120 | si | |
| Id. | Mallero-Sondrio | 1927 | 135 000 | 50 | 1,6 | 1 | rame | 120 | si | |
| Id. | Sondrio-Barzio | 1927 | 135 000 | 50 | 71 | 2 | rame | 120 | si | |
| Id. | Sondrio-Barzio | 1925 | 52 000 att. / 135 000 def. | 50 | 71 | 1 | rame | 120 | si | |
| Id. | Barzio-Carona | 1926 | 135 000 | 50 | 34,4 | 1 | rame | 120–134–152 | si | |
| Id. | Barzio-Cislago | 1927 | 135 000 | 50 | 105 | 2 | rame | 105÷120 | si | 2 palificazioni |
| Az. Elettr. Municipale - Milano | Fraele-Stazzona Nord Milano | 1928 | 135 000 | 42 | 182 | 1 | rame | 120÷200 | si | |
| Soc. Generale Elettrica dell'Adamello | Temù-Cedegolo-Gorlago-S. Polo d'Enza | 1922 | 125 000 | 42 | 224 | 1 | rame | 80 | no | |
| Id. | Temù-Sonico | 1928 | 125 000 | 42 | 14,3 | 1 | rame | 80 | no | |
| Id. | Sonico-Cedegolo-Gorlago | 1928 | 125 000 | 42 | 80,8 | 2 | rame | 103 | no | |
| Id. | Gorlago-S. Polo-Ligonchio | 1928 | 125 000 | 42 | 167,6 | 1 | rame | 103 | no | |
| Soc. An. Elettricità Ponale | Marco derivazione Verona-Modena-Bologna | 1929 | 135 000 | 42 | 230 | 2 | rame | — | — | |
| Soc. Gen. El. Tridentina | Foresta-Mezzocorona-Boretto-S. Polo d'Enza | 1925 | 130 000 | 42 | 253 | 2 | rame | 103 | no | |
| Id. | Boretto-Reggio Emilia | 1929 | 120 000 | 42 | 23,3 | 1 | rame | 103 | no | |
| Id. | Cogolo-Mezzocorona | 1929 | 120 000 | 42 | 54,5 | 2 | allum.-acciaio | 210 (171 all. / 39 acc.) | si | |
| Id. | Pozzolago-Mezzocorona | 1925 | 120 000 | 42 | 10 | 1 | rame | 80 | no | |
| Industriale Trentina di Elettr. | Dro-Bussolengo | 1923 | 70 000 att. / 120 000 def. | 42 | 70 | 1 | rame | 100 | si | |
| Soc. Idroelettrica Cismon | S. Silvestro-Moline | 1930 | 125 000 | 50/42 | 8,4 | 1 | Aldrey | 160 | si | |
| Id. | Moline di Sovramonte-Marghera | 1929 | 125 000 | 50/42 | 81,3 | 1 | Aldrey | 198 | si | |
| Forze Idrauliche del Veneto | Fadalto-Dolo | 1924 | 135 000 | 42 | 77 | 1 | rame | 100 | no | |
| «Sade» Soc. Adriatica di Elettr. | Padova-Lonigo | 1927 | 135 000 | 42 | 39,4 | 1 | rame | 80 | no | |
| Soc. Interprovinciale | Bussolengo-Sorio (Verona) | 1922 | 65 000 att. / 135 000 def. | 42 | 18,6 | 1 | rame | 100 | si | |
| Soc. Venezia Giulia | Caneva di Sacile-Opicina | 1931 | 135 000 | 42 | 113,5 | 1 | rame | 80 | in parte | |
| Soc. Forze Idraul. del Veneto | Nove-Caneva | 1931 | 135 000 | 42 | 13,5 | 1 | rame | 100 | si | |
| Id. | Caneva-Marghera | 1931 | 135 000 | 42 | 61,87 | 1 | rame | 100 | no | |
| «Sade» Soc. Adriatica di Elettr. | Marghera-Rana-Paluello di Dolo | 1930 | 135 000 | 42 | 13,3 | 1 | Aldrey | 200 | no | |
| Id. | Dolo-Portomaggiore | 1927 | 135 000 | 42 | 85 | 1 | rame | 100 | no | |
| Id. | Vellai-Maser | 1930 | 135 000 | 42 | 26,3 | 2 | rame | 103 | si | |
| Id. | Maser-Rana | 1930 | 135 000 | 42 | 43,5 | 2 | Aldrey | 200 | no | |
| Id. | Rana-Porto Marghera | 1930 | 135 000 | 42 | 1,1 | 2 | rame | 103 | no | |
| Soc. Elettrica del Valdarno | Ligonchio-Prato-Tavarnuzze | 1928 | 120 000 | 50 | 108 | 1 | rame | 100÷128 | in parte | |
| Id. | Tavarnuzze-Chiusi | 1925 | 120 000 | 50 | 100 | 1 | rame | 115 | si | |
| Id. | Tavarnuzze Sez. Castelfranco | 1926 | 120 000 | 50 | 41,1 | 1 | rame | 100 | no | |
| Soc. Ligure Toscana di Elettr. | Sez. Castelfranco-Livorno | 1927 | 120 000 | 50 | 41,1 | 1 | rame | 92,7 | no | |
| Soc. Emiliana di Eserc. Elettr. | Farneta-Foce Giovo | 1927 | 60 000 att. / 130 000 def. | 42/50 | 28 | 1 | rame | 130 | si | |
| Soc. Ligure Toscana di Elettr. | Foce Giovo-Desertoli | 1927 | 60 000 att. / 120 000 def. | 50 | 13,7 | 1 | rame | 131,8 | no | |
| «Terni» | Preci-Papigno | 1928 | 120 000 | 50 | 50 | 1 | rame | 115 | no | |
| Id. | Papigno-Chiusi | 1925 | 120 000 | 50 | 80 | 1 | rame | 115 | no | |
| Id. | Papigno-Camerino | 1925 | 120 000 | 50 | 78 | 1 | rame | 115 | no | |
| Id. | Centrale Galleto-III salto Pescara | 1930 | 155 000 | 45 | 130 | 1 | allumin-acciaio | 198 | no | |
| Soc. Meridionale di Elettricità | Sila-Corigliano-Nuova Siri-Palagiano-Bari | 1927 | 150 000 | 45 | 256,8 | 1 | allumin-acciaio / rame | 171 all. / 120÷130 | si | allum.-acciaio primi 65 km; |
| Id. | III Salto Pescara-Frattamaggiore | 1930 | 150 000 | 45 | 187 | 1 | rame | 150 | si | |
| Id. | II Ampollino (Sila)-Cent. Tusciano | 1931 | 150 000 | 45 | 245 | 1 | allum.-acciaio | ≡150 rame | si | |
| | Totale lunghezza linee superiori ai 120 kV | | | | 5603,57 | | | | | |

Fonte: *UNFIEL*.

(1) Tutte le linee hanno isolatori a catena. – (2) È stata la prima costruita in Italia ad altissima tensione.

APPLICAZIONI

| REGIONI | Impianti di sollevamento d'acqua per irrigazione | | | | | | | | Impianti idrovori di bonifica | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N.° impianti | | Potenza installata kW | | Energia erogata kWh | | Superficie irrigata ha | | N.° impianti | | Potenza installata kW | | Energia erogata kWh | |
| | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 |
| Piemonte | 1 758 | 1 830 | 9 426 | 11 036 | 7 038 723 | 9 033 743 | 26 040 | 27 916 | — | — | — | — | — | — |
| Lombardia | 712 | 850 | 7 036 | 7 846 | 4 728 242 | 8 420 675 | 23 056 | 25 571 | 13 | 10 | 755 | 1 861 | 718 000 | 337 666 |
| Venezia Tridentina | 9 | 11 | 52 | 55 | 30 000 | 47 640 | 71 | 76 | — | — | — | — | — | — |
| » Euganea | 485 | 607 | 3 245 | 4 171 | 2 445 906 | 3 950 514 | 69 908 | 70 402 | 169 | 179 | 20 607 | 21 010 | 14 060 676 | 10 122 822 |
| » Giulia | 2 | 5 | 3 | 13 | 1 679 | 9 000 | 1 | 60 | 9 | 9 | 1 040 | 1 235 | 876 500 | 742 496 |
| Emilia | 1 353 | 1 637 | 10 140 | 11 528 | 5 316 820 | 12 520 845 | 15 063 | 17 403 | 10 | 10 | 9 079 | 9 192 | 1 096 607 | 1 085 724 |
| Liguria | 2 694 | 3 022 | 4 448 | 4 540 | 4 607 126 | 3 337 750 | 6 720 | 6 581 | — | 1 | — | 17 | — | 4 000 |
| Toscana | 1 789 | 2 973 | 3 465 | 4 503 | 1 482 371 | 1 344 836 | 4 453 | 5 110 | 21 | 30 | 1 053 | 1 512 | 728 907 | 944 062 |
| Umbria | 47 | 60 | 151 | 175 | 81 576 | 111 500 | 274 | 296 | — | — | — | — | — | — |
| Marche | 463 | 470 | 793 | 800 | 444 499 | 420 000 | 1 770 | 1 690 | — | — | — | — | — | — |
| Lazio | 376 | 751 | 2 008 | 4 107 | 1 625 598 | 4 793 884 | 1 653 | 2 788 | 10 | 16 | 1 389 | 1 817 | 4 383 745 | 4 602 722 |
| Abruzzi e Molise | 250 | 260 | 400 | 420 | 350 000 | 364 000 | 250 | 255 | — | 1 | — | 59 | — | 25 000 |
| Campania | 1 619 | 1 880 | 3 893 | 4 995 | 1 930 335 | 2 643 841 | 4 334 | 7 331 | 6 | 6 | 1 200 | 1 200 | 1 586 880 | 1 766 140 |
| Puglie | 422 | 478 | 650 | 815 | 343 000 | 488 380 | 905 | 1 080 | — | — | — | — | — | — |
| Basilicata | 11 | 9 | 58 | 25 | 20 362 | 10 703 | 25 | 10 | — | — | — | — | — | — |
| Calabria | 327 | 430 | 702 | 1 030 | 296 499 | 601 041 | 390 | 908 | — | 3 | — | 226 | — | 240 675 |
| Sicilia | 2 706 | 3 080 | 9 046 | 10 142 | 4 628 200 | 5 237 130 | 6 685 | 7 946 | 12 | 12 | 346 | 346 | 89 723 | 119 885 |
| Sardegna | 236 | 339 | 385 | 804 | 169 557 | 265 006 | 220 | 372 | 1 | 3 | 75 | 90 | 159 291 | 1 114 846 |
| TOTALI | 15 259 | 18 692 | 55 901 | 67 005 | 35 540 493 | 53 600 488 | 161 818 | 175 795 | 251 | 280 | 35 544 | 38 565 | 23 700 329 | 21 106 038 |
| Italia Settentrionale | 7 013 | 7 962 | 34 350 | 39 189 | 24 168 496 | 37 320 167 | 140 859 | 148 009 | 201 | 209 | 31 481 | 33 315 | 16 751 783 | 12 292 708 |
| Italia Centrale | 2 925 | 4 514 | 6 817 | 10 005 | 3 984 044 | 7 034 220 | 8 400 | 10 139 | 31 | 47 | 2 442 | 3 388 | 5 112 652 | 5 571 784 |
| Italia Meridionale | 2 379 | 2 797 | 5 303 | 6 865 | 2 590 196 | 3 743 965 | 5 654 | 9 329 | 6 | 9 | 1 200 | 1 426 | 1 586 880 | 2 006 815 |
| Italia Insulare | 2 942 | 3 419 | 9 431 | 10 946 | 4 797 757 | 5 502 136 | 6 905 | 8 318 | 13 | 15 | 421 | 436 | 249 014 | 1 234 731 |
| TOTALE ITALIA | 15 259 | 18 692 | 55 901 | 67 005 | 35 540 493 | 53 600 488 | 161 818 | 175 795 | 251 | 280 | 35 544 | 38 565 | 23 700 329 | 21 106 038 |

| REGIONI | Pompe per uso di fattoria | | | | | | Impianti per trinciatura, pressatura, ecc. della paglia e dei foraggi | | | | | | Impianti per molitura e tritatura tutoli, becchi e panelli, pigiatrici, torchi | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N.° impianti | | Potenza installata kW | | Energia erogata kWh | | N.° impianti | | Potenza installata kW | | Energia erogata kWh | | N.° impianti | | Potenza installata kW | | Energia |
| | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 |
| Piemonte | 592 | 559 | 261 | 387 | 96 560 | 142 171 | 104 | 249 | 255 | 613 | 69 700 | 294 609 | — | 9 | — | 19 | — |
| Lombardia | 848 | 943 | 471 | 587 | 354 888 | 539 765 | 143 | 154 | 238 | 272 | 14 324 | 31 743 | 74 | 112 | 155 | 270 | 43 589 |
| Venezia Trident. | 65 | 37 | 71 | 26 | 35 614 | 2 640 | 512 | 813 | 591 | 1 100 | 125 724 | 73 093 | 80 | 100 | 170 | 206 | 115 000 |
| » Euganea | 6 | 171 | 3 | 102 | 1 122 | 49 038 | 40 | 64 | 39 | 199 | 12 729 | 81 216 | 13 | 24 | 41 | 187 | 6 909 |
| » Giulia | — | 5 | — | 20 | — | 8 000 | — | 5 | — | 30 | — | 10 000 | 13 | — | 284 | — | 423 061 |
| Emilia | 550 | 379 | 297 | 322 | 131 272 | 175 392 | 101 | 16 | 101 | 46 | 10 500 | 12 450 | 19 | 91 | 55 | 416 | 10 396 |
| Liguria | 62 | 101 | 339 | 388 | 54 961 | 58 239 | 125 | 117 | 197 | 182 | 42 321 | 38 740 | 87 | 131 | 219 | 312 | 92 283 |
| Toscana | 250 | 67 | 350 | 68 | 5 000 | 39 500 | 1 136 | 1 516 | 578 | 851 | 54 500 | 92 490 | 821 | 746 | 3 290 | 2 464 | 255 263 |
| Umbria | 85 | 87 | 112 | 115 | 12 638 | 11 825 | 38 | 38 | 30 | 30 | 20 510 | 20.030 | 197 | 196 | 920 | 918 | 96 534 |
| Marche | — | 10 | — | 22 | — | 2 700 | 14 | 20 | 12 | 15 | 9 730 | 9 500 | 116 | 105 | 286 | 270 | 61 781 |
| Lazio | 76 | 101 | 161 | 182 | 146 700 | 115 178 | 7 | 10 | 27 | 27 | 5 450 | 4 639 | 286 | 318 | 1 485 | 1 600 | 689 723 |
| Abruzzi e Molise | — | 18 | — | 34 | — | 4 700 | 120 | 111 | 147 | 136 | 40 000 | 40 000 | 151 | 157 | 535 | 545 | 128 724 |
| Campania | — | 4 | — | 5 | — | 834 | — | — | — | — | — | — | 10 | 19 | 37 | 84 | 10 400 |
| Puglia | — | 5 | — | 15 | — | 8 736 | — | 5 | — | 48 | — | 14 872 | 616 | 906 | 3 755 | 4 270 | 1 064 338 |
| Basilicata | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 100 | 81 | 234 | 445 | 85 081 |
| Calabria | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 106 | 180 | 626 | 1 159 | 335 182 |
| Sicilia | 2 | 10 | 3 | 9 | 1 085 | 3 020 | 1 | 1 | 6 | 6 | 2 600 | 3 510 | 47 | 219 | 228 | 937 | 16 764 |
| Sardegna | — | 14 | — | 42 | — | 8 384 | — | — | — | — | — | — | 84 | 78 | 220 | 351 | 92 000 |
| TOTALI | 2 536 | 2 511 | 2 068 | 2 324 | 839 840 | 1 170 122 | 2 341 | 3 119 | 2 221 | 3 555 | 408 088 | 726 892 | 2 820 | 3 472 | 12 540 | 14 453 | 3 527 028 |
| Italia Settentr. | 2 123 | 2 195 | 1 442 | 1 832 | 674 417 | 975 245 | 1 025 | 1 418 | 1 421 | 2 442 | 275 298 | 541 851 | 286 | 467 | 924 | 1 410 | 691 238 |
| Italia Centrale | 411 | 283 | 623 | 421 | 164 338 | 173 903 | 1 315 | 1 695 | 794 | 1 059 | 130 190 | 166 659 | 1 571 | 1 522 | 6 516 | 5 797 | 1 232 025 |
| Italia Meridion. | — | 9 | — | 20 | — | 9 570 | — | 5 | — | 48 | — | 14 872 | 832 | 1 186 | 4 652 | 5 958 | 1 495 001 |
| Italia Insulare | 2 | 24 | 3 | 51 | 1 085 | 11 404 | 1 | 1 | 6 | 6 | 2 600 | 3 510 | 131 | 297 | 448 | 1 288 | 108 764 |
| TOTALE ITALIA | 2 536 | 2 511 | 2 068 | 2 324 | 839 840 | 1 170 122 | 2 341 | 3 119 | 2 221 | 3 555 | 408 088 | 726 892 | 2 820 | 3.472 | 12 540 | 14 453 | 3 527 028 |

Fonte: *UNFIEL*.

N.B. – In questa tabella sono comprese, per l'anno 1931, anche le applicazioni dell'Azienda Elettrica del Governatorato di Roma e

ELETTRO-AGRICOLE

TABELLA XXXIV.

| Superficie bonificata ha | | Impianti di trebbiatura e sgranatura: N.° impianti | | Potenza installata kW | | Energia erogata kWh | | Frumento trebbiato Q.li | | Impianti di elettro-aratura: N.° impianti | | Potenza installata kW | | Energia erogata kWh | | Superficie arata ha | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 |
| — | — | 759 | 692 | 10 111 | 10 691 | 2 747 835 | 2 357 379 | 1 992 380 | 2 121 156 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 13 080 | 23 792 | 409 | 576 | 3 756 | 5 565 | 729 358 | 1 533 628 | 508 993 | 1 114 152 | — | 1 | — | 40 | — | 12 500 | — | 200 |
| — | — | 20 | 151 | 42 | 338 | 19 000 | 40 217 | 11 400 | 26 787 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 424 691 | 427 050 | 71 | 131 | 464 | 1 537 | 130 540 | 425 958 | 80 585 | 270 916 | 19 | 37 | 1 124 | 1 259 | 970 341 | 668 916 | — | 3 906 |
| 9 695 | 10 180 | 61 | 57 | 595 | 611 | 254 873 | 200 519 | 153 000 | 149 745 | 1 | 1 | 20 | 20 | 10 493 | 7 047 | — | 60 |
| 124 428 | 126 509 | 201 | 108 | 1 620 | 1 537 | 276 600 | 393 066 | 367 700 | 439 187 | 5 | 15 | 312 | 971 | 318 000 | 514 000 | — | 2 700 |
| — | 2 150 | 2 | 2 | 13 | 27 | 2 235 | 3 986 | 1 220 | 1 865 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 7 606 | 11 516 | 11 | 11 | 120 | 110 | 50 000 | 32 660 | 30 000 | 40 000 | 5 | 6 | 105 | 114 | 8 448 | 19 512 | — | 213 |
| — | — | 5 | 5 | 50 | 50 | 12 763 | 14 200 | 10 300 | 12 000 | — | 1 | — | 25 | — | 6 020 | — | 36 |
| — | — | 1 | 2 | 16 | 25 | 2 078 | 12 000 | 600 | 10 000 | 1 | 1 | 25 | 25 | 2 500 | 2 500 | — | 15 |
| 15 000 | 25 210 | 19 | 25 | 238 | 350 | 78 370 | 106 475 | 63 218 | 91 830 | — | 1 | — | 60 | — | 2 000 | — | 20 |
| — | 2 000 | 37 | 42 | 384 | 511 | 55 335 | 104 467 | 13 265 | 54 600 | 3 | 5 | 100 | 125 | 17 000 | 27 000 | — | 50 |
| 40 000 | 40 000 | 5 | 4 | 128 | 99 | 24 480 | 19 034 | 22 950 | 13 900 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | 9 | 12 | 180 | 238 | 25 000 | 28 974 | 18 700 | 25 400 | — | 1 | — | 35 | — | 3 800 | — | 7 |
| — | — | 9 | 7 | 172 | 172 | 18 888 | 22 105 | 15 900 | 17 600 | 8 | 3 | 250 | 90 | 105 000 | 30 000 | — | 300 |
| — | 2 000 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1 600 | 1 600 | 1 | 4 | 21 | 35 | 6 350 | 4 750 | 3 800 | 18 600 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 250 | 280 | 8 | 9 | 100 | 140 | 30 175 | 34 027 | 25 000 | 35 100 | 6 | 6 | 200 | 200 | 56 000 | 60 000 | — | 430 |
| 636 350 | 672 287 | 1 628 | 1 838 | 18 010 | 22 036 | 4 463 880 | 5 333 445 | 3 319 011 | 4 442 838 | 48 | 78 | 2 136 | 2 964 | 1 487 782 | 1 353 295 | — | 7 937 |
| 571 894 | 589 681 | 1 523 | 1 717 | 16 601 | 20 306 | 4 160 441 | 4 954 753 | 3 115 278 | 4 123 808 | 25 | 54 | 1 456 | 2 290 | 1 298 834 | 1 202 463 | — | 6 866 |
| 22 606 | 38 726 | 73 | 85 | 808 | 1 046 | 198 546 | 269 802 | 117 383 | 208 430 | 9 | 14 | 230 | 349 | 27 948 | 57 032 | — | 334 |
| 40 000 | 42 000 | 23 | 23 | 480 | 509 | 68 368 | 70 113 | 57 550 | 56 900 | 8 | 4 | 250 | 125 | 105 000 | 33 800 | — | 307 |
| 1 850 | 1 880 | 9 | 13 | 121 | 175 | 36 525 | 38 777 | 28 800 | 53 700 | 6 | 6 | 200 | 200 | 56 000 | 60 000 | — | 430 |
| 636 350 | 672 287 | 1 628 | 1 838 | 18 010 | 22 036 | 4 463 880 | 5 333 445 | 3 319 011 | 4 442 838 | 48 | 78 | 2 136 | 2 964 | 1 487 782 | 1 353 295 | — | 7 937 |

| ...ntoi per olive ...ta kWh | Impianti per la lavorazione del latte (zangole scrematrici): N.° impianti | | Potenza installata kW | | Energia erogata kWh | | Applicazioni termiche varie (scalda-acqua, caldaie per mangimi, incubatrici, essiccatoi bozzoli, ecc.): N.° impianti | | Potenza installata kW | | Energia erogata kWh | | Impianti frigoriferi per uso di fattoria, per conservazione del latte, vino, frutta, verdura, uova): N.° impianti | | Potenza installata kW | | Energia erogata kWh | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 |
| 2 719 | 259 | 416 | 260 | 770 | 455 650 | 962 078 | 90 | 23 | 703 | 97 | 1 102 898 | 56 485 | 78 | 79 | 205 | 301 | 519 000 | 661 306 |
| 91 918 | 325 | 409 | 570 | 725 | 533 263 | 661 052 | 127 | 94 | 460 | 318 | 177 799 | 171 775 | 46 | 44 | 38 | 50 | 47 729 | 65 307 |
| 141 141 | 31 | 47 | 52 | 55 | 44 000 | 24 577 | 18 | 21 | 27 | 36 | 25 000 | 32 600 | 4 | 5 | 3 | 20 | 3 000 | 10 145 |
| 80 129 | 178 | 314 | 237 | 565 | 237 046 | 1 089 728 | — | 82 | — | 529 | — | 120 092 | 11 | 16 | 23 | 120 | 40 000 | 345 132 |
| — | — | 7 | — | 37 | — | 95 683 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 123 555 | 551 | 805 | 902 | 1 255 | 1 350 500 | 1 671 000 | 15 | 22 | 10 | 92 | 4 000 | 17 888 | — | 1 | — | 4 | — | 1 200 |
| 102 449 | 5 | 11 | 22 | 66 | 22 587 | 166 540 | 4 | 4 | 17 | 8 | 8 673 | 4 726 | 20 | 23 | 20 | 24 | 20 000 | 21 160 |
| 725 461 | — | — | — | — | — | — | — | 11 | — | 53 | — | 8 365 | 5 | 5 | 42 | 21 | 10 200 | 16 700 |
| 95 220 | 1 | 1 | 3 | 3 | 251 | 285 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 200 | 3 400 | 9 | 9 | 5 | 5 | 360 | 365 |
| 55 000 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 200 | 1 120 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 399 | 4 150 | — | — | — | — | — | — |
| 628 738 | 14 | 14 | 34 | 42 | 36 535 | 34 538 | — | — | — | — | — | — | 3 | 6 | 5 | 3 | 4 500 | 10 000 |
| 135 500 | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 8 | 8 | 4 655 | 4 900 | — | — | — | — | — | — |
| 31 000 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1 013 348 | — | 6 | — | 45 | — | 65 000 | — | 1 | — | 2 | — | 380 | — | — | — | — | — | — |
| 29 222 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 10 | — | 4 177 |
| 243 341 | — | — | — | — | — | — | — | 3 | — | 10 | — | 851 | — | — | — | — | — | — |
| 99 269 | 4 | 4 | 10 | 10 | 12 650 | 19 925 | — | 3 | — | 2 | — | 3 600 | — | 41 | — | 230 | — | 172 085 |
| 79 250 | 1 | 4 | 2 | 10 | 547 | 24 407 | — | — | — | — | — | — | 2 | — | 2 | — | 3 540 | — |
| 3 677 260 | 1 370 | 2 039 | 2 093 | 3 584 | 2 694 229 | 4 815 933 | 258 | 269 | 1 232 | 1 163 | 1 329 624 | 429 212 | 178 | 230 | 343 | 788 | 648 329 | 1 307 577 |
| 541 911 | 1 349 | 2 009 | 2 043 | 3 473 | 2 643 046 | 4 670 658 | 254 | 246 | 1 217 | 1 080 | 1 318 370 | 403 566 | 159 | 168 | 289 | 519 | 629 729 | 1 104 250 |
| 1 639 919 | 16 | 16 | 38 | 46 | 37 986 | 35 943 | 4 | 16 | 15 | 69 | 11 254 | 20 815 | 17 | 20 | 52 | 29 | 15 060 | 27 065 |
| 1 316 911 | — | 6 | — | 45 | — | 65 000 | — | 4 | — | 12 | — | 1 231 | — | 1 | — | 10 | — | 4 177 |
| 178 519 | 5 | 8 | 12 | 20 | 13 197 | 44 332 | — | 3 | — | 2 | — | 3 600 | 2 | 41 | 2 | 230 | 3 540 | 172 085 |
| 3 677 260 | 1 370 | 2 039 | 2 093 | 3 584 | 2 694 229 | 4 815 933 | 258 | 269 | 1 232 | 1 163 | 1 329 624 | 429 212 | 178 | 230 | 343 | 788 | 648 329 | 1 307 577 |

dell'Azienda Elettrica Comunale di Verona.

TABELLA XXXIII.

STATISTICA DEI CONSUMI

(IMPRESE PRIVATE - NON SONO COMPRESE LE AZIENDE MUNICIPALI – Anno 1931)

| N.o d'ordine | CLASSI DI UTENZE | Percentuale del consumo di energia | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Italia Sett.* | Italia Centr.* | Italia Merid.* | Italia Insul.* | Totale Regno d'Italia |
| 1 | Illuminazione pubblica | 1,32 | 2,23 | 4,63 | 6,90 | 1,97 |
| 2 | Illuminazione privata (1) | 6,15 | 10,11 | 10,37 | 15,13 | 7,53 |
| 3 | Applicazioni presso abitazioni civili e pubblici esercizi (2) | 1,30 | 3,88 | 0,73 | 1,08 | 1,73 |
| 4 | Industrie dell'abbigliamento | 0,55 | 0,47 | 0,04 | 0,09 | 0,47 |
| 5 | Industrie alimentari | 6,47 | 7,94 | 9,81 | 9,62 | 7,09 |
| 6 | Industrie cartarie | 5,86 | 3,28 | 0,07 | 0,05 | 4,65 |
| 7 | Industrie grafiche | 0,18 | 0,58 | 0,06 | 0,56 | 0,25 |
| 8 | Industrie tessili e manifatturiere | 16,05 | 4,05 | 3,09 | 0,10 | 12,20 |
| 9 | Servizi in comune e bisogni collettivi | 1,13 | 1,82 | 0,56 | 1,67 | 1,21 |
| 10 | Industrie estrattive | 0,56 | 3,19 | 0,22 | 7,09 | 1,16 |
| 11 | Industrie varie | 3,30 | 2,53 | 5,73 | 0,44 | 3,34 |
| 12 | Industrie ceramiche e vetrarie | 0,29 | 1,94 | 0,05 | 0,07 | 0,54 |
| 13 | Industrie edilizie | 3,14 | 3,53 | 2,24 | 4,60 | 3,15 |
| 14 | Industrie chimiche | 3,79 | 5,38 | 32,89 | 0,77 | 6,99 |
| 15 | Industrie metallurgiche | 6,55 | 6,46 | 6,47 | 0,73 | 6,36 |
| 16 | Industrie meccaniche ed affini | 8,17 | 3,90 | 3,72 | 1,24 | 6,78 |
| 17 | Industrie elettrochimiche ed elettrometallurgiche | 23,19 | 24,47 | 11,11 | 38,17 | 22,60 |
| 18 | Industrie del legno | 0,80 | 1,19 | 0,18 | 0,91 | 0,81 |
| 19 | Agricoltura | 1,23 | 1,01 | 0,76 | 3,63 | 1,21 |
| 20 | Riscaldamento industriale | 1,44 | 1,79 | 0,32 | 0,08 | 1,34 |
| 21 | Trazione | 8,53 | 10,25 | 6,95 | 7,07 | 8,62 |
| | PERCENTUALE DEL CONSUMO IN RAPPORTO AL TOTALE DEL REGNO | 69,67 | 17,19 | 10,35 | 2,79 | 100,00 |

Fonte: *UNFIEL.*

(1) Effettuata in case d'abitazione, uffici, negozi, magazzini e piccole industrie che impiegano meno di 20 kW.

(2) Diverse dall'illuminazione.

* Le percentuali si riferiscono ai consumi totali dell' Italia Settentrionale, Centrale, Meridionale e Insulare.

N.B. La tabella tiene conto solo dei dati ricevuti dalle Imprese private e dalle FF. SS.; non sono ancora pervenuti i dati relativi alle Aziende Elettriche Municipalizzate.

riore ai 120 000 V ed alcune nuove linee delle Ferrovie dello Stato.

La Tabella XXXII porta, aggiornate, le notizie relative alle linee con tensioni superiori ai 120 000 V.

## VII. – L'IMPIEGO DELL'ENERGIA.

### Suddivisione dei consumi.

Una indagine sui consumi durante il 1931, che sarà seguita da indagini analoghe negli anni venturi, ha dato buoni risultati. Essi si riassumono nella Tabella XXXIII.

Purtroppo non si sono ancora potuti avere i dati relativi alle Aziende municipalizzate, cosicchè le cifre potranno subire ancora qualche leggera alterazione, sopratutto nei consumi per illuminazione e in genere per gli impieghi domestici.

Il consumo prevalente è quello delle *industrie elettrochimiche ed elettrometallurgiche* (22,60 %, cioè quasi un quarto del totale). Nelle Isole tale consumo raggiunge quasi i due quinti del totale. Questa cifra conferma quanto è stato detto nella parte relativa alla vendita dell'energia (pag. 669).

Seguono le *industrie tessili e manifatturiere* col 12,20 % (16,05 % nell'Alta Italia), poi la *trazione* (8,62 %), indi l'*illuminazione privata* (7,53 %). Per *consumo per illuminazione privata* in questa statistica si intende quella effettuata in case d'abitazione, uffici, negozi, magazzini e piccole industrie che impiegano meno di 20 kW. L'illuminazione dei grandi opifici è stata calcolata in blocco insieme con la forza motrice. La ragione di tale divisione si trova nel regime fiscale: il consumo degli utenti della prima classe viene tassato attraverso l'Impresa fornitrice, quello degli utenti della seconda viene tassato direttamente e sfugge al controllo delle Imprese, presso le quali furono assunti i dati statistici.

La percentuale complessiva, con le Aziende municipali, sarà certo più alta, queste ultime fornendo principalmente energia per luce.

Le percentuali minime sono date dalle *industrie grafiche* (0,25 %), dell'*abbigliamento* (0,47 %) e dalle *ceramiche e vetrarie* (0,54 %).

In complesso le industrie (escluse le elettrochimiche) consumano il 55,13 %.

L'illuminazione pubblica è di poco inferiore al 2 %: le applicazioni agricole dànno l'1,21 %, nuova conferma della loro modesta importanza e dell'impossibilità che esse possano mai avere un peso sensibile sul consumo totale.

Interessante è l'esame dettagliato di tali consumi (Tabelle XXXIV, pagg. 684-685, e XXXV, pag. 687). Le cifre smentiscono molte affermazioni e accuse contro l'industria comparse da tempo in varie occasioni e sopratutto sulla stampa: l'Italia è evidentemente alla testa delle nazioni europee per questo genere di applicazioni nonostante che i consumi siano assai modesti. Si noti che da noi non si considerano, come si fa in altri paesi, quali *applicazioni agricole* tutte quelle che si effettuano fuori dalle città, siano esse domestiche, industriali o rurali: ma solo quelle che si riferiscono alla lavorazione del suolo ed alla prima preparazione dei prodotti, escluse le industrie agricole.

Alla testa del consumo agricolo sta il *sollevamento d'acqua per irrigazione* (53,600 milioni di kWh nel 1931 contro 35,540 nel 1930). Circa 176 000 ettari sono irrigati con acqua sollevata da motori elettrici.

Le *bonifiche* (impianti idrovori) consumarono 21,1 milioni di kWh nel 1931 contro 23,7 nel 1930, sebbene la potenza installata sia salita da 35 544 kW a 38 565 kW. L'*aratura*, estesa a circa 8000 ettari, ha consumato 1,353 milioni di kWh (170 kWh per ettaro: cifra notevolmente superiore a quella risultante da esperimenti isolati, anche perchè vi sono compresi oltre ai consumi per *aratura* anche quelli per *dissodamento*).

La media generale delle applicazioni agricole dà una utilizzazione di 598 ore annue. Le utilizzazioni singole offrono un mas-

TABELLA XXXV.

APPLICAZIONI ELETTRO-AGRICOLE

| | N.º impianti | | Potenza installata kW | | Energia erogata kWh | | Ore di utilizzazione | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 |
| Impianti di sollevamento d'acqua per irrigazione | 15 259 | 18 692 | 55 901 | 67 005 | 35 540 493 | 53 600 488 | 635 | 797 |
| Impianti idrovori di bonifica | 251 | 280 | 35 544 | 38 565 | 23 700 329 | 21 106 038 | 666 | 547 |
| Impianti di trebbiatura e sgranatura | 1 628 | 1 838 | 18 010 | 22 036 | 4 463 880 | 5 333 445 | 247 | 242 |
| Impianti di elettro-aratura | 48 | 78 | 2 136 | 2 964 | 1 487 782 | 1 353 295 | 697 | 456 |
| Pompe per usi di fattoria | 2 536 | 2 511 | 2 068 | 2 324 | 839 840 | 1 170 122 | 406 | 503 |
| Impianti per trinciatura, pressatura ecc. della paglia e dei foraggi | 2 341 | 3 119 | 2 221 | 3 555 | 408 088 | 726 892 | 183 | 204 |
| Impianti per molitura e tritatura tutoli, becchime, frantoi per olive e panelli, pigiatrici, torchi | 2 820 | 3 472 | 12 540 | 14 453 | 3 527 028 | 3 677 260 | 281 | 254 |
| Impianti per la lavorazione del latte | 1 370 | 2 039 | 2 093 | 3 584 | 2 694 229 | 4 815 933 | 1 287 | 1 343 |
| Applicazioni termiche varie (scalda acqua, caldaie per mangimi ecc.) | 258 | 269 | 1 232 | 1 163 | 1 329 624 | 429 212 | 1 079 | 369 |
| Impianti frigoriferi per usi di fattoria, per conservazione del latte, vino, frutta, verdura, uova | 178 | 230 | 343 | 788 | 648 329 | 1 307 577 | 1 890 | 1 659 |
| TOTALI | 26 689 | 32 528 | 132 088 | 156 437 | 74 639 622 | 93 520 262 | 565 | 598 |

Fonte: *UNFIEL*.

simo per i frigoriferi (1890 ore nel 1930 e 1659 ore nel 1931) ed un minimo per la trinciatura dei foraggi (183 ore nel 1930 e 204 ore nel 1931). Alcune utilizzazioni e specialmente quelle soggette a vicende climatiche, offrono sensibili differenze fra i due anni: altre, come la trebbiatura, offrono una utilizzazione sensibilmente costante. Alcune applicazioni, come il riscaldamento dei mangimi, sono in forte declino.

Le utilizzazioni così calcolate sono quelle *teoriche complessive* che si ottengono dividendo il totale dei consumi per il totale delle potenze installate.

Il miglioramento dell'utilizzazione oraria agricola è assai difficile a conseguirsi: anche una elettrificazione generale e completa delle campagne non l'aumenterebbe che in proporzioni assai piccole. Le lavorazioni più pesanti ed il sollevamento d'acqua sono legate al ciclo delle stagioni ed all'andamento del clima, che sono uguali per tutti gli utenti della stessa zona. Così le arature non si possono fare che in determinati mesi e la pompatura non si effettua che durante i periodi asciutti: per queste e per altre applicazioni la sovrapposizione dei carichi è inevitabile, e poco miglioramento può intervenire. Le applicazioni che si possono spostare nel tempo sono disgraziatamente di regola le più modeste e poco vantaggio può portare il loro spostamento. Se a queste si aggiungono altre circostanze inerenti ai bisogni dell'agricoltura, che portano ad esigere per essa una grande libertà d'impiego dell'energia, è facile persuadersi che ben poco si può sperare come futuro miglioramento dell'utilizzazione media oraria, la quale evidentemente tende a stabilizzarsi intorno alle 600 ore, subendo variazioni da un anno all'altro di poco conto per le compensazioni che naturalmente intervengono fra le varie applicazioni.

Un interessante paragone può istituirsi fra la divisione regionale dei *consumi* (Tabella XXXIII, pag. 686) e quella analoga della *produzione* quale si deduce dalla Tabella XXVIII (pag. 680).

| | Percentuali della produzione | Percentuali del consumo |
|---|---|---|
| Italia Settentrionale | 72,04 | 69,67 |
| Italia Centrale | 15,65 | 17,19 |
| Italia Meridionale | 9,54 | 10,35 |
| Italia Insulare | 2,77 | 2,79 |

Le Isole formano un gruppo autonomo che non riceve nè dà energia ad altri gruppi: infatti le due percentuali praticamente collimano. Fra gli altri tre avvengono scambi, e precisamente l'Italia Settentrionale produce più che non consumi (differenza del 2,37 %); l'Italia Centrale consuma più che non produca: essa riceve dall'Alta Italia il 2,37 % e cede all'Italia Meridionale il 0,81 %. Per tal modo l'Italia Centrale riceve al netto l'1,54 %. Queste cifre non vanno prese come di assoluta precisione, ma danno un'idea sufficientemente esatta dell'ordine di grandezza degli scambi. Questi ultimi calcolati direttamente in kWh risulterebbero effettivamente i seguenti (cifre di massima):

| | Milioni di kWh |
|---|---|
| dalla Svizzera all'Alta Italia | 175 |
| dall'Alta Italia alla Centrale | 265 |
| dalla Centrale alla Meridionale | 120 |

Quest'ultima cifra non è confrontabile con quelle analoghe date dal Servizio Idrografico perchè le Centrali dell'Abruzzo vi sono censite come *Italia Centrale*, laddove nelle statistiche della UNFIEL figurano come *Italia Meridionale*. Vi è una sconcordanza solo per la Meridionale (120 milioni effettivamente scambiati in luogo di 80 dati dalle percentuali): per l'Alta Italia e per la Centrale la concordanza esiste.

Il bilancio generale sarebbe quindi il seguente (Tab. XXXVI):

TABELLA XXXVI.

BILANCIO PER REGIONI DELLA PRODUZIONE E DEGLI SCAMBI

(cifre approssimative in milioni di kWh)

| REGIONI | Produzione | Importazione da altre regioni | Esportazioni verso altre regioni | Totale destinato al consumo della regione |
|---|---|---|---|---|
| Italia Settentrionale | 7 605 | 175 | 265 | 7 515 |
| Italia Centrale | 1 690 | 265 | 120 | 1 835 |
| Italia Meridionale | 1 030 | 120 | — | 1 150 |
| Italia Insulare | 300 | — | — | 300 |

TABELLA XXXVII.

## IMPORTAZIONI ED ESPORTAZIONI DI MATERIALI CHE INTERESSANO L'INDUSTRIA ELETTRICA DAL 1° GENNAIO A TUTTO IL 31 DICEMBRE 1930 E 1931

| N.° d'ordine | DENOMINAZIONE | Numero di Statistica | Unità | IMPORTAZIONE Quantità 1930 | IMPORTAZIONE Quantità 1931 | IMPORTAZIONE Importo in migliaia di Lire 1930 | IMPORTAZIONE Importo in migliaia di Lire 1931 | Unità | ESPORTAZIONE Quantità 1930 | ESPORTAZIONE Quantità 1931 | ESPORTAZIONE Importo in migliaia di Lire 1930 | ESPORTAZIONE Importo in migliaia di Lire 1931 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | MATERIALE PER APPLICAZIONI ELETTROMECCANICHE | | | | | | | | | | | |
| 1 | Ampolle per lampadine elettriche | 1597 ter | Q.li | 2 797 | 1 841 | 3 415 | 1 619 | Q.li | — | — | — | — |
| 2 | Carboni per forni elettrici ...... | 1495 | » | 22 561 | 18 427 | 9 713 | 6 854 | » | 1 121 | 1 004 | 248 | 250 |
| | » per lampade ad arco spazzole e simili .......... | 1496-1497 | » | 1 896 | 1 237 | 3 382 | 2 360 | » | 21 | 102 | 20 | 95 |
| 3 | Cavi isolati .................. | 2487-2488 | » | 2 296 | 2 779 | 2 109 | 2 069 | » | 21 029 | 40 827 | 9 442 | 13 276 |
| 4 | Fili isolati .................. | 2485-2486 | » | 1 738 | 2 451 | 2 785 | 3 323 | » | 7 552 | 15 812 | 7 985 | 9 330 |
| 5 | Tubi isolanti ................ | 2488*bis* (a-b-c) | » | 128 | 150 | 102 | 79 | » | 91 | 127 | 148 | 218 |
| 6 | Isolatori in porcellana ....... | 1555-1558 | » | 1 351 | 594 | 1 241 | 545 | » | 2 479 | 3 461 | 1 397 | 2 821 |
| | » in vetro ............ | 1589 | » | 112 | 56 | 80 | 52 | » | 373 | 463 | 152 | 213 |
| 7 | Lampade ad arco, ........... | 2483 | » | 8 | 7 | 40 | 41 | » | — | — | — | — |
| | » ad incandescenza .... | 2484 (a-b) | » | 2 920 | 1 036 | 24 061 | 11 028 | » | 1 323 | 963 | 8 040 | 4 525 |
| 8 | Accumulatori ................ | 1323 | » | 3 878 | 3 903 | 4 333 | 4 488 | » | 2 657 | 3 148 | 2 307 | 2 524 |
| | Parti per detti .............. | 1334 | » | 1 715 | 1 577 | 1 204 | 752 | » | 226 | 384 | 185 | 211 |
| 9 | Generatori di elettricità senza collettore .................. | 1320 | » | 14 004 | 8 069 | 24 244 | 13 217 | » | 1 918 | 2 737 | 2 481 | 2 382 |
| | Idem, con collettore .......... | 1321 | » | 12 771 | 6 277 | 30 831 | 16 984 | » | 23 815 | 17 278 | 29 977 | 20 329 |
| 10 | Trasformatori statici .......... | 1322 | » | 5 248 | 2 329 | 8 078 | 4 820 | » | 2 699 | 18.949 | 1 707 | 15 983 |
| 11 | Contatori elettrici ............ | 1378 | » | 1 602 | 874 | 6 833 | 4 223 | » | 295 | 344 | 592 | 823 |
| 12 | Apparecchi elettrici di misura .. | 1375 | » | 303 | 233 | 4 979 | 3 855 | » | 61 | 100 | 469 | 394 |
| | » » diversi .... | 1325 | » | 19 389 | 13 370 | 64 565 | 48 003 | » | 12 765 | 18 632 | 15 449 | 24 175 |
| | » » telef.-telegr. radio ...... | 1386 a | » | 16 392 | 8 788 | 88 766 | 56 298 | » | 721 | 1 378 | 3 594 | 6 351 |
| | » » vari ....... | 1386 b | » | 6 373 | 7 098 | 57 759 | 58 001 | » | 349 | 622 | 1 316 | 1 722 |
| | TOTALI ........... | — | Q.li | 117 482 | 81 096 | 338 520 | 238 611 | Q.li | 79 495 | 126 331 | 85 509 | 105 622 |
| | MATERIE PRIME. MATERIALI DI APPLICAZIONE MISTA | | | | | | | | | | | |
| 1 | Carbone fossile (escluso il coke) | 1515 | Tonn. | 9 805 488 | 8 893 418 | 1 210 741 | 977 357 | Tonn. | 43 276 | 49 765 | 5 991 | 6 636 |
| 2 | Olio minerale grezzo .......... | 1724 | Qli. | 964 389 | 1 015 183 | 34 847 | 26 191 | Q.li | 184 | 781 | 28 | 177 |
| | » » lubrificante ..... | 1725 | » | 849 471 | 729 285 | 131 499 | 92 198 | » | 51 193 | 36 708 | 10 094 | 5 774 |
| 3 | Alluminio in lingotti .......... | 1149 b | » | 5 131 | 10 320 | 4 038 | 7 977 | » | 4 143 | 26 713 | 3 141 | 20 072 |
| 4 | Rame in lingotti e in rottami . | 1111 | » | 530 316 | 533 817 | 315 089 | 209 453 | » | 13 778 | 5 815 | 5 458 | 1 485 |
| 5 | Turbine idrauliche ........... | 1225 | » | 638 | 287 | 760 | 288 | » | — | 193 | — | 164 |
| 6 | Macchine a vapore alternative.. | 1221 | » | 1 480 | 6 292 | 1 324 | 3 675 | » | 125 | 81 | 32 | 92 |
| | » » turbine..... | 1224 | » | 3 221 | 1 887 | 5 504 | 3 595 | » | — | 280 | — | 368 |
| 7 | Caldaie a vapore ............ | 1229-1231 | » | 16 118 | 1 960 | 8 529 | 971 | » | 1 037 | 1 695 | 599 | 910 |
| 8 | Motori a combustione interna .. | 1222 | » | 14 346 | 19 400 | 19 094 | 22 256 | » | 6 210 | 4 838 | 4 285 | 2 964 |
| 9 | Pompe centrifughe ........... | 1278 | » | 3 919 | 2 233 | 6 520 | 3 231 | » | 667 | 1 312 | 609 | 1 277 |
| | TOTALI ........... | — | Q.li | 100 443 909 | 91 254 844 | 1 737 945 | 1 347 192 | Q.li | 510 097 | 576 066 | 30 237 | 39 919 |

Fonte: *Ministero delle Finanze.*

TABELLA XXXVIII.

BILANCIO DELLE IMPORTAZIONI ED ESPORTAZIONI DEL MACCHINARIO E MATERIALE ELETTRICO
(in migliaia di Lire)

| DENOMINAZIONE | Importazione (—) | | Esportazione (+) | | Differenza fra importaz. ed esportazione | | 1931 rispetto al 1930 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | Miglioramento | Peggioramento |
| Ampolle per lampade elettriche | 3 415 | 1 619 | — | — | — 3 415 | — 1 619 | 1 796 | — |
| Carboni per forni elettrici | 9 713 | 6 854 | 248 | 250 | — 9 465 | — 6 604 | 2 861 | — |
| Carboni per lampade ad arco, spazzole e simili | 3 382 | 2.360 | 20 | 95 | — 3 362 | — 2 265 | 1 097 | — |
| Cavi isolati | 2 109 | 2 069 | 9 442 | 13 276 | + 7 333 | +11 207 | 3 874 | — |
| Fili isolati | 2 785 | 3 323 | 7 985 | 9 330 | + 5 200 | + 6 007 | 807 | — |
| Tubi isolanti | 102 | 89 | 148 | 218 | + 46 | + 129 | 83 | — |
| Isolatori in porcellana | 1 241 | 545 | 1 397 | 2 812 | + 156 | + 2 267 | 2 111 | — |
| » » vetro | 80 | 52 | 152 | 213 | + 72 | + 161 | 89 | — |
| Lampade ad arco | 40 | 41 | — | — | — 40 | — 41 | — | 1 |
| » ad incandescenza | 24 061 | 11 028 | 8 040 | 4 525 | —16 021 | — 6 503 | 9 518 | — |
| Accumulatori | 4 333 | 4 488 | 2 307 | 2 524 | — 2 026 | — 1 964 | 62 | — |
| Parti per detti | 1 204 | 752 | 185 | 211 | — 1 019 | — 541 | 478 | — |
| Generatori di elettricità senza collettore | 24 244 | 13 217 | 2 481 | 2 382 | —21 763 | —10 835 | 10 928 | — |
| Idem, con collettore | 30 831 | 16 984 | 29 977 | 20 329 | — 854 | + 3 345 | 4 199 | — |
| Trasformatori statici | 8 078 | 4 820 | 1 707 | 15 983 | — 6 371 | +11 163 | 17 534 | — |
| Contatori elettrici | 6 833 | 4 223 | 592 | 823 | — 6 241 | — 3 400 | 2 841 | — |
| Apparecchi elettrici di misura | 4 979 | 3 855 | 469 | 394 | — 4 510 | — 3 461 | 1 049 | — |
| » » diversi | 64 565 | 48 003 | 15 449 | 24 175 | —49 116 | —23 828 | 25 288 | — |
| » » radio | 88 766 | 56 298 | 3 594 | 6 351 | —85 172 | —49 947 | 35 225 | — |
| » » vari | 57 759 | 58 001 | 1 316 | 1 722 | —56 443 | —56 279 | 164 | — |
| Turbine idrauliche | 760 | 288 | — | 174 | — 760 | — 114 | 646 | — |
| TOTALI | 339 280 | 238 909 | 85 509 | 105 787 | —253 771 | —133 122 | 120 650 | 1 |

Fonte: *Ministero delle Finanze.*

TABELLA XXXIX.

LAMPADE ELETTRICHE PRODOTTE IN ITALIA NEGLI ANNI 1929-30-31

| MESI | 1929 | 1930 | 1931 |
|---|---|---|---|
| Gennaio | 1 827 809 | 2 074 326 | 2 213 250 |
| Febbraio | 1 802 615 | 1 961 436 | 1 750 818 |
| Marzo | 1 833 835 | 2 093 969 | 1 936 403 |
| Aprile | 1 369 976 | 1 984 221 | 1 845 914 |
| Maggio | 2 569 990 | 2 283 354 | 1 729 748 |
| Giugno | 1 710 836 | 1 852 899 | 1 660 437 |
| Luglio | 1 921 702 | 2 329 544 | 2 080 561 |
| Agosto | 1 388 488 | 1 598 062 | 1 257 529 |
| Settembre | 1 779 672 | 2 358 290 | 2 010 833 |
| Ottobre | 2 034 292 | 2 455 922 | 2 073 066 |
| Novembre | 2 044 600 | 2 138 524 | 2 017 174 |
| Dicembre | 2 190 281 | 2 222 736 | 1 724 504 |
| TOTALI | 22 474 096 | 25 353 283 | 22 300 237 |

Fonte: *Ministero delle Finanze.*

TABELLA XL.

PROVENIENZA DELLE LAMPADE IMPORTATE NELL'ANNO 1931

| PAESI DI PROVENIENZA | Pesanti fino a 70 gr. | | Pesanti più di 70 gr. | |
|---|---|---|---|---|
| | Numero | Valore L. | Numero | Valore L. |
| Austria | 555 899 | 498 150 | 15 728 | 57 185 |
| Francia | 92 910 | 319 268 | 560 | 33 218 |
| Germania | 3 486 701 | 3 741 562 | 121 564 | 1 045 245 |
| Gran Bretagna | 51 132 | 83 504 | 677 | 17 240 |
| Jugoslavia | 3 110 | 9 000 | — | — |
| Paesi Bassi | 603 306 | 3 732 053 | 15 156 | 150 570 |
| Svizzera | 3 553 | 11 305 | — | — |
| Ungheria | 555 212 | 1 118 399 | 14 634 | 95 224 |
| Giappone | 40 206 | 42 980 | — | — |
| Stati Uniti | 32 913 | 57 975 | 379 | 15 500 |
| TOTALI | 5 424 942 | 9 614 196 | 168 698 | 1 414 182 |

Fonte: *Ministero delle Finanze.*

## VIII - GLI SCAMBI CON L'ESTERO DI MATERIALE ELETTRICO.

### Importazioni ed esportazioni.

La Tabella XXXVII (pag. 688) contiene le notizie relative alle importazioni ed esportazioni negli anni 1930 e 1931 dei materiali che interessano l'industria elettrica. La Tabella XXXVIII porta un bilancio delle importazioni ed esportazioni sempre per gli anni 1930 e 1931. Da questo confronto risulta che nel 1931 la nostra bilancia commerciale per questo ramo ha avuto un miglioramento di circa 120 milioni di lire.

### Lampade elettriche.

Le Tabelle XXXIX e XL danno le notizie relative alla produzione ed importazione delle lampade elettriche per gli anni 1929, 1930 e 1931. Da esse si può rilevare come nel 1931 la produzione nazionale sia diminuita sensibilmente scendendo sotto a quella del 1929. Lo stesso andamento, assai più accentuato, si è avuto anche per quanto riguarda la importazione, mentre l'esportazione è lievemente aumentata. Questi fatti indicano una sensibile diminuzione nel consumo delle lampade, che trova il suo riscontro nella consimile diminuzione avvenuta nel consumo di energia per illuminazione.

ING. ETTORE CESÀRI.

ING. CARLO PALESTRINO
DIRETTORE CENTRALE SOCIETÀ IDR. PIEMONTE

# Le perdite per effetto corona sulle linee ad altissima tensione

*Rapporto presentato al IV Congresso della «Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique»*

Parigi, luglio 1932

## PARTE I.

### Generalità.

Le esperienze che sono state eseguite per determinare le perdite per effetto corona sulle grandi linee di trasporto della S.I.P. a 220 kV e 130 kV hanno dato la possibilità di ricavare dati assai interessanti il pratico esercizio delle linee ad altissima tensione.

Tralasciando di parlare delle altre ricerche fatte nello stesso tempo per determinare le correnti di capacità, le correnti a terra, l'induttanza, ecc. diremo che le misure eseguite miravano non solo a determinare i valori effettivi delle perdite per effetto corona, ma essenzialmente a indagare e stabilire come tali perdite variassero col variare della temperatura, come dipendessero dalle condizioni metereologiche e quale influenza avessero su tali perdite il giorno e la notte.

Queste prove furono particolarmente eseguite sulla linea a 220 kV che unisce la centrale di Cardano alla grande cabina di Cislago.

La fortunata circostanza che per un lungo periodo di tempo tale linea aveva potuto restare fuori servizio durante la notte e nei giorni festivi, permise di realizzare questo interessante programma di esperienze e ricavare risultati veramente utili.

Bisogna però subito notare, che le misure eseguite sono misure di carattere industriale e quindi non possono avere pretesa di assoluta esattezza. Si comprende come per l'altissima tensione in giuoco non fosse possibile istallare apparecchi sull'alta tensione, tanto più che le prove si eseguivano nei frattempi disponibili dell'esercizio.

Le misure sono state fatte quindi tutte sulla bassa tensione e riferite all'alta deducendo le perdite nei trasformatori elevatori, le perdite in linea per le correnti di capacità, e introducendo rapporti di trasformazione più volte controllati ed esattamente stabiliti.

D'altra parte si può sostenere che per tali generi di misure i valori assoluti non hanno un'importanza capitale, dato che i valori che si deducono dalle esperienze sono variabilissimi da giorno a giorno, da ora in ora, giacchè i fattori che possono influire sono dipendenti da una quantità di circostanze assai mutevoli.

Basti accennare al fatto che durante le prove, tempo sereno alla stazione generatrice non era quasi mai in concordanza con pari tempo sereno alla ricevitrice; lo stesso dicasi delle temperature variabilissime lungo la linea, per effetto dell'altitudine e delle condizioni metereologiche.

Solo in pochi casi si è potuto avere pioggia abbondante su tutto il percorso e dai valori delle perdite, in tal caso assai rilevanti, si è potuto desumere quale importanza abbia il tempo piovoso su la totale perditanza, dato che gli isolatori durante la pioggia fanno aumentare considerevolmente il valore della conduttanza a terra.

La linea a 220 kV sulla quale sono state fatte la più parte delle esperienze è una modernissima arteria del gruppo S.I.P. destinata al trasporto di 150 000 kW. È una linea ad una sola terna, e quindi le esperienze fatte si limitano al valore totale di perdita per una terna; tuttavia il grande numero di dati ricavati in condizioni di tempo diversissime, ha permesso di tracciare delle curve che, come si è detto, se non esatte nel valore assoluto, sono molto istruttive per i valori relativi alle varie condizioni metereologiche e climateriche. Le curve segnate nel diagramma della fig. 11 sono il compendio di tutte le misure eseguite, e danno un'idea della variabilità di tali perdite.

Sulla linea della Valtellina a 130 kV invece si sono compiute esperienze notevoli sul valore delle perdite per effetto corona su linee a doppia terna. Si sono determinate le perdite per ogni terna e le perdite per terne accoppiate, ricavando anche, nei limiti delle possibilità pratiche, l'influenza della disposizione delle fasi reciproche sul palo.

Questa determinazione è riuscita molto interessante perchè si è potuto ricavare che, se la disposizione dei conduttori non ha grande influenza sulle perdite per effetto corona, pur tuttavia risulta che la disposizione che dà le minori perdite per effetto corona corrisponde a quella della maggior induttanza e viceversa (vedi diagrammi della fig. 14).

Sulla stessa linea della Valtellina, nell'eseguire le ricerche di cui si è detto, si è potuto venire alle constatazione delle perdite supplementari delle quali parla il Peek nella sua magistrale trattazione sui fenomeni dielettrici delle linee ad alta tensione.

Le linee della Valtellina al tempo delle prove erano tesate già da molti mesi, e perciò il fenomeno delle perdite supplementari si è reso palese, dipendentemente dallo stato della superficie dei conduttori. Si sono in effetto riscontrate perdite per effetto corona superiori alle previste in proporzioni tali da poterne ricavare dati abbastanza coincidenti con quelli che si deducono dalle formule del Peek per le perdite supplementari.

Le stesse misure sono state fatte sulla linea della Val d'Aosta, linea a 130 kV, pure a doppia terna del tutto simile per disposizione a quella della Valtellina, ma di minor lunghezza in km. Per quest'ultima linea le perdite supplementari non si sono pa-

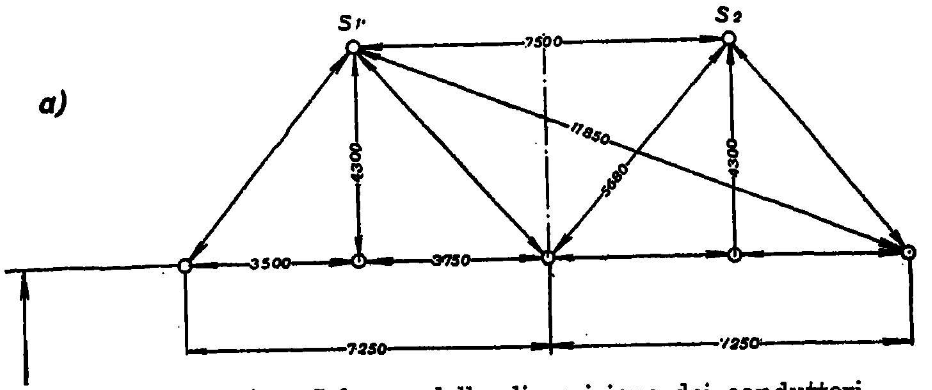



Fig. 1 *a*). - Schema della disposizione dei conduttori e dei fili di terra.

(*h* = m 13 è la distanza media del conduttore rispetto alla terra tenendo conto della catenaria).

lesate, dato che i conduttori da breve tempo tesati erano ancora in perfetto stato di conservazione e ben lucidi.

Sommariamente esposti i concetti generali è utile dare gli elementi principali delle linee sulle quali sono state eseguite le misure.

### Linea dalla centrale Cardano alla cabina Cislago.

Lunghezza 243 km, tensione 220 kV, frequenza 50 periodi, distanza dei conduttori m 7,25. Tutti e tre i conduttori in un piano parallelo al suolo. Conduttori di 248/10 di mm di diametro. Conduttori in alluminio (km 170 di alluminio acciaio

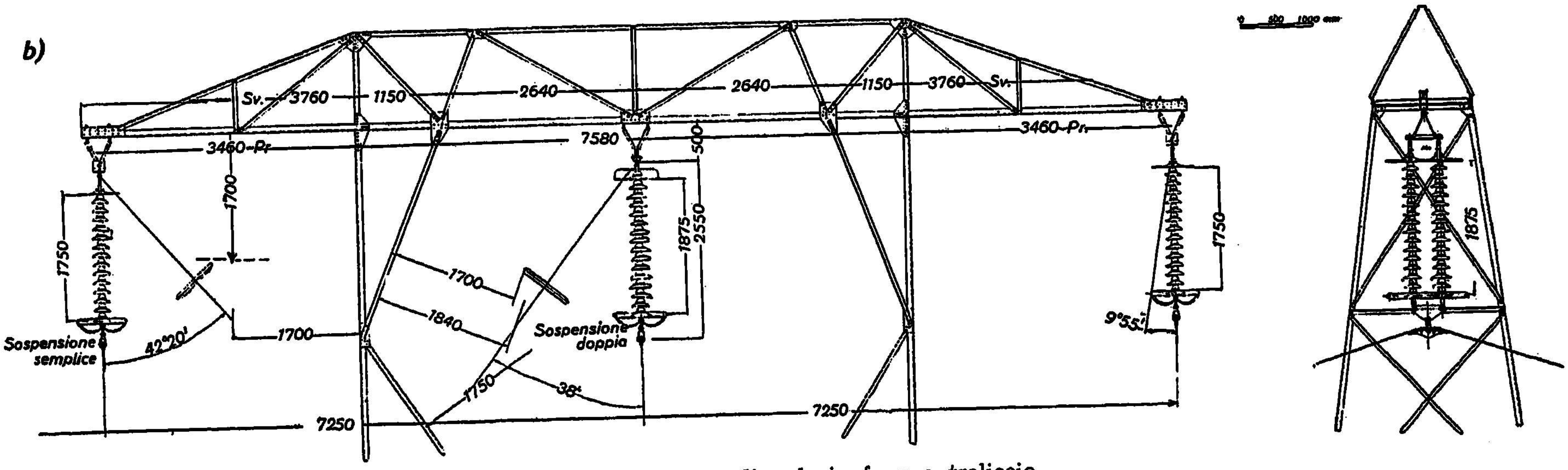



Fig. 1 *b*). - Testa di palo in ferro a traliccio.

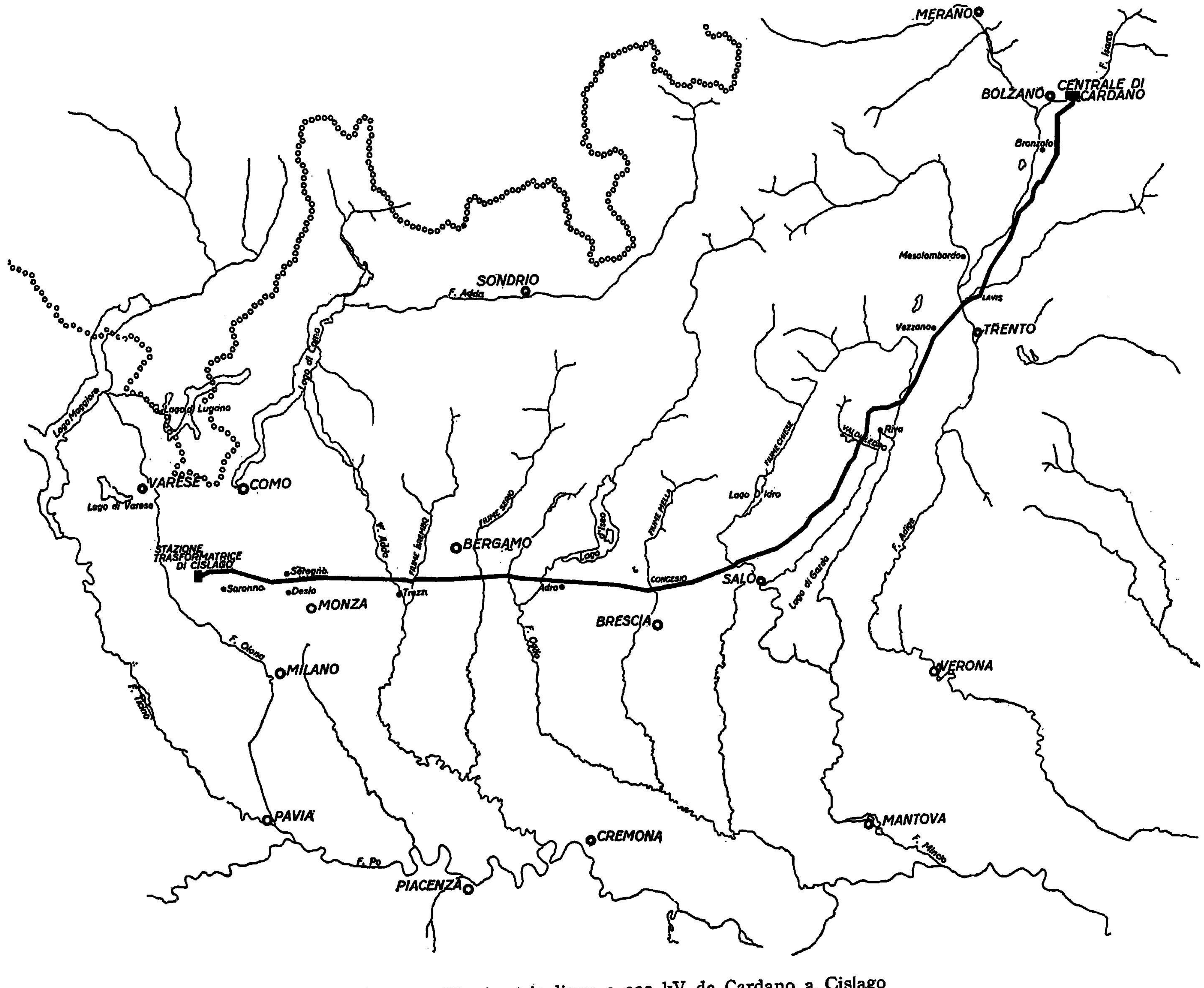



Fig. 2. - Planimetria linea a 220 kV da Cardano a Cislago

e km 73 di alluminio Alldrey). Catene di isolatori di 15 elementi, ammarraggi con 16 elementi e 17 elementi per catene doppie. Due conduttori di terra paralleli ai conduttori e sovrastanti. Vedi figg. 1 *a*), 1 *b*).

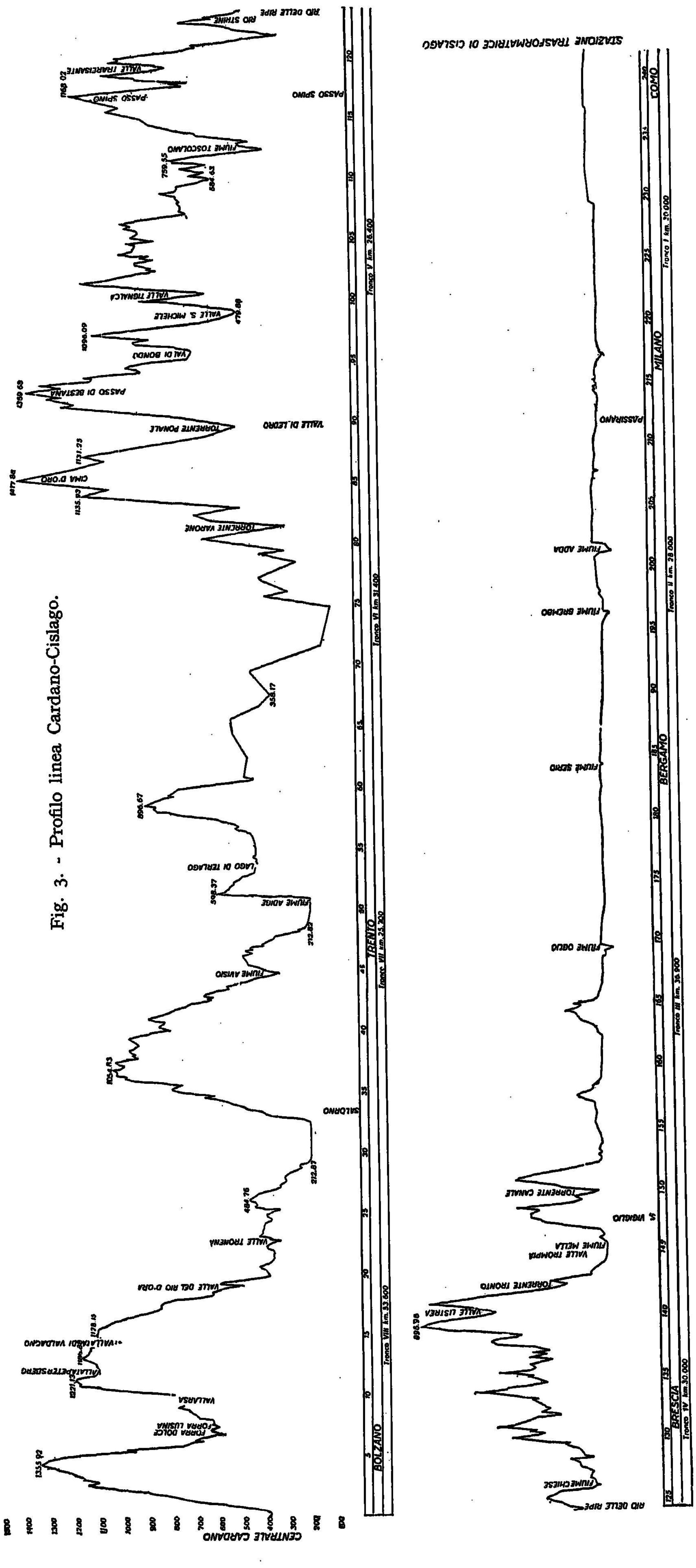



Fig. 3. - Profilo linea Cardano-Cislago.

La fig. 2 dà la planimetria della linea, mentre il profilo altimetrico della linea è quello corrispondente alla fig. 3. Come si vede dal profilo, la linea si svolge per circa 150 km in zona montuosa, raggiungendo subito i 1360 metri presso Monte Rosso, toccando poi la massima quota di 1418 metri presso Cima d'Oro e i 1404 metri in vicinanza del Passo di Traversole, e mantenendosi per un percorso di circa km 6,75, a quota superiore ai 1000 m. Oltrepassato il Chiese raggiunge ancora i 1000 metri, per scendere poscia decisamente alla pianura. Nella zona montuosa non poche campate superano i 500 metri ed una, quella che attraversa la Vallarsa, raggiunge i 933 m. La campata sull'Adige è lunga m 456 con m 215 di dislivello. La linea è divisa in sei tratte con cinque sezionamenti, di cui due con cabine. La fig. 4 dà il disegno schematico del palo normale in traliccio di ferro.

Sono pure stati previsti cinque incroci, ciascuno composto di due pali speciali in modo da avere fra Cardano e Cislago due rotazioni complete delle fasi.

Per l'elevata tensione di esercizio ha molta importanza il profilo altimetrico, perchè dall'altezza sul livello del mare della linea, dipende il valore della tensione critica, e di conseguenza per queste altissime tensioni varia notevolmente il valore dell'energia perduta per effetto corona, a parità di altre condizioni.

La linea agli effetti della precedente considerazione si può riassumere divisa nei seguenti tronchi di altitudine media:

| Altitudine in m s. m. | Lunghezze tronchi in km |
|---|---|
| da 200 a 400 | 122,85 |
| » 400 a 600 | 47,65 |
| » 600 a 800 | 24,65 |
| » 800 a 1000 | 19,45 |
| » 1000 a 1200 | 14,70 |
| » 1200 a 1400 | 13,70 |
| km ...... | 243,00 |

Di conseguenza il coefficiente di correzione per la tensione critica dell'aria in funzione della pressione barometrica e della temperatura, coefficiente che denominiamo *a*, assumerà i seguenti valori per le varie temperature e alle varie altitudini sul mare.

| Altitudine in m s. m. | Temperature | | |
|---|---|---|---|
| | 0° | 25° | 50° |
| 200–400 | 1,07 | 0,98 | 0,90 |
| 400–600 | 1,03 | 0,94 | 0,87 |
| 600–800 | 1 | 0,92 | 0,84 |
| 800–1000 | 0,98 | 0,89 | 0,82 |
| 1000–1200 | 0,94 | 0,86 | 0,80 |
| 1200–1400 | 0,92 | 0,84 | 0,78 |

Linea della Valtellina.

Questa linea parte dalla Centrale di Campocologno in territorio Svizzero e termina pure alla cabina di Cislago (fig. 5). I dati sono i seguenti: lunghezza totale km 148,5 dalla centrale a Cislago, tensione 130 kV, due terne di 120 mmq per 103 km e 105 mmq per km 45,5.

Disposizione dei conduttori come in figura 6.
Conduttore di terra sulla testa dei pali.
Catena di 9 elementi per le sospensioni semplici e 10 elementi per gli ammarraggi.

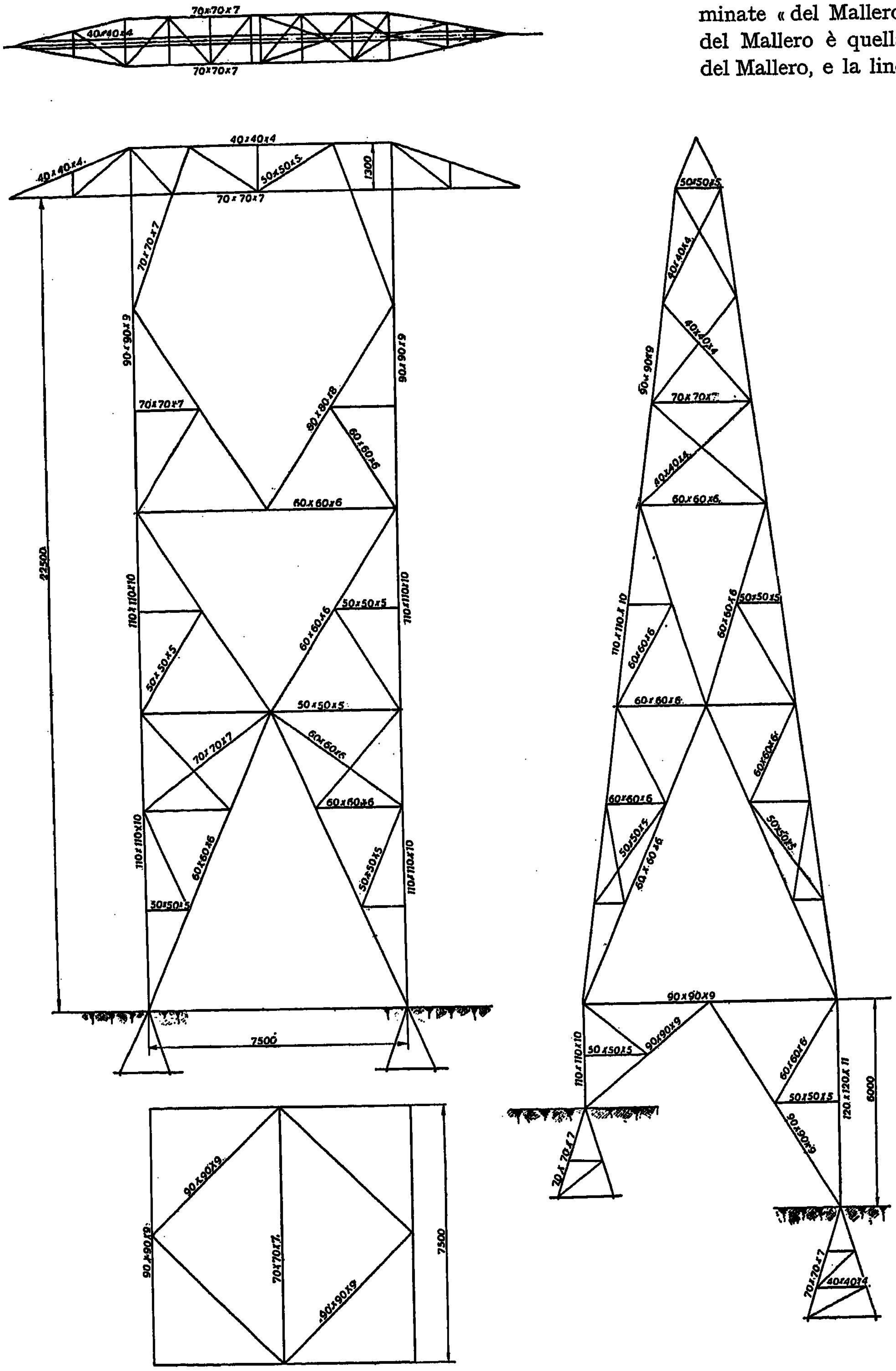



Fig. 4. - Sostegno normale in ferro, linea Cardano-Cislago.

Alla cabina Barzio, distante 52 km da Cislago, si connette un'altra linea a semplice terna che proviene dalle Centrali del Brembo, linea lunga km 34,4, costituita da conduttori di sezioni diverse di 134 mmq, 120 mmq e di 152 mmq per poter mantenere a tutte le altitudini la tensione critica fra 130 e 135 kV ammettendo un coefficiente di irregolarità $m = 0{,}85$. Questo tratto di linea sale ad una quota di 1650 m sul mare, (fig. 7), mentre la linea principale della Valtellina è ad una quota media di 500 m, e solo in un brevissimo tratto raggiunge i 900 m (fig. 8). Le prime misure furono fatte dalla Centrale del Mallero nel 1928, successivamente altre più complete esperienze vennero eseguite nell'anno successivo nella Centrale di Campocologno dal sottoscritto e dall'Ing. Crivellari, unitamente agli ingegneri Lusser e Raschle della «Forze Motrici» di Brusio. Le due linee a 130 kV che partono dalla Centrale furono denominate «del Mallero» e «di Carona» intendendo che la linea del Mallero è quella sulla quale era allora derivata la centrale del Mallero, e la linea di Carona quella sulla quale era derivata la linea di Carona. La derivazione per la centrale del Mallero è di km 1,6, mentre quella per Carona è di km 34,4.

Si comprende come le misure fatte su queste linee fossero influenzate dalle lunghezze delle singole derivazioni, giacchè la terna del Mallero risultava di km 150,1, mentre quella di Carona risultava di km 182,9 totali con altitudini di ca. 1700 metri per il tratto Barzio-Carona. Attualmente le centrali del Mallero e di Carona hanno linee separate e così arrivano a Cislago 4 terne a 130 kV, due delle quali partono da Campocologno, e sono le due primitive sulle quali sono state fatte le esperienze, e sono montate sulla stessa palificazione. La Centrale del Mallero si innesta a Sondrio su una terza terna su palificazione separata, e a Barzio si collega la linea di Carona su una quarta terna che collega così gli impianti del Brembo separatamente e direttamente alla cabina di Cislago. Sulla terna di Carona ora è collegata anche la nuova Centrale di Bordogna (vedi planimetria fig. 5).

### Linea della valle d'Aosta.

Parte dalla Centrale di Covalou, nella Valtournanche, e termina a Torino nella cabina di trasformazione detta Cabina Stura. Per questa linea i pali sono gli stessi della linea della Valtellina. La sezione dei conduttori è di 109 mmq per le due terne da Covalou a Torino, colle stesse disposizioni della linea della Valtellina. Lunghezza km 89,5.

Dalla centrale di Covalou la linea sale con una terna sola di 134 mmq alla centrale superiore di Maen per km 11,4, e raggiunge una quota di m 1300 (fig. 9). Un altro tratto di linea di km 4 circa si innesta a Verres sulla principale per collegare la Centrale di Isolaz nella valle dell'Evançon (fig. 10).

### Misura delle perdite per effetto corona sulla linea a 220 kV.

Nel volume VII de *L'Energia Elettrica*, febbraio 1930 sono stati pubblicati i calcoli e gli studi di progetto della linea dell'Isarco. Si è dimostrato come sia stato scelto e adottato per il calcolo delle perdite per effetto corona un valore del coefficiente $g$ medio kilometrico di $0{,}012 \; 10^{-6}$.

Rammentiamo che le perdite per effetto corona si esprimono con la nota formula

$$P = g\,V^2$$

dove $g$ è il coefficiente in parola, e $V$ la tensione fra le fasi, tensione d'esercizio.

Questa formula dà il valore della perdita per km, per i tre conduttori in funzione della tensione.

La formula del Peek, è invece la seguente:

$$p = K\,(E - E_c)^2$$

dove $E$ è la tensione di fase e $E_c$ è la tensione critica che si ricava dalla formula

$$E_c = 48{,}5\; m\,a\,r \log_{10} \frac{d}{r}$$

dove $m$ è il coefficiente d'irregolarità del conduttore, $a$ il coefficiente di correzione della pressione e della temperatura, $r$ il raggio del conduttore e $d$ la distanza ($r$ e $d$ in cm).

Il coefficiente $K$ è dipendente dal raggio e dalla distanza dei conduttori, dalla frequenza e dal coefficiente $a$.

$$K = \frac{241}{a}\,(f + 25)\sqrt{\frac{r}{d}}\;10^{-5}$$

quindi

$$p = \frac{241}{a}\,(f + 25)\sqrt{\frac{r}{d}}\;(E - E_c)^2\;10^{-5}\ \text{kW/km.}$$

Cotesta è la formula del Peek che dà le perdite per effetto corona, per conduttore e per km.

Evidentemente si ha che

$$P = 3p$$

Nel primitivo calcolo della linea si era adottato il valore di $g = 0{,}012\ 10^{-6}$ prefissando tale valore in modo che fosse compreso fra i valori corrispondenti per temperatura di 0° e

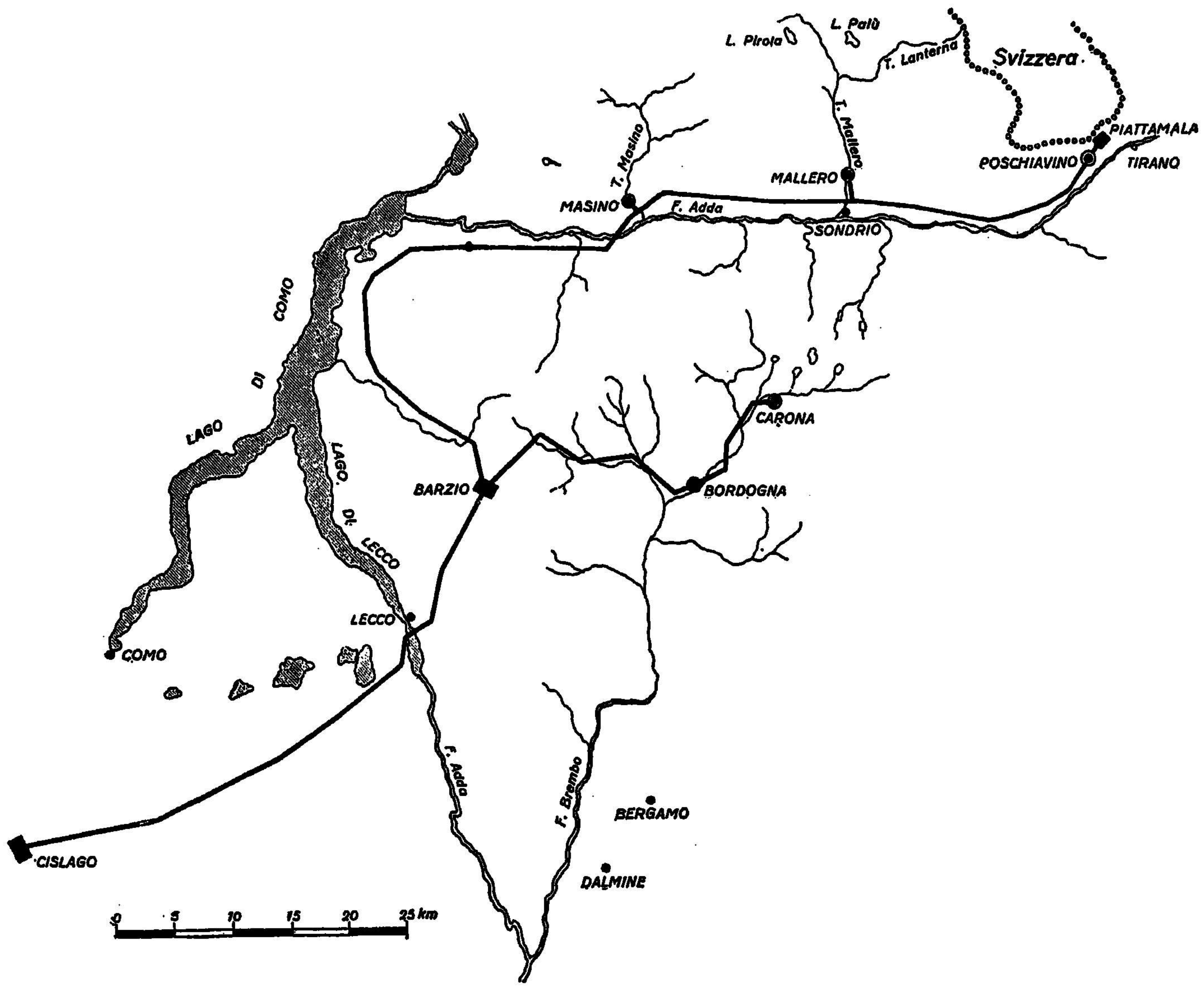



Fig. 5. - Planimetria linee a 135 kV Piattamala-Barzio-Cislago e Carona-Barzio.

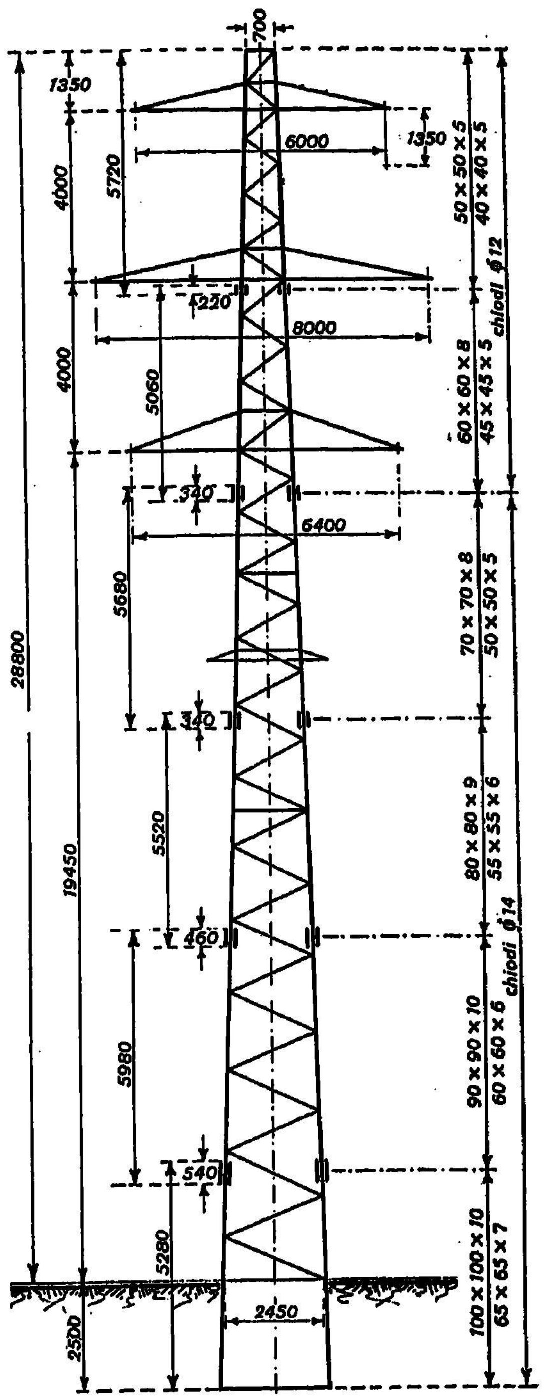


Fig. 6. - Palo normale della linea della Valtellina.

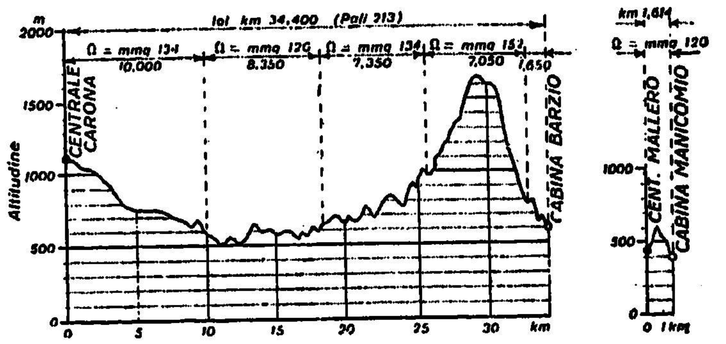


Fig. 7. - Profili linee a 135 kV Carona-Barzio e Mallero-Sondrio.

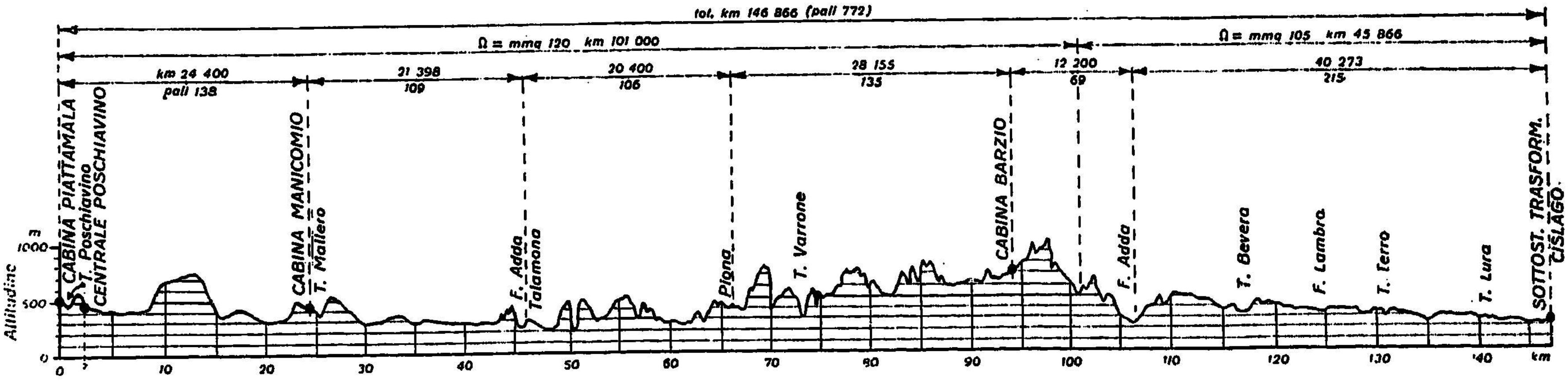


Fig. 8. - Profilo linea a 135 kV Piattamala-Sondrio-Barzio-Cislago.

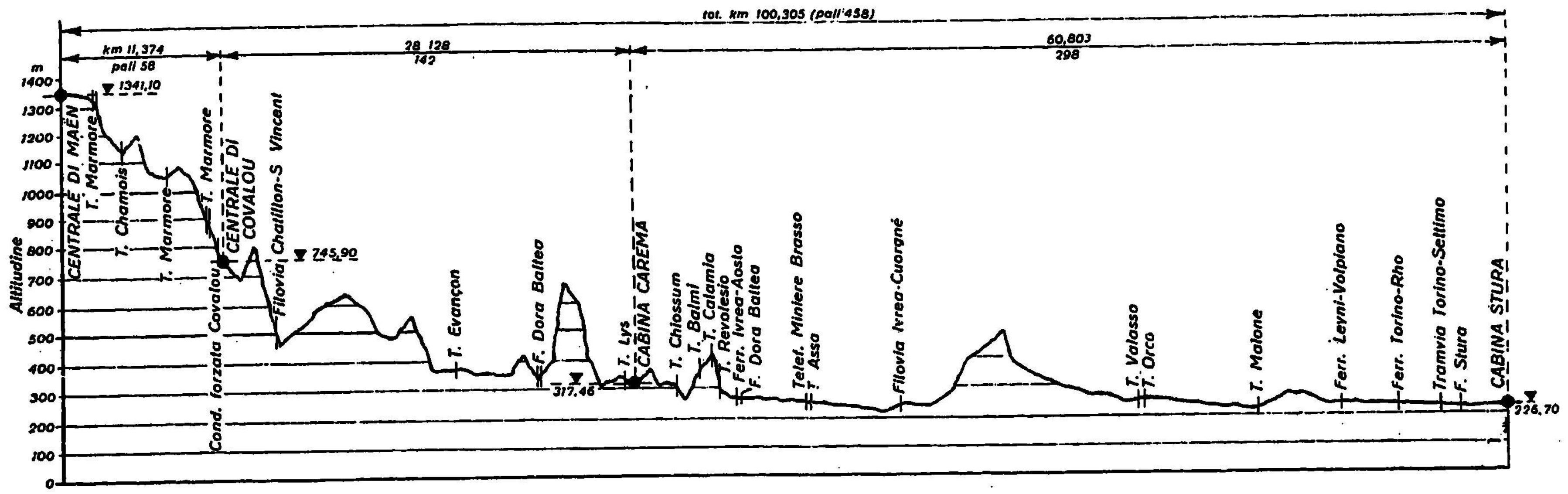



Fig. 9. - Profilo della linea della Valle d'Aosta.

temperatura di 50°,

$$g_0 = 0{,}00039 \ 10^{-6} \qquad g_{50} = 0{,}0341 \ 10^{-6}$$

Inoltre per tener conto anche della perdita sugli isolatori, perdita che varia dipendentemente dalle condizioni metereologiche, si era stimata in 74 kW tale perdita per tempo bello e in 222 kW per tempo piovoso (corrispondente a una perdita

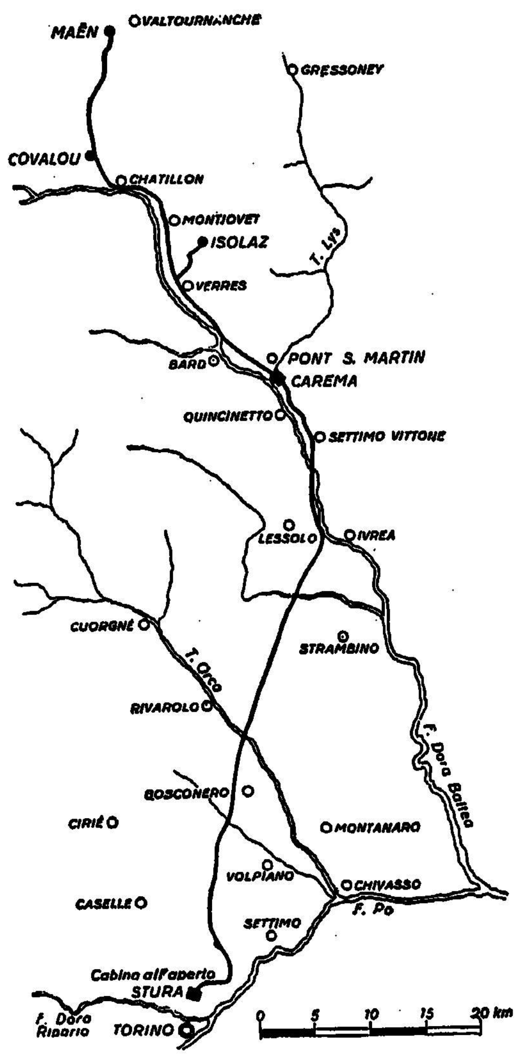



Fig. 10. - Planimetria della linea della Valle d'Aosta.

di 10 Watt e 30 Watt per catena rispettivamente per tempo bello e piovoso (v. *L'Energia Elettrica*, Marzo-Febbraio 1930).

Il valore di $g$ per kilometro corrispondente alle perdite sugli isolatori, risulta quindi 0,0068 $10^{-6}$ per tempo bello e 0,02 $10^{-6}$ per tempo piovoso.

Dimodochè $g$ può variare fra questi valori globali:

$t = 0°$ tempo bello $g_0 = (0{,}00039 + 0{,}0068) \ 10^{-6} = 0{,}00719 \ 10^{-6}$

$t = 0°$ » piovoso $g_0 = (0{,}00039 + 0{,}02) \ 10^{-6} = 0{,}02039 \ 10^{-6}$

$t = 50°$ » bello $g_{50} = (0{,}0341 + 0{,}0068) \ 10^{-6} = 0{,}0409 \ 10^{-6}$

$t = 50°$ » piovoso $g_{50} = (0{,}0341 + 0{,}02) \ 10^{-6} = 0{,}0541 \ 10^{-6}$

La media sarebbe di 0,03 $10^{-6}$

Questo valore, come si vedrà in seguito, è il valore medio che effettivamente si è riscontrato in pratica per tensione normale. Viceversa il valore che si era prescelto è risultato assai inferiore al vero. (Ciò dipende non solo dalle temperature, ma anche dalle irregolarità causate dalla morsetteria, bulloni, anelli ecc., che sono in tensione e delle quali non si era tenuto conto).

Dalle prime misure eseguite nei primi giorni del gennaio 1930, durante le prove preliminari della linea, per le perdite per tensioni crescenti furono riscontrati i seguenti valori (totale linea inserita):

| Tensione in kV | Perdite in kW | $g = \frac{P}{V^2} \ 10^{-6}$ | g/km |
|---|---|---|---|
| 200 | 165 | 4,1 $10^{-6}$ | 0,0167 $10^{-6}$ |
| 210 | 230 | 5,25 $10^{-6}$ | 0,0214 $10^{-6}$ |
| 220 | 380 | 7,82 $10^{-6}$ | 0,0318 $10^{-6}$ |
| 230 | 660 | 12,4 $10^{-6}$ | 0,0505 $10^{-6}$ |
| 240 | 1060 | 18,4 $10^{-6}$ | 0,075 $10^{-6}$ |
| 250 | 1740 | 27,8 $10^{-6}$ | 0,114 $10^{-6}$ |
| 260 | 2700 | 40 $10^{-6}$ | 0,164 $10^{-6}$ |

Come si vede il valore prescelto di $g = 0{,}012 \ 10^{-6}$ è inferiore al valore determinato coll'esperienza diretta, anche per la tensione minima di 200 kV.

Nel giorno della prova si aveva tempo bello e secco per una parte del percorso della linea e nebbia nella parte in pianura. Le perdite per effetto corona e sugli isolatori erano maggiori certamente per quest'ultimo tratto di linea.

Da molte altre misure eseguite durante il corso del 1930 si è potuto concludere che le perdite per effetto corona in condizioni normali si potevano ritenere comprese, per le varie tensioni, fra questi valori:

| Tensione in kV | Perdite in kW |
|---|---|
| 200 | 200÷400 |
| 210 | 220÷500 |
| 220 | 300÷600 |
| 230 | 450÷850 |
| 240 | 700÷1200 |
| 250 | 1200÷2000 |

I valori più elevati sono stati misurati di notte e durante l'estate, mentre i valori più bassi corrispondono a giornate invernali belle.

Se da questi valori in kW vogliamo dedurre il valore di $g$ corrispondente avremo:

| Tensione in kV | $g$ totale · 10⁻⁶ | $g$/km · 10⁻⁶ |
|---|---|---|
| 200 | 5÷10 | 0,02÷0,04 |
| 210 | 5÷11 | 0,02÷0,045 |
| 220 | 6,2÷12,2 | 0,025÷0,05 |
| 230 | 8,5÷16 | 0,034÷0,065 |
| 240 | 12,2÷20,6 | 0,05 ÷0,084 |
| 250 | 19,2÷32 | 0,078÷0,13 |

È intuitivo che questi risultati tengono conto anche delle perdite sugli isolatori e delle perdite per effetto corona su tutte le parti in tensione.

Durante i temporali, le perdite per effetto corona assumano valori anche superiori, ma in questi casi bisogna tener presente che la zona temporalesca può essere limitata a poche decine di km e, come molte volte è successo, può darsi che durante un imperversare di temporale in pianura, nella regione montana il tempo resti bellissimo e viceversa, e di conseguenza le perdite per effetto corona in totale risultano ridotte.

È superfluo ricordare che l'influenza del fattore $g$ per il calcolo è limitata e che col variare delle perdite per effetto corona il rendimento della trasmissione non viene alterato che di frazioni di percento, differenze quindi che non hanno alcuna importanza pratica: la stessa cosa dicasi per le cadute di tensione, per le quali $g$ ha ben poca influenza.

Altre esperienze furono eseguite durante il 1931, colle modalità già enunciate, e queste ultime esperienze hanno permesso di radunare nel diagramma della fig. 11 tutti i valori riscontrati nelle varie condizioni metereologiche. L'esame di cotesto diagramma è assai interessante e fa vedere quale forte influenza abbiano le condizioni di tempo e temperatura sulle perdite per effetto corona.

Esaminiamo queste curve con attenzione:

La curva *a a* si riferisce ad una giornata con pioggia su tutta la linea. La curva è stata tracciata per punti portando la tensione successivamente a 200, 220, 240 e 250 kV alla partenza. Questa curva dà come perdita valori notevoli che a 220 kV raggiungono i 1200 kW e alla tensione di 250 kV salgono a 2400 kW. (Bisogna ricordare che il valore del coefficiente Ferranti è 0,965 e quindi la tensione a vuoto si eleva lungo la linea del 4 % circa: le perdite crescono in proporzione).

La curva *b b* porterebbe alla deduzione che di notte le perdite sono superiori a quelle di giorno; basta infatti raffrontare i valori della *b b* con quelli della *g g* che è stata ricavata nelle pressochè identiche condizioni metereologiche, ma di giorno. Le perdite per effetto corona sarebbero dunque assai più elevate di notte che di giorno.

La differenza è dovuta probabilmente in maggior proporzione agli isolatori che durante la notte si inumidiscono dipendentemente dalle condizioni igrometriche normali della notte.

La stessa cosa dicasi per tutte le altre curve fino alle più favorevoli, quelle corrispondenti a cielo sereno per tutta la lunghezza della linea, per il quale caso le perdite sono molto basse e a 220 kV, tensione normale di esercizio, sono inferiori ai 100 kW (curva *l l*).

È particolarmente interessante la curva *c c* ottenuta in un giorno con tempo sereno a Cardano e coperto in pianura a Cislago. Col crescere della tensione le perdite durante le esperienze non crescevano come negli altri casi, dipendendo ciò dalle ottime condizioni dei conduttori nella zona montana per il tempo sereno e secco.

L'influenza della temperatura è resa palese dalle curve *f f* ed *h h* che danno per tempo sereno valori superiori alla curva *l l* pure per tempo sereno ma con temperatura più bassa (13°). Un giorno in cui il tempo era sereno alla partenza e temporalesco all'estremità di arrivo in Cislago si è avuta la curva *e e*

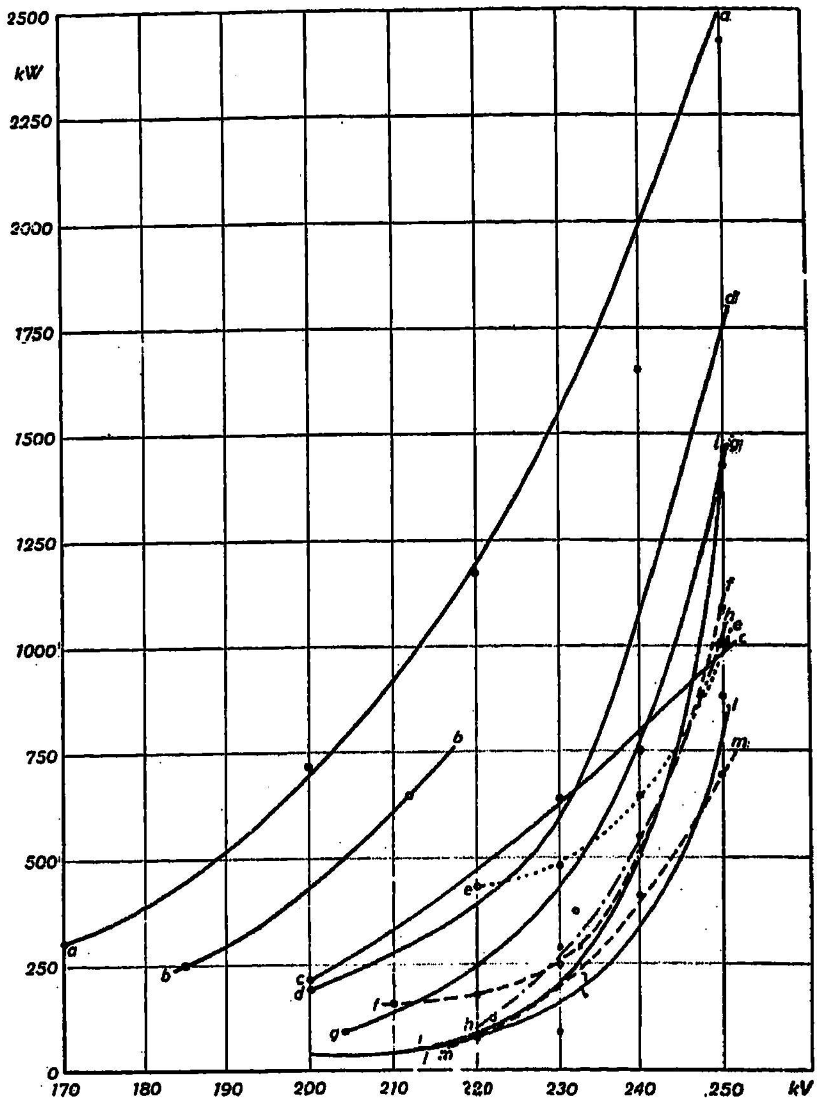



Fig. 11. - Perdite per effetto corona misurate sulla linea a 220 kV Cardano-Cislago nelle condizioni atmosferiche qui riportate.

| Diagramma | Condizioni atmosferiche a | | Temperatura a Cardano |
|---|---|---|---|
| | Cardano | Cislago | |
| *a a* | pioggia | pioggia | 18° |
| *b b* | coperto | nebbia | — |
| *c c* | sereno | semicoperto | 21° 5 |
| *d d* | sereno | pioggia | 5° |
| *e e* | sereno | temporale | 24° |
| *f f* | sereno | sereno | 33° |
| *g g* | coperto | semicoperto | 19° |
| *h h* | sereno | sereno | 33° |
| *i i* | sereno | temporale | 20° |
| *l l* | sereno | sereno | 13° |
| *m m* | coperto | coperto | 10° |

di andamento che si differenzia dalle altre curve, per una ragione intuitiva.

La curva *d d* corrisponde ad uno dei casi molto frequenti, cioè bel tempo in montagna e pioggia in pianura. L'aumento delle perdite è considerevole oltre i 235 kV per il fatto che, per effetto Ferranti, la tensione in pianura aumenta maggiormente che nella zona montana.

La curva *g g* è relativa ad una giornata di tempo coperto e con umidità relativa assai maggiore. E così dicasi per la curva *m m*.

La disparità dei valori misurati nelle varie condizioni e dai diagrammi messi in evidenza, dimostra come sia effettivamente difficile preventivare un esatto valore del coefficiente $g$ da introdurre nei calcoli.

# PARTE II.

## Misure sulla linea della Valtellina.

Una prima serie di esperienze erano state eseguite nel 1928 dall'Ing. Crivellari, facendo le misure dalla Centrale del Mallero, che fu la prima centrale a prendere servizio sulla linea della Valtellina a 120 kV. I risultati di coteste prime esperienze furono

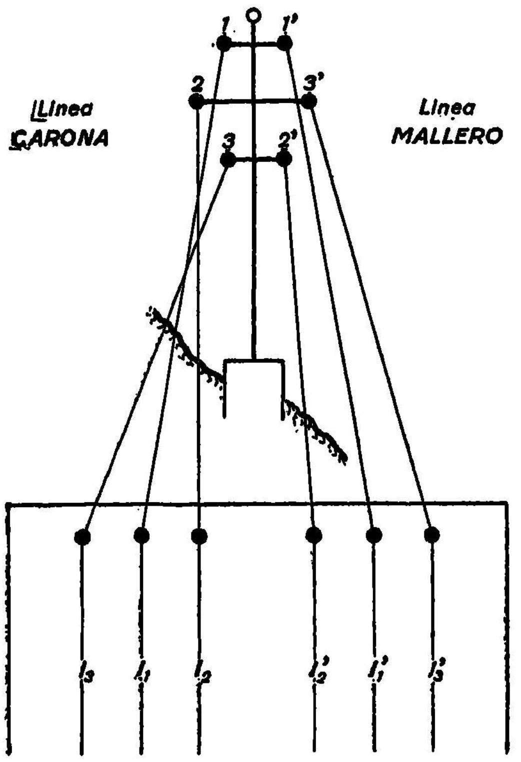



Fig. 12 *a*) - Disposizione normale dei conduttori delle linee del Mallero e di Carona.

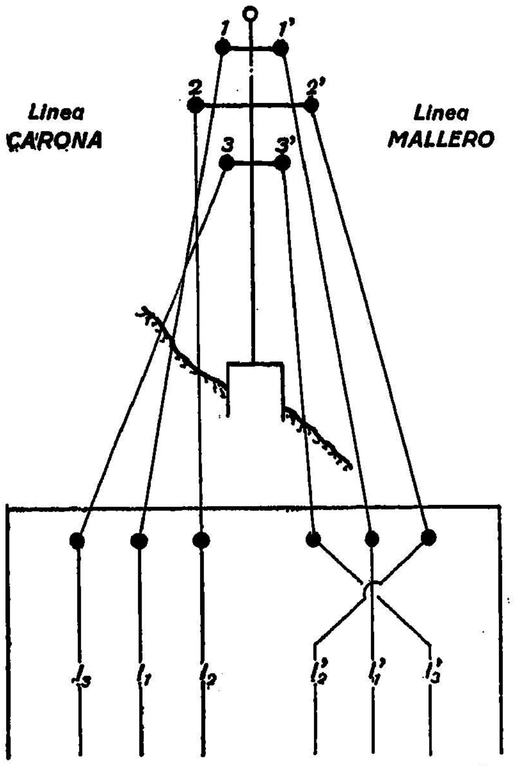
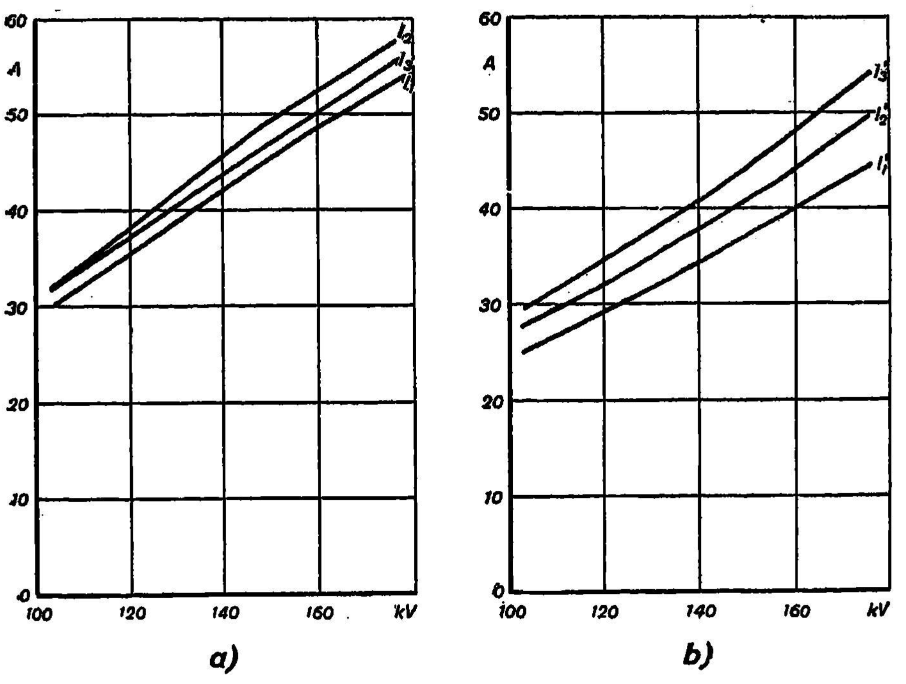



Fig. 12 *b*) - Disposizione per le prove (fasi 2' e 3' invertite).

oggetto di indagini e studii particolari perchè sulla linea in servizio si palesarono delle discrepanze tra i valori ottenuti colle misure dirette e quelli calcolati.




Figg. 13 *a*) e *b*) - Diagrammi delle correnti di capacità nei conduttori delle linee: *a*) di Carona, *b*) del Mallero.

Lo studio fu molto istruttivo perchè mise in evidenza il fenomeno delle perdite supplementari, di cui già si è accennato. I risultati di questi studi sono stati pubblicati dal sottoscritto e dall'ing. Crivellari sulla *Elettrotecnica*, numeri 5-15 giugno 1928. Quando la Centrale di Campocologno prese servizio a 130 kV sulla nuova grande linea a doppia terna che dalla Centrale arriva fino alla Sottostazione di Cislago, furono ripetute tali esperienze, e precisamente nei primi mesi del 1929 si rifecero nuove misure intese a determinare le perdite per effetto corona sulle due terne, particolarmente indagando l'influenza di una terna sull'altra, e l'influenza della disposizione delle fasi nelle due terne.

Le misure furono eseguite nella centrale di Campocologno colle solite modalità adoperando strumenti di precisione inseriti sulla bassa tensione. Per la misura delle correnti di capacità erano inseriti amperometri direttamente sui conduttori di ciascuna fase.

Le figure 12 *a*) e *b*) danno la disposizione delle fasi nelle due terne per le esperienze eseguite.

I diagrammi delle figg. 13 *a*) e *b*) sono relativi alle correnti di capacità nelle due linee colle fasi nella posizione normale. Come era a prevedersi la corrente di capacità è maggiore per i conduttori 2 (terna Carona) e 3' (terna Mallero), mentre i due conduttori superiori 1 e 1' hanno il minor valore di corrente di capacità.

Invertendo (fig. 12 *b*)) la posizione delle fasi 2' e 3' della linea del Mallero i valori delle correnti di capacità mutano assumendo i valori corrispondenti alla posizione centrale per la fase 2' e viceversa. Mettendo una delle terne a terra, o lasciandola isolata senza tensione, la variazione delle correnti di capacità sulla terna in esercizio è risultata di poca importanza.

Le tabelle che seguono danno i valori delle perdite per effetto corona misurati sulle due terne separatamente e colle due terne in tensione. I diagrammi della fig. 14 riassumono i valori delle perdite nei casi varii considerati.

## Perdite per effetto corona su linee a doppia terna.

I risultati delle misure sono i seguenti:

*a*) Sola linea del Mallero e linea di Carona isolata.

| Tensione in kV | kW misurati | kW (1) da dedurre | $P$ in kW |
|---|---|---|---|
| 137 | 152 | 202 | — |
| 146,5 | 208 | 223 | — |
| 157,5 | 318 | 264 | 54 |
| 164,5 | 498 | 289 | 209 |
| 173 | 1038 | 312 | 726 |
| 180 | 1840 | 336 | 1504 |
| 181 | 1925 | 341 | 1584 |

*b*) Le due terne inserite coi conduttori disposti come in fig. 12 *a*) (disposizione normale)

| Tensione in kV | kW misurati | kW da dedurre | $P$ in kW |
|---|---|---|---|
| 109 | 138,5 | 180 | — |
| 134,5 | 194 | 258 | — |
| 145 | 388 | 287 | 100 |
| 157,5 | 540 | 318 | 222 |
| 163,5 | 790 | 342 | 448 |
| 171,5 | 1285 | 362 | 923 |
| 180 | 2590 | 378 | 2218 |
| 187 | 3950 | 395 | 3555 |

(1) Nei kW da dedurre sono comprese le perdite nel ferro dei trasformatori, le perdite nel rame e le perdite per effetto Joule in linea della corrente di capacità.

*c*) Linea Carona inserita e linea Mallero esclusa.

| Tensione in kV | kW misurati | kW da dedurre | *P* in kW |
|---|---|---|---|
| 101 | 138,5 | 127 | — |
| 122,5 | 166 | 177 | — |
| 145,5 | 277 | 237 | 40 |
| 155 | 305 | 258 | 47 |
| 163,5 | 554 | 286 | 268 |
| 167,5 | 637 | 300 | 337 |
| 171 | 845 | 307 | 538 |
| 177 | 1525 | 325 | 1200 |
| 182 | 2240 | 336 | 1904 |

*d*) Linea Mallero e linea Carona inserite ma coi conduttori come in fig. 12 *b*).

| Tensione in kV | kW misurati | kW da dedurre | *P* in kW |
|---|---|---|---|
| 137 | 249 | 256 | — |
| 148 | 472 | 300 | 172 |
| 160,5 | 635 | 335 | 300 |
| 169 | 1190 | 352 | 838 |
| 174,5 | 1775 | 362 | 1413 |
| 180,5 | 2535 | 375 | 2160 |

Le misure della tensione in linea erano fatte mediante uno dei trasformatori elevatori, sul secondario del quale con ulteriore riduttore di tensione si facevano le misure dirette di tensione con strumenti di precisione.

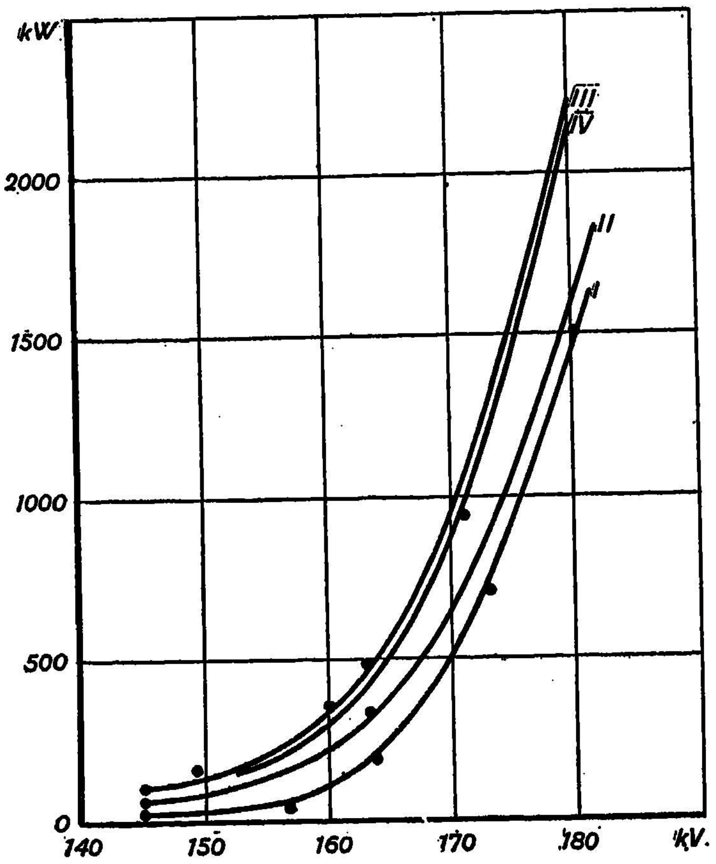



Fig. 14. - Perdite per effetto corona sulla linea a 130 kV della Valtellina.

*I* - Linea del Mallero. *II* - Linea di Carona. *III* - Le due linee in tensione. *IV* - Le due terne con disposizione fasi come da fig. 12 *b*).

I due trasformatori elevatori della Centrale di Campocologno hanno le seguenti caratteristiche:

Costruzione Brown Boveri.
Potenza 25 000 kVA, frequenza 50 per.,
rapporto a vuoto 7 400/151 000, tensione di c. c. 10,3%.

Di questi trasformatori si conoscevano esattamente le perdite nel ferro e nel rame per le varie condizioni di tensione e di carico, per poterle dedurre dalle potenze misurate sugli alternatori (1).

Per comodità di misura, durante le esperienze, uno dei due trasformatori serviva come elevatore e l'altro, inserito sulle sbarre a 130 kV, serviva come riduttore di tensione per misurare esattamente la tensione in partenza. Cosicchè i due trasformatori erano entrambi collegati durante le prove, e le perdite nel ferro risultavano dalla somma delle perdite dei singoli trasformatori, mentre sulle perdite nel rame influivano solo quelle del trasformatore elevatore, dato che si potevano ritenere nulle quelle dell'altro trasformatore. Col crescere della tensione crescevano le perdite nel ferro, ma quelle nel rame si riducevano, ciò per effetto della corrente di capacità della linea che, crescendo proporzionalmente alla tensione e componendosi colla corrente magnetizzante dei trasformatori, riduceva considerevolmente la risultante.

Dall'esame delle curve *I* e *II* si ricava come le perdite per effetto corona siano effettivamente maggiori per la linea Carona, ciò per il fatto che sulle linea del Mallero è allacciata la breve derivazione di km 1,6 per collegare la Centrale del Mallero, mentre sull'altra è allacciata la lunga derivazione di km 34,4 che va alla Centrale di Carona, oltrepassando il valico di 1700 m sul mare.

Osservando i diagrammi *I*, *II* e *III* della fig. 14 si ricava che il valore delle perdite con due terne in servizio è la somma delle perdite singole di ogni linea considerate a se per tensioni fino a 150 kV, ma per tensioni più elevate la perdita totale è minore della somma delle perdite singole. Ciò era prevedibile per gli effetti reciproci dei conduttori di fase diversa quando la tensione sale a valori superiori alla tensione critica.

Come può rilevarsi dalle tabelle sopra trascritte, e dai diagrammi della fig. 14, l'influenza della disposizione dei conduttori risulta invece di poca importanza, e l'effetto della inversione delle fasi 2' e 3' è insignificante per la tensione di esercizio. I valori trovati si possono radunare nella seguente tabella:

| Tensione in kV | Linea Mallero sola | Linea Carona sola | Due terne (disposizione fig. 12 *a*)) | Due terne (disposizione fig. 12 *b*)) |
|---|---|---|---|---|
| 150 | 40 | 60 | 120 | 120 |
| 160 | 100 | 210 | 320 | 300 |
| 170 | 500 | 620 | 920 | 840 |
| 180 | 1500 | 1600 | 2200 | 2100 |

Le prove sono state eseguite durante giorni invernali, di bel tempo secco e sereno.

---

(1) Per le prove con due linee in tensione, e per raggiungere la tensione in partenza di 187 kV coll'elevato valore della corrente di capacità che raggiungeva i 60 A per la linea di Carona e 54 A per la linea del Mallero, data la potenza di soli 3000 kVA di ogni alternatore, si fu costretti a mettere in parallelo 6 alternatori per poter produrre circa 20 000 kVA necessari per tener le due linee in tensione a 187 kV.

La linea del Mallero ha un valore di reattanza di Ohm 52 circa, cosicchè il valore della tensione in arrivo a Cislago a vuoto per effetto Ferranti si elevava di circa 5000 V (Coefficiente Ferranti 0,976). A Carona si elevava di soli 4200 V circa.

In effetto occorrevano alla partenza

$$114 \times 187\,000 \times \sqrt{3} = 36\,800 \text{ kVA capacitivi,}$$

ma i due trasformatori alimentati con tensione 20 ÷ 22 % più del normale assorbivano complessivamente 16 000 kVA induttivi con una corrente magnetizzante di circa il 25% della corrente normale; alle macchine risultava quindi un carico di 20 000 kVA capacitivi.

PERDITE SUPPLEMENTARI.

Le esperienze eseguite per queste perdite supplementari, effettivamente rimontano all'anno prima, e sono state fatte sulla linea del Mallero, eseguendo le misure nella Centrale del Mallero.

Le modalità dell'esecuzione delle misure furono le stesse, e cioè misure fatte sulla bassa tensione, riportandole all'alta tensione.

Lo scopo delle esperienze era quello di determinare le perdite per effetto corona. Nel raccogliere i dati delle perdite, in base ad accurate misure eseguite, si palesò chiaramente la irregolarità dei valori delle perdite nelle tensioni inferiori alla tensione critica di 150 kV.

Le perdite supplementari infatti presentano la stranissima caratteristica di crescere colla tensione fino ad un determinato valore di essa, e poi decrescere per portarsi a zero per un determinato valore della tensione.

Queste constatazioni spiegano come possa avvenire che procedendo a misure dirette su linee già costruite, si possano ricavare valori di perdite assai maggiori di quelli previsti. Tali differenze specialmente per valori di tensione prossimi alla tensione normale di esercizio sono considerevoli, mentre eseguendo le prove con tensioni superiori alla normale, queste differenze tendono a scomparire. Il Prof. Peek ne ha data la ragione teorica ed ha dimostrato come possa avvenire che il massimo valore della differenza fra le perdite calcolate colle formule e quelle misurate direttamente, si verifichi quando la tensione di linea corrisponda precisamente al valore della tensione critica. Elevando la tensione al di sopra della tensione critica, queste perdite supplementari tendono a sparire.

Ciò si è appunto riscontrato nelle esperienze sulle linee a 130 kV della Valtellina. Le perdite supplementari dell'ordine da 200 kW a 250 kW riferite alla totalità della linea (km 148,5), si è constatato che si riscontravano per tensioni comprese fra 110 e 140 kV e tendevano a zero col crescere della tensione immessa sulla linea. La spiegazione che il Peek dà del fenomeno è la seguente:

Nelle linee, come nel caso nostro, tesate da lungo tempo, si formano sulla superficie dei conduttori delle irregolarità prodotte sia dall'ossidazione del rame per effetto degli agenti atmosferici, come dall'impurità dell'aria e dal pulviscolo che si attacca ai conduttori, aumentandone considerevolmente il grado di asperità superficiale, facendo così diminuire di molto il coefficiente di irregolarità da introdursi nella formula della tensione critica.

Il Peek ha precisamente riscontrato che le perdite supplementari dovute a queste irregolarità superficiali sono tutt'altro che trascurabili ed avvengono prima che si arrivi alla tensione critica. Queste perdite supplementari crescono colla tensione leggermente prima, e poi più accentuatamente raggiungono un massimo proprio in corrispondenza della tensione critica per poi tornare a diminuire e ridursi a zero col crescere della tensione applicata. Il fenomeno è perfettamente spiegabile col fatto che, col crescere della tensione, tutte queste irregolarità superficiali vengono a costituire altrettanti punti di maggior dispersione nell'aria, e coll'aumentare della tensione il cilindro conduttore di aria jonizzata, che è direttamente a contatto del conduttore, non solo egualizza la superficie, ma aumenta il diametro fittizio del conduttore con conseguente diminuzione delle perdite.

Il Peek è riuscito ad esprimere con una formula l'andamento del fenomeno delle perdite supplementari. Collo stesso concetto col quale determina le perdite per effetto corona, con la nota formula:

$$p = K\ (E - E_c)^2$$

(dove $E$ è la tensione di linea ed $E_c$ la tensione critica), dà l'espressione delle perdite supplementari con la formula:

$$p' = b\ e^{-h\,(E - E_c)^2}$$

dove $b$ ed $h$ dipendono dalle condizioni del conduttore e precisamente $b$ è in rapporto al numero delle irregolarità per unità di lunghezza e $h$ al genere e alla grossezza di queste irregolarità.

Il valore di $b$ è difficilmente determinabile a priori, come pure quello di $h$, ma per questi coefficienti, per via sperimentale, il Peek ha potuto stabilire che il loro valore oscilla tra i seguenti:

$$b = (3{,}19 \div 2{,}47)\ 10^{-4} \text{ per cm di lunghezza}$$

$$h = 0{,}02 \div 0{,}03.$$

Bisogna poi ricordare che le perdite supplementari si palesano vieppiù alle altitudini elevate ed inoltre non sono costanti, giacchè dipendono dalla temperatura e dalla pressione barometrica.

Nel caso pratico della linea del Mallero il valore della tensione critica per i vari tronchi era stato determinato con la solita formula:

$$E_c = 48{,}50\ m\ a\ r\ \log_{10} \frac{d}{r}$$

Il coefficiente $a$ è esattamente definito in funzione della pressione barometrica $p$ in cm di mercurio e della temperatura $t$ in gradi centigradi e precisamente:

$$a = \frac{3{,}92\ p}{273 + t};$$

dato l'andamento altimetrico della linea e la temperatura, si poteva ritenere $a = 0.95$.

Per la costante $m$ entrano in giuoco molte considerazioni dipendenti dallo stato del conduttore. Nel tempo stesso bisogna notare che una differenza del valore adottato per $m$, porta in proporzione diretta la variazione del valore della tensione critica e, ciò che è più grave, intervenendo il valore della tensione critica nella formula della perdita chilometrica, la quale perdita è proporzionale al quadrato della differenza tra la tensione di linea e quella critica, ne consegue che una minima variazione del coefficiente $m$, porta una notevole differenza nel valore calcolato delle perdite.

Per la linea del Mallero, avendo i conduttori sezione diversa di 120 mm² e 105 mm² (km 103 di 120 mm² e km 45,5 di 105 mm²), i valori della tensione critica per i varii valori di $m$, a parità di altre condizioni (distanza dei conduttori m 4,1 × 4,1 × 8), risultavano i seguenti:

| $m$ | Tensione critica per conduttori di 120 mm² kV | 105 mm² kV |
|---|---|---|
| 0,70 | 112 | 105 |
| 0,75 | 120 | 112,5 |
| 0,80 | 128 | 120 |
| 0,85 | 136 | 127,5 |
| 0,90 | 144 | 135 |
| 0,95 | 152 | 142,5 |

Le perdite corrispondenti per tutta la linea (espresse in kW), tenendo conto delle rispettive lunghezze dei tratti con conduttori di diverso diametro sono raggruppate nella tabella seguente:

| Tensione in kV | Perdite in kW per $m$ = | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,90 |
| 120 | 110 | 20 | — | — | — |
| 130 | 460 | 165 | 30 | — | — |
| 140 | 1000 | 555 | 220 | 30 | — |
| 150 | 1800 | 1150 | 660 | 280 | 75 |
| 160 | — | 2000 | 1300 | 750 | 360 |
| 170 | — | — | 2200 | 1440 | 870 |
| 180 | — | — | — | 2300 | 1600 |

Riportando questi valori in curve e riunendole nella fig. 15, abbiamo la dimostrazione chiara di quanto possa variare la perdita calcolata per una semplice variazione del coefficiente $m$.

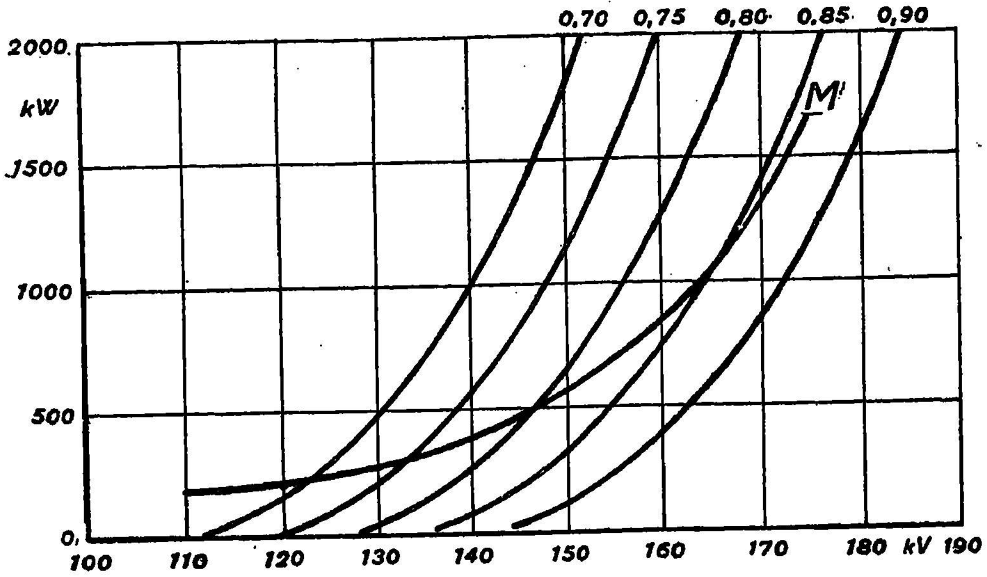



Fig. 15. - Diagrammi delle perdite calcolate per la linea del Mallero in funzione di $m$ e della tensione e diagramma $M$ dei valori delle perdite misurate.

Sulla stessa figura abbiamo tracciata la curva $M$ che corrisponde ai valori effettivamente misurati nelle prime prove eseguite dalla Centrale del Mallero (1928). I valori allora ottenuti erano i seguenti:

| Tensione in kV | Perdite in kW |
|---|---|
| 120 | 234 |
| 130 | 298 |
| 140 | 382 |
| 150 | 547 |
| 160 | 850 |
| 170 | 1337 |
| 180 | 1685 |

Si vede subito come questa curva sia di molto superiore, nei bassi valori della tensione, a tutto il fascio di curve teoriche calcolate ed abbia un andamento leggermente crescente nelle basse tensioni, mentre per tensioni più elevate tende ad orientarsi secondo la curva con coefficiente $m = 0{,}85 \div 0{,}87$. Si nota pure che la corrispondenza esatta dei valori si ha per una tensione $V = 166$ kV e per un valore di $m = 0.85$.

Paragoniamo ora la curva $M$, ottenuta dalla diretta esperienza, colle curve calcolate coi varii valori di $m$, ed otteniamo le seguenti differenze segnate nella tabella, espresse in kW totali per tutta la linea:

| Tensione in kV | Differenze espresse in kW per $m =$ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0,7 | 0,75 | 0,8 | 0,85 |
| 110 | 173 | 173 | 173 | 173 |
| 120 | 124 | 214 | 234 | 234 |
| 130 | — | 133 | 268 | 298 |
| 140 | — | — | 162 | 337 |
| 150 | — | — | — | 267 |
| 160 | — | — | — | 100 |
| 170 | — | — | — | — |
| 175 | — | — | — | — |

Se prendiamo come base la curva corrispondente a $m = 0{,}85$ e nel diagramma della fig. 16 tracciamo la curva delle effettive perdite misurate, otteniamo per differenza i valori delle perdite supplementari e la curva corrispondente ci fa vedere come si abbia il massimo di $p' = 337$ kW per 140 kV.

La legge di variazione delle perdite supplementari corrisponde quindi perfettamente alla legge indicata dal Peek. La curva delle perdite supplementari si confonde infatti con quella delle

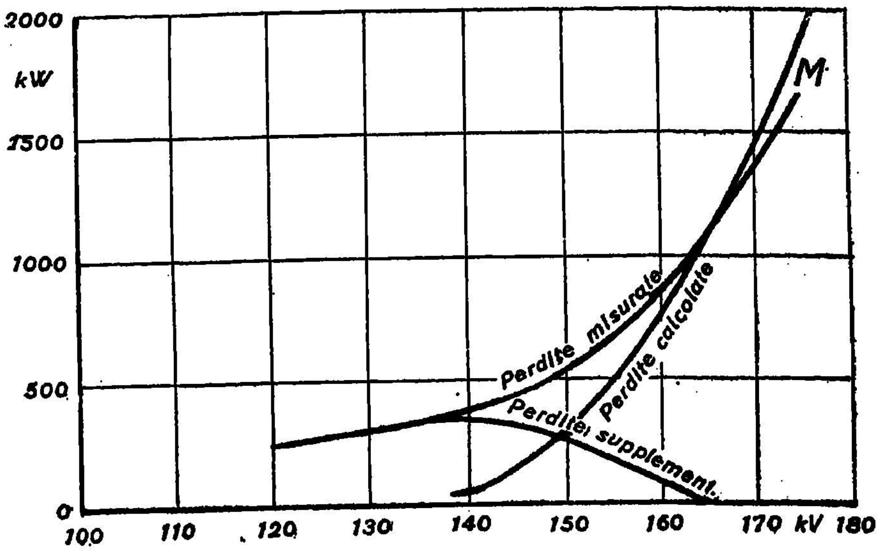



Fig. 16. - Diagramma delle perdite misurate e delle perdite calcolate per $m = 0{,}85$ e curva delle perdite supplementari.

perdite effettivamente misurate fino alla tensione di 135 kV, che è appunto la tensione critica per $m = 0{,}85$, poscia raggiunge un massimo di 337 kW per 140 kV e diventa zero per un valore della tensione $V = 165$ kV.

Ciò è quanto si era ottenuto dalle prime esperienze.

Avendo ripetute le esperienze dalla centrale di Campocologno, i valori ottenuti variarono naturalmente, ma il fenomeno si palesò egualmente. I diagrammi riportati nelle figure 17 e 18 sono relativi a queste ultime misure eseguite in condizioni metereologiche diverse (tempo secco - freddo) rispettivamente sulla linea del Mallero e su quella di Carona.

Dall'esame di queste curve si ricava che nelle nuove condizioni la tensione critica era, sia per l'una che per l'altra linea salita a 153 kV.

Infatti riprendiamo in esame la formula del Peek:

$$P = K\ (E - E_0)^2$$

Il coefficiente $K$ per una data linea ed una data frequenza e per esperienze eseguite nelle stesse condizioni atmosferiche, può ritenersi costante. Scelti quindi due valori $E_1$ ed $E_2$ della tensione, ai quali corrispondano le perdite $P_1$ e $P_2$, possiamo scrivere:

$$P_1 = K\ (E_1 - E_0)^2$$
$$P_2 = K\ (E_2 - E_0)^2$$

da cui si ricava:

$$E_0 = \frac{E_1 - E_2 \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}}{1 - \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}}$$

Supposti nel caso nostro $E_1 = \frac{170}{\sqrt{3}}$ kV ed $E_2 = \frac{175}{\sqrt{3}}$ kV a cui corrispondono rispettivamente per la linea del Mallero le perdite

$P_1 = 680$ kW e $P_2 = 1280$ kW, risulta $\frac{\sqrt{P_1}}{\sqrt{P_2}} = 0{,}73$

$$E_0 = \frac{\frac{170}{\sqrt{3}} - \frac{175}{\sqrt{3}}\ 0{,}73}{1 - 0{,}73} = 88{,}5 = \frac{153{,}5}{\sqrt{3}}\ \text{kV}$$

e quindi si ricava, per la linea del Mallero:

$$K = \frac{1280}{12{,}52} = 8{,}2$$

Con lo stesso procedimento si ricava che per la linea di Carona la tensione critica nel giorno della prova era anche di 153,5 kV: posti infatti per essa (fig. 18)

$E_1 = \dfrac{170}{\sqrt{3}}$ ed $E_2 = \dfrac{175}{\sqrt{3}}$ risultano $P_1 = 620$ e $P_2 = 1160$.

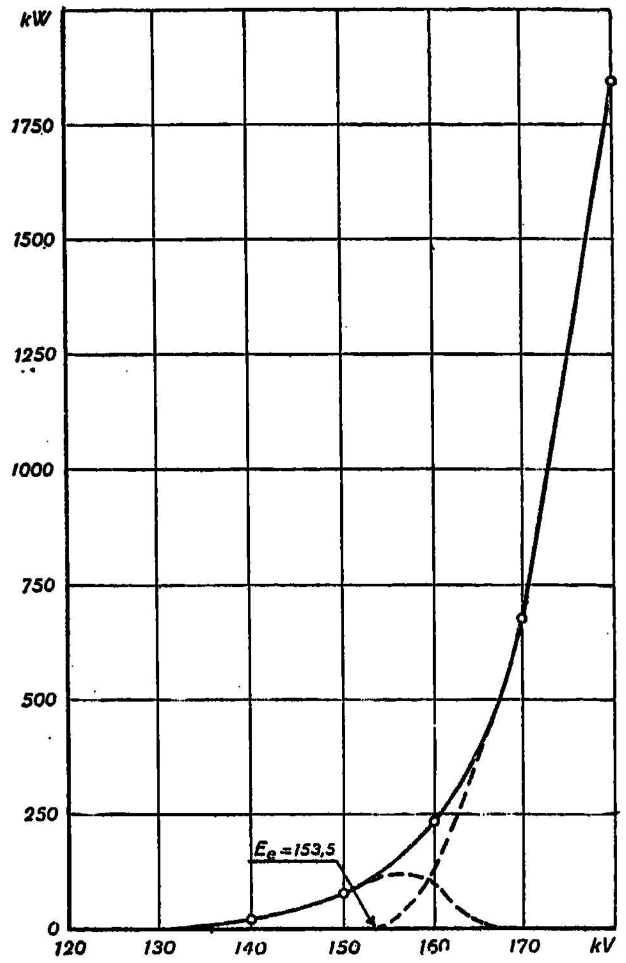



Fig. 17. - Perdite supplementari per effetto corona nella linea del Mallero.

Quindi si avrà:

$$\frac{\sqrt{P_1}}{\sqrt{P_2}} = 0{,}73$$

$$E_c = \frac{\dfrac{170}{\sqrt{3}} - \dfrac{175}{\sqrt{3}}\,0{,}73}{1 - 0{,}73} = 88{,}5 = \frac{153{,}5}{\sqrt{3}}\ \text{kV}$$

e quindi:

$$K = \frac{1160}{12{,}2} = 7{,}78$$

Il valore di $K$ per la linea di Carona risulta inferiore a quello della linea del Mallero per effetto del minore valore del fattore $\sqrt{\dfrac{r}{d}}$ per la parte linea Brembo (1). Ottenuti i valori di $K$ per le due linee si può facilmente ricavare il valore delle perdite in funzione di $(E - E_c)^2$, in base alla tensione critica $E_c = 153{,}5$ tracciare la curva corrispondente (punteggiata) e per differenza fra questa e la curva piena dei valori misurati dedurre la curva delle perdite supplementari.

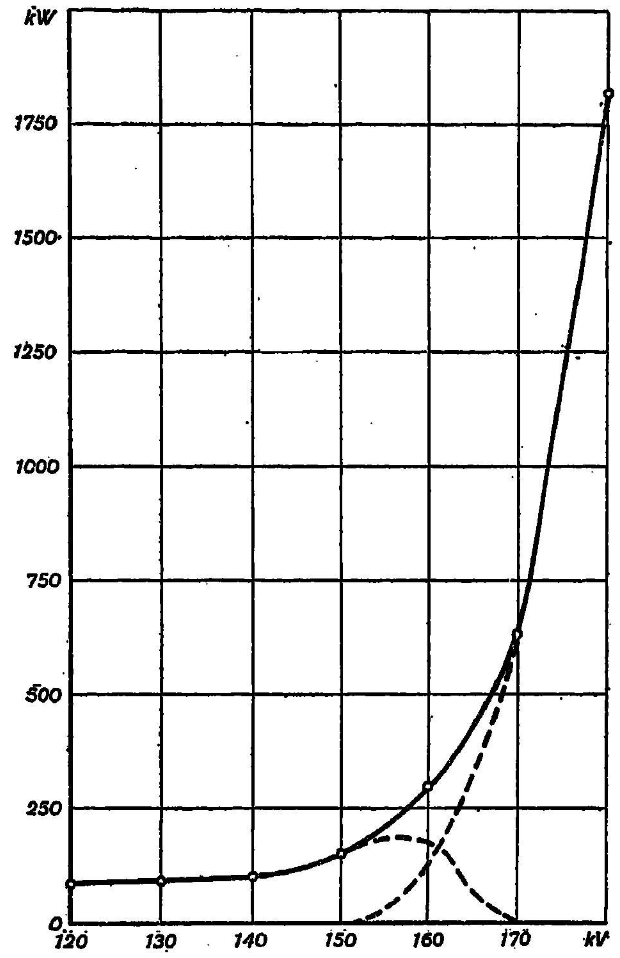



Fig. 18. - Perdite supplementari per effetto corona nella linea di Carona.

Tracciate a questo modo le curve delle perdite supplementari è interessante determinare i valori che assumono per esse le costanti $b$ ed $h$ della formula approssimata

$$P' = b\, e^{-h(E - E_c)^2}$$

Scegliendo per $E$ un valore qualsiasi e tenendo presente che la costante $b$ rappresenta le perdite supplementari che si hanno per $E = E_c$, perdite che possiamo ricavare dai diagrammi, si ha:

Per la linea di Mallero:

$$b = 110$$

e posto $E = \dfrac{160}{\sqrt{3}}$, si ha $P' = 90$,

$$(E - E_c)^2 = 13{,}70.$$

Sostituendo questi valori nella relazione che dà $P'$ si ricava

$$h = \frac{0{,}096}{5{,}95} = 0{,}0161$$

Per la linea di Carona:

$$b = 180$$

e posto $E = \dfrac{165}{\sqrt{3}}$, si ha $P' = 75$,

$$(E - E_c)^2 = 45.$$

Quindi $$75 = 180 \times e^{-h \cdot 45};$$

$$1.875 = 2{,}255 - h \times 0{,}434 \times 45$$

$$h = \frac{0{,}380}{19{,}5} = 0{,}0195$$

Questi valori delle costanti sono compresi entro i limiti indicati per essi dal Peek.

(1) La terna di Carona è nelle precise condizioni della terna del Mallero per la parte che si stende nella Valtellina. La derivazione da Barzio per la centrale di Carona ha invece un andamento altimetrico molto irregolare, e le sezioni del conduttore sono variabili appunto coll'altitudine al fine di mantenere, a parità di altre condizioni, il valore della tensione critica fra valori costanti per tutte le altitudini. Lo specchietto seguente dà una chiara dimostrazione delle disposizioni prese (v. profilo).

| Lunghezza in km | Altitudine s. m. | Conduttore sezione mm² | Conduttore diametro mm | Tensione critica $E_c$ |
|---|---|---|---|---|
| 10 | 1100—600 | 134 | 15 | 130—135 |
| 8,35 | 600 | 120 | 14 | 135 |
| 7,35 | 600—1000 | 134 | 15 | 135—130 |
| 7,05 | 1000—1700—800 | 152 | 16 | 135—130 |
| 1,65 | 800—500 | 134 | 15 | 135 |
| 34,40 | | | | |

La tensione critica calcolata è dunque non inferiore a 130 kV come per la linea del Mallero, mentre nel giorno delle esperienze risultava praticamente di 153 kV.

Le perdite supplementari possono dunque prevedersi nel calcolo delle linee in funzione di coefficienti che, pur essendo di difficile predeterminazione, sono praticamente determinabili con una approssimazione accettabile, tenuto conto che dipendono da una quantità di cause alcune delle quali non è assolutamente possibile investigare.

Esperienze sulle linee di Val d'Aosta.

Queste esperienze furono condotte cogli stessi criteri delle altre eseguite in Valtellina, ma fu particolarmente spinta l'indagine sull'effetto di una terna sull'altra quando una delle due è a terra.

Si sono ricavati pertanto gli stessi risultati delle linee della Valtellina, e cioè la perdita per effetto corona con due terne in servizio è uguale alla somma delle perdite di ciascuna linea considerata a sè per le tensioni inferiori alla tensione critica, cioè fino a 120 kV. Oltre questa tensione la perdita globale delle due terne è inferiore alla somma delle perdite delle singole terne (fig. 19).

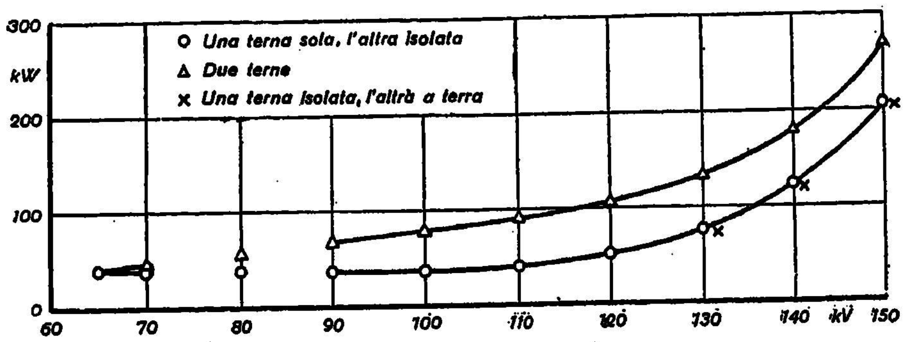



Fig. 19. - Perdite per effetto corona nella linea a 135 kV della Val d'Aosta.

Infine si è constatato che l'essere a terra o non la terna fuori servizio non ha influenza sensibile sui valori delle perdite per effetto corona della terna in esercizio, come pure ha poco influenza la inversione delle fasi.

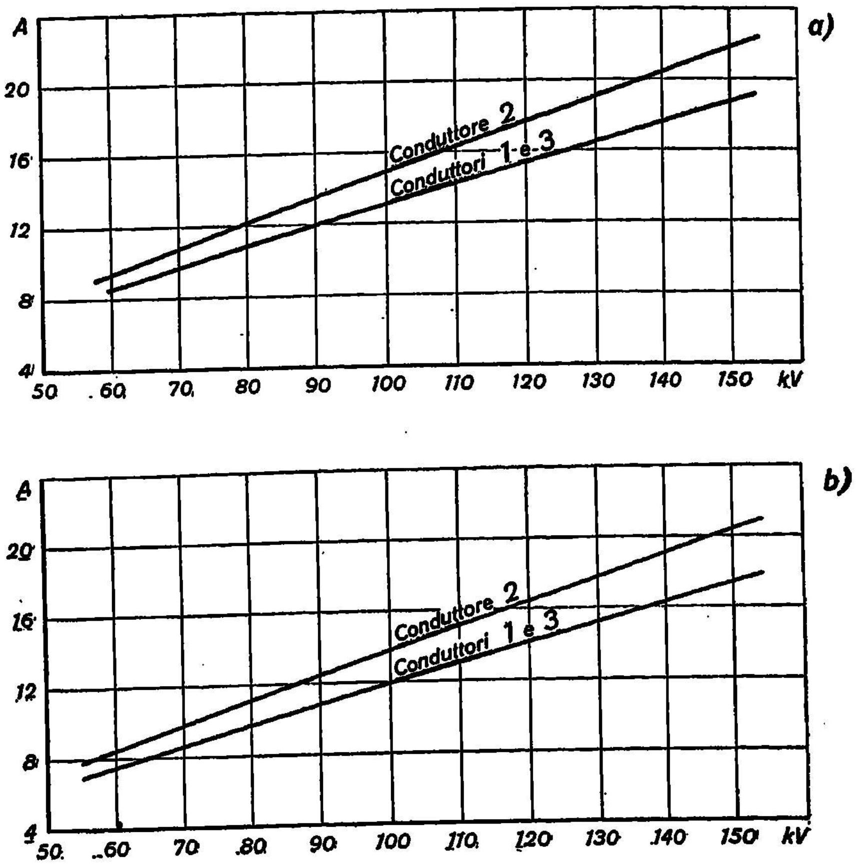
I valori ottenuti sono qui radunati:

| Tensione in kV | Perdite in kW per | |
|---|---|---|
| | due terne | una terna |
| 100 | 75 | 35 |
| 110 | 80 | 40 |
| 120 | 100 | 50 |
| 130 | 125 | 75 |
| 140 | 175 | 120 |
| 150 | 260 | 200 |

I diagrammi delle figure 20 *a*), *b*) danno i valori delle correnti di capacità, per ciascuna terna, rispettivamente nel caso che l'altra sia a terra oppure in tensione. Le differenze sono piccole e la stessa cosa si riscontra per le perdite per effetto corona nei due casi.

Conclusione.

Le esperienze eseguite hanno indubbiamente una considerevole importanza pratica, senza avere, come si disse fin dall'inizio, la pretesa di esser misure di precisione. Come può ap-




Figg. 20 *a*), *b*). - Correnti di capacità per ogni conduttore nella linea della Val d'Aosta per:

*a*) una terna sola e l'altra a terra;
*b*) due terne in tensione.

parire dall'esame delle riferite esperienze la determinazione esatta di tali perdite è pressochè impossibile, e in ultima analisi non ha eccessiva importanza, dato che tali perdite sono variabili di ora in ora, di giorno in giorno.

È sufficiente constatare come i coefficienti pratici e le formule date dal Peek corrispondano bene allo scopo di dare un'idea dell'andamento del fenomeno col variare della tensione di linea e col variare delle principali cause dell'effluvio.

In ogni modo emerge dal nostro studio come sia possibile prefissare nel progetto delle linee gli elementi e le dimensioni dei conduttori e dei pali in modo tale che le perdite per effetto corona per le linee ad altissima tensione siano contenute sicuramente in limiti tali per cui il rendimento del trasporto non abbia ad essere diminuito per causa di tali perdite.

Mi è gradito dovere segnalare l'apprezzata collaborazione degli ingegneri Crivellari, Terracini, Caminiti, della S. I. P., nonchè quella degli ingegneri Russel e Raschle della « Forze Motrici di Brusio », i quali tutti mi furono di valido aiuto non solo nell'esecuzione delle esperienze, ma anche nello svolgimento dei calcoli. Per le esperienze in Valtellina ringrazio particolarmente l'ing. Rickembach Amm. Deleg. e Dirett. Generale della « Brusio » per avermi concesso di eseguire le esperienze nella Centrale di Campocologno mettendo a mia disposizione il macchinario ed il personale della Centrale, contribuendo così largamente al favorevole risultato delle esperienze.

In ultimo mi sia concesso di manifestare una espressione di vivo ringraziamento all'Amministrazione del Gruppo S.I.P. e per essa in particolare all'On. Prof. Ing. Ponti, Amministratore Delegato, che concedendomi di compiere queste importanti prove ed esperienze sulle linee, mi ha dato la possibilità di portare un notevole contributo sulla conoscenza dei più interessanti problemi della moderna tecnica degli impianti elettrici.

Ing. Carlo Palestrino.

ING. MARIA ARTINI
DELLA UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE

# Gli effetti delle sovratensioni sul materiale e sugli impianti elettrici e le tendenze attuali nella scelta delle misure di protezione

*Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique »*

Parigi, luglio 1932

In un primo tempo avevo scelto per il mio rapporto il titolo « La pratica attuale nella protezione contro le sovratensioni » ma ho poi ritenuto opportuno cambiarlo. Prima di tutto non si può parlare di pratica corrente nella tecnica delle protezioni mentre gli studi sulle sovratensioni, per quanto numerosi ed interessanti, non sono ancora arrivati ad una fase conclusiva; secondariamente i dati raccolti attraverso un'inchiesta presso le Associazioni Nazionali della *Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique* si son dimostrati assolutamente insufficienti per stabilire una statistica conclusiva.

Mi limiterò pertanto, dopo aver ricordato le caratteristiche delle sovratensioni e i fenomeni da esse provocati nelle diverse parti degli impianti, ad indicare quali sono le tendenze moderne per la protezione delle linee e del macchinario. Per far questo mi servirò di studi apparsi nella stampa tecnica recente; tuttavia non riporterò qui le indicazioni bibliografiche in argomento, prima di tutto perchè esse son tanto numerose che occuperebbero, da sole, molte pagine e inoltre perchè spesso si tratta di ricerche e di studi iniziati da varii anni e non ancora compiuti, dei quali vengono man mano riferiti i risultati.

In appendice sono riassunti i risultati dell'inchiesta presso le varie Associazioni Nazionali.

***

Negli studi di carattere generale sulle sovratensioni si comincia di solito col classificare questi fenomeni secondo le loro cause e cioè: origine atmosferica, manovre di interruttori, archi a terra; un'altra distinzione, forse più razionale, può esser fatta fra potenziali statici e onde semi-stazionarie o mobili. Nel mio esposto mi limiterò a considerare queste ultime.

Se infatti lo studio delle sovratensioni si presenta piuttosto complicato e la protezione alquanto problematica, ciò è dovuto al *carattere* assai differente delle sovratensioni rispetto alle tensioni di esercizio. Se la differenza consistesse soltanto in una maggior ampiezza delle prime rispetto alle seconde, il problema della protezione si ridurrebbe ad un problema d'isolamento e per conseguenza le difficoltà sarebbero unicamente di ordine economico; le sole misure a carattere preventivo differirebbero secondo l'origine del fenomeno. Ma le sovratensioni più pericolose si presentano sotto la forma di onde a fronte ripido o ad alta frequenza, che si propagano negli impianti con velocità grandissima e col carattere di fenomeno transitorio; ne segue che la loro azione sui materiali isolanti e sulle macchine e la loro trasmissione nei circuiti seguono delle leggi completamente diverse da quelle che reggono le tensioni di esercizio.

Passeremo dunque dapprima in rivista le caratteristiche principali delle sovratensioni e i loro effetti.

La più importante forse di tali caratteristiche è la *ripidità del fronte d'onda*; sotto questo punto di vista un'onda ad alta frequenza può essere assimilata a un'onda aperiodica a fronte ripido di uguale tensione massima.

È noto da molto tempo che per produrre una scarica fra due elettrodi in ambiente gassoso occorre una certa tensione e un certo tempo di applicazione di questa. Se dunque si sottopone un isolatore o uno spinterometro a una tensione rapidamente crescente, come quella di un fronte d'onda, la tensione di scarica è tanto maggiore quanto più rapido è l'aumento della tensione, ossia quanto maggiore è la ripidità del fronte; il tempo durante il quale la tensione deve essere applicata per arrivare alla scarica diminuisce con l'aumentare della ripidità del fronte. Può darsi che tale ripidità sia troppo grande perchè la scarica abbia luogo sul fronte d'onda; in tal caso essa si produrrebbe sul dorso dell'onda stessa.

Si vede dunque che il rapporto tra la tensione $V$ di scarica sotto impulso e quella $v$ a frequenza normale (ampiezza massima), che viene comunemente chiamato *rapporto* o *fattore d'impulso*, non è una costante ma dipende dalla forma dell'onda; altrettanto dicasi per il *ritardo alla scarica*, che è il tempo occorrente perchè la scarica abbia luogo e durante il quale la tensione applicata oltrepassa il valore $v$.

Questi vari fattori, come pure le curve che esprimono la loro correlazione, sono altrettanti elementi determinanti per la scelta delle strutture isolanti e dei dispositivi di protezione a distanza esplosiva.

Ho accennato soltanto alla ripidità del fronte d'onda, ma è evidente che anche quella del dorso deve essere considerata, poichè l'adescamento dell'arco può aver luogo dopo che è stata superata la tensione massima; questa probabilità è tanto minore quanto maggiore è la ripidità del dorso d'onda.

Il *carattere transitorio* delle sovratensioni (durata minima del fenomeno) deve essere considerato nei riguardi dei suoi effetti sugli isolanti; infatti la rigidità dielettrica di questi

aumenta rapidamente quando il tempo d'applicazione della tensione è molto piccolo e ciò per due ragioni: non si ha riscaldamento apprezzabile del materiale e sono eliminati i fenomeni elettrici secondari che precedono la scarica disruptiva. La tensione di perforazione *reale* sarebbe dunque quella che corrisponde ad un tempo d'applicazione istantaneo. Questo fatto è importante sopratutto nei riguardi degli isolanti delle macchine elettriche.

È dunque evidente che tanto per le scariche disruptive come per quelle superficiali bisogna tener conto di un fattore che dipende dalla forma dell'onda; questo fattore varia da materiale a materiale, ma i dati sperimentali in proposito sono ancora insufficienti.

Un altro fattore che influisce sul valore della tensione di perforazione è il numero d'impulsi subiti dal materiale, numero che dipende dal meccanismo della propagazione delle onde nel circuito. Si è potuto stabilire che si può arrivare alla perforazione di un isolatore con una tensione tanto minore quanto maggiore è il numero degli impulsi, ciò che è del resto intuitivo; pare inoltre che questa azione sia limitata all'incirca ai dieci primi impulsi, che per tensioni abbastanza piccole si possa aumentare indefinitamente il numero d'impulsi senza arrivare alla perforazione e infine che quando gli impulsi successivi sono di polarità opposta la rigidità dielettrica dell'isolante diminuisca ulteriormente.

La rigidità dielettrica alle oscillazioni ad alta frequenza diminuisce quando la frequenza aumenta; la legge che regola tale diminuzione dipende dalla qualità e dallo spessore del materiale, dall'attenuazione, ecc.

***

Passando a considerare le onde mobili nel complesso di un impianto, la prima particolarità da considerare è che le *impedenze* delle diverse parti del circuito alle sovratensioni non solo differiscono da quelle a frequenza normale ma variano anche secondo le caratteristiche dell'onda mobile, poichè come è noto dipendono dalla frequenza delle oscillazioni o dalla ripidità del fronte d'onda.

Come prima conseguenza si ha un fenomeno ben noto, limitato agli avvolgimenti dei trasformatori, e che si può spiegare ricordando come l'effetto delle capacità delle bobine fra loro e verso terra, trascurabile con le tensioni di esercizio, non lo sia più quando si tratta di sovratensioni. Per effetto di questa capacità, in un trasformatore col neutro a terra la corrente aumenta a partire dall'estremità a terra e il potenziale segue una legge analoga. Per onde aperiodiche a fronte ripido queste considerazioni devono essere limitate alla fase iniziale.

La legge generica della trasmissione delle onde in un circuito è espressa dall'equazione

$$e = E \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} \qquad (1)$$

che si applica a qualunque punto di un circuito dove l'impedenza d'onda cambia di valore. Nella (1), $E$ è la tensione dell'onda incidente, $e$ quella dell'onda trasmessa oltre il punto di variazione, $Z_1$ e $Z_2$ le impedenze d'onda a monte e a valle di tale punto; la tensione riflessa verso l'origine dell'onda incidente è $e - E$. Le onde riflesse e trasmesse hanno in generale caratteristiche diverse dall'onda incidente.

La regola espressa dalla formola (1) è come si vede semplicissima, ma ciò non di meno porta a calcoli piuttosto complessi, perchè bisogna tener conto del fatto che le onde riflesse e trasmesse percorrendo a loro volta la rete subiscono nuove riflessioni e rifrazioni; le onde così prodotte, sovrapponendosi alle onde preesistenti danno luogo a loro volta ad altre onde e così via. Bisogna pertanto tener presente che quantunque sia possibile seguire le trasformazioni di un'onda in una rete anche tenendo conto della sua forma reale, per lo più in pratica i calcoli sono basati su opportune semplificazioni: la più frequente è di attribuire all'onda una forma rettangolare infinita e di supporre che essa non subisca nessuna distorsione durante le sue riflessioni e rifrazioni.

È noto che la *velocità* di propagazione delle onde, che nelle linee aeree raggiunge in media la velocità della luce (300 000 km/1"), dipende dall'induttanza e dalla capacità del circuito; pertanto l'onda risultante in un istante qualunque in un dato punto dipende non soltanto dalla forma e dall'ampiezza delle onde incidenti, riflesse e rifratte, ma anche dalla loro velocità.

Un altro fattore importante è l'*attenuazione* prodotta nelle sovratensioni man mano che si propagano in una linea aerea per effetto delle perdite di energia in linea. La più importante di queste perdite è quella per effetto corona sotto impulso, di modo che l'attenuazione, variabile colle caratteristiche dell'onda, è ripidissima finchè la tensione d'onda è superiore alla tensione critica e molto lenta sotto tale valore. Per evitare complicazioni eccessive si tien conto dell'attenuazione applicando un fattore esponenziale di diminuzione, stabilito sperimentalmente.

Sembra che le perdite abbiano anche un effetto di *distorsione* della curva d'onda, di modo che le onde della tensione e della corrente non sono più legate da un semplice fattore di proporzionalità.

Del *carattere oscillatorio* delle sovratensioni va tenuto conto anzitutto perchè se la curva della tensione di esercizio non è una sinusoide pura, le oscillazioni dell'onda perturbante possono sovrapporsi, esaltandole, alle armoniche di ordine superiore della sinusoide deformata; in secondo luogo perchè se la resistenza induttiva e la capacità del circuito sono tali che la frequenza delle oscillazioni della sovratensione coincide colla frequenza naturale del circuito, le alternanze successive della tensione e della corrente possono sovrapporsi fino a raggiungere delle ampiezze tanto più grandi quanto più piccola è la resistenza ohmica del circuito.

Supponendo di avere un'onda rettangolare infinita, lo stato finale del fenomeno corrisponde a quello di una corrente continua ad altissima tensione; allora la ripartizione definitiva del potenziale nell'avvolgimento del trasformatore considerato più sopra sarà uniforme da un capo all'altro. La differenza fra la fase iniziale già illustrata e la fase finale dà luogo a uno *stato transitorio* caratterizzato da un certo numero di oscillazioni di frequenza ed ampiezza diversa che vengono a sovrapporsi.

Quanto si è detto può essere esteso a qualunque onda aperiodica e ad altre parti dell'impianto.

***

Se fin qui ho ricordato cose generalmente note è perchè mi è parso che si potesse dedurne subito qualche conclusione sulle direttive più generali da adottare nella scelta delle misure di protezione.

È evidente anzitutto che sotto questo punto di vista non è lecito considerare separatamente le varie parti dell'impianto, ma che bisogna considerarle nel loro insieme. L'opportunità di un apparecchio di protezione non deve dunque essere valutata semplicemente in base alle modificazioni di forma e di ampiezza che esso esercita sull'onda incidente, ma anche in base al modo col quale esso influisce sulle parti della rete a monte e a valle. Per esempio introducendo in un circuito un dispositivo a capacità o a impedenza, si viene ad alterare tutto il meccanismo di propagazione delle onde: è dunque importantissimo studiar bene dove esso deva essere collocato e come devano esser fatti i collegamenti. Può parer superfluo insistere su fatti già evidenti per sè stessi, se non si sapesse che gli inconvenienti prodotti da

qualche apparecchio di protezione son dovuti spesso a un insufficiente apprezzamento di questo particolare.

La tendenza moderna a limitare l'uso di apparecchi di protezione è dovuta probabilmente al desiderio di ridurre al minimo l'introduzione nel circuito di elementi perturbatori.

Dato il gran numero di caratteristiche diverse delle sovratensioni, risulta evidente l'impossibilità pratica di realizzare un apparecchio che possa da solo assicurare la protezione di una rete. Tale protezione va invece concepita come un insieme di misure simultanee, atte sia a prevenire sia ad attenuare il pericolo; in questo insieme gli apparecchi di protezione propriamente detti hanno un'importanza relativamente modesta.

In ogni caso, siccome la loro azione è solo parziale, si ricorre qualche volta all'associazione di due apparecchi diversi che possano integrarsi a vicenda; per esempio nell'associazione condensatore-scaricatore, il primo, che ha un'azione immediata, sopprime le punte di tensione che il secondo lascia passare in causa del suo ritardo all'adescamento dell'arco.

Tralascio qui di occuparmi dei varii dispositivi illustrati nelle pubblicazioni tecniche delle case costruttrici, e della loro azione protettiva; è noto d'altronde che il comportamento di alcuni apparecchi e il loro effetto sulle onde di sovratensione han potuto essere spiegati solo dopo la loro introduzione nella pratica, grazie a ricerche oscillografiche, mentre l'azione esercitata da altri non è ancora chiarita. In tali condizioni e in mancanza di statistiche di esercizio è naturale che questi apparecchi siano considerati con diffidenza da buon numero di esercenti.

Gli apparecchi a distanza esplosiva devono essere considerati a parte perchè il loro impiego rientra, come vedremo, nel quadro d'insieme della protezione moderna.

La tendenza a considerare l'impianto come un tutto unico nei riguardi della protezione si è anche manifestata, già da qualche anno, nel tentativo di stabilire una correlazione fra l'isolamento delle sottostazioni e quello delle linee che vi fanno capo.

L'*isolamento agli impulsi* delle varie parti di un impianto viene cioè proporzionato in modo tale che gli archi eventualmente prodotti da qualche sovratensione più forte abbiano luogo in quei punti ove essi abbiano a provocare il minor danno possibile. Secondo la maggior parte degli esercenti, il meno pericoloso di tali punti sarebbe la linea di trasmissione, poichè pare generalmente meno deprecabile l'eventualità di una breve interruzione del servizio e di qualche guasto alle catene di isolatori piuttosto che quella di gravi danni ai trasformatori.

Per diminuire, almeno sulle linee più importanti, il numero d'interruzioni provocate da sovratensioni di origine atmosferica, numero che è andato aumentando con la costruzione di condutture aeree a tensione sempre più elevata, le Società Elettriche sono state naturalmente portate ad aumentare l'isolamento delle loro linee aeree, proporzionandolo all'entità delle sovratensioni probabili; di conseguenza si è dovuto anche aumentare l'isolamento sotto impulso del macchinario e dell'apparecchiatura nelle sottostazioni; inoltre si ricorre qualche volta alla diminuzione dell'isolamento di linea in vicinanza alla sottostazione, aumentando eventualmente in tal tratto il numero di fili di guardia. Infine, per completare la protezione dei trasformatori e dell'apparecchiatura, si ricorre all'installazione di scaricatori.

I diversi gradi dell'isolamento sotto impulso sono dunque rappresentati in ordine crescente da: isolatori di linea, isolatori all'ingresso delle sottostazioni, passanti dei trasformatori e degli interruttori e isolamento interno di questi. La tensione disruptiva dello scaricatore, il quale può servire tanto alla protezione delle linee che delle sottostazioni, deve essere stabilita in relazione alla tensione d'arco degli isolatori di linea o dei passanti.

I principî enunciati non sono di applicazione così semplice come si potrebbe credere. Infatti i dati di Laboratorio sul fattore d'impulso e sul ritardo alla scarica degli isolatori e degli scaricatori sono ancora insufficienti; inoltre questi fattori variano con la forma dell'onda e mancando una curva d'onda « normale » alla quale riferirsi, viene a mancare anche una base unica di confronto. Ancora, quando non si abbiano a disposizione dati statistici sulle sovratensioni atmosferiche nella località considerata, i calcoli d'isolamento vengon fatti di solito tenendo conto dell'onda più pericolosa fin qui rilevata, ciò che è conveniente dal punto di vista della sicurezza ma non dell'economia. D'altra parte la graduazione dell'isolamento e cioè la differenza che deve esservi fra la tensione di scarica sotto impulso di un elemento della serie e il precedente, non può essere fissata che per una sola forma d'onda; quindi da una sovratensione all'altra la graduazione dell'isolamento viene a cambiare.

I punti fondamentali nella tecnica della graduazione dell'isolamento sono i seguenti:

*a*) in quanto segue gli isolatori e le distanze esplosive devono essere assimilati;

*b*) qualunque struttura isolante, in causa del suo ritardo alla scarica, lascia passare la parte dell'onda che precede la scarica; questa parte, più o meno grande secondo il ritardo proprio della struttura e la forma dell'onda, continua il suo cammino e può provocare un arco su una struttura a valle con isolamento minore (un isolatore con una certa tensione d'arco sotto impulso non può dunque essere considerato come una barriera *assoluta* per tutte le sovratensioni maggiori di tale tensione);

*c*) se due strutture isolanti devono essere equivalenti per un dato ritardo alla scarica $x$, bisogna che la loro tensione d'arco a frequenza normale sia in proporzione inversa del valore relativo del fattore d'impulso con ritardo $x$;

*d*) se le curve che esprimono la correlazione fra il fattore d'impulso e il ritardo alla scarica di due strutture sono di forma diversa, se per esempio si incrociano in corrispondenza a $x$ $\mu s$, scaricherà prima l'una o l'altra delle strutture secondo che la ripidità del fronte d'onda è tale che occorrono meno o più di $x$ $\mu s$ perchè essa scarichi;

*e*) la distanza fra due strutture isolanti deve essere valutata riferendosi alla velocità di propagazione delle onde e pertanto deve essere espressa in microsecondi; diventa così possibile stabilire una correlazione fra il ritardo alla scarica delle diverse strutture e la loro posizione rispettiva (per esempio una struttura posta a valle di un'altra nel senso del movimento delle onde può scaricare per la prima quando il ritardo dell'altra sia abbastanza grande e la distanza abbastanza piccola);

*f*) è possibile valutare il tempo durante il quale l'apparecchio di protezione è sottoposto all'azione dell'onda incidente primitiva; questo tempo serve a stabilire per quali ripidità del fronte d'onda il punto considerato è protetto dall'apparecchio.

Tutti questi elementi devono essere considerati non soltanto per la scelta dei diversi isolatori ed apparecchi di protezione ma anche e sopratutto della loro posizione rispettiva e in particolare per fissare l'intervallo fra gli scaricatori di una linea aerea e la distanza fino alla quale arriva la protezione degli scaricatori di una sottostazione su una linea che vi faccia capo, in relazione al ritardo alla scarica degli isolatori. È inoltre evidente che la scelta della posizione delle strutture isolanti dipende dalla ripidità del fronte delle onde che possono prodursi nell'impianto.

Sulla scelta dell'isolamento della linea influisce anche l'esistenza di anelli di guardia sulle catene di isolatori, poichè tali anelli possono modificare in modo notevole il valore del fattore d'impulso.

***

Abbiamo visto che nella graduatoria degli elementi isolanti il valore più alto è rappresentato dall'isolamento dei trasformatori; vien dunque fatto di chiedersi quale sia realmente l'attitudine di questi a resistere alle onde a fronte ripido.

A questo riguardo il giudizio deve necessariamente basarsi sulle prove d'isolamento.

Le norme ufficiali dei vari Paesi non seguono in proposito criterî uniformi; l'accordo è raggiunto soltanto sul fatto che le condizioni da stabilire devono riguardare la rigidità dielettrica dell'isolamento fra conduttori. In qualche Paese è prescritto che l'isolamento delle spire d'ingresso del trasformatore (5 a 10% del numero di spire totali) deva poter resistere a una tensione variabile, dalle prime alle ultime spire del quantitativo suddetto, fra la tensione di esercizio e 1/4 ÷ 1/3 di tale tensione; la durata della prova varia da qualche secondo a un minuto. Si dovrebbe così ovviare agli effetti della concentrazione delle tensioni d'impulso nelle prime spire di un avvolgimento. In altri Paesi si è andati anche oltre, adottando per il collaudo delle vere prove d'impulso, come quelle che si fanno per gli isolatori, con una durata di 10"; la prova è completata da un'altra di isolamento fra spire a una tensione pari a 1,3 ÷ 2 volte la tensione di esercizio; quest'ultima prova dovrebbe servire a rivelare i danni eventualmente prodotti all'isolamento dalla prova all'impulso.

Secondo i costruttori, nè l'uno mè l'altro di questi tipi di prove sarebbe soddisfacente. Per il primo tipo si osserva che la durata della prova è troppo lunga e che pertanto non è in relazione alla durata probabile delle sovratensioni che hanno luogo in esercizio: il materiale sarebbe dunque sottoposto inutilmente a una sollecitazione eccessiva poichè, per le durate suddette, la tensione di perforazione risulta diminuita per gli effetti secondarî elettrici e di riscaldamento. Inoltre, siccome le sollecitazioni alle quali è sottoposto il materiale sotto un'onda a fronte ripido dipendono anche dalla capacità delle bobine fra loro e verso terra, bisognerebbe poter cambiare le condizioni di prova da un trasformatore all'altro. Parrebbe dunque più opportuno fidarsi delle prove praticate sull'isolamento in sede di costruzione.

Il secondo tipo di prescrizioni presenterebbe per contro l'inconveniente che la prova a frequenza industriale dopo la prova ad impulso sarebbe insufficiente per rivelare gli eventuali guasti dell'isolamento; pare inoltre dubbia l'opportunità di spingere tanto oltre la sollecitazione del materiale, mentre d'altronde sembra difficile riprodurre esattamente le condizioni d'esercizio.

Una questione così delicata non può essere risolta alla leggera; basti qui rilevare che le prescrizioni per la prova delle macchine hanno un'importanza fondamentale per la protezione di queste contro le sovratensioni e che è interesse degli esercenti esaminare seriamente il problema. Questo si presenta poi diversamente per i trasformatori e per le macchine rotanti.

Da qualche anno a questa parte è stato studiato un altro modo di ovviare ai pericoli delle sovratensioni nei trasformatori. Se infatti si neutralizza l'effetto delle capacità verso terra delle bobine, si viene a sopprimere la causa della ripartizione irregolare del potenziale quando un'onda a fronte ripido entra in un avvolgimento e pertanto anche le oscillazioni che altrimenti si produrrebbero nel passaggio dallo stato iniziale allo stato finale. È questo il principio del trasformatore *antirisonante*, nel quale la protezione è realizzata per mezzo di schermi metallici posti esteriormente all'avvolgimento e collegati al morsetto verso la linea.

Il sistema è stato studiato per trasformatori col neutro direttamente a terra; se invece la messa a terra è realizzata attraverso un'impedenza, bisogna ricorrere a una combinazione di resistenza e capacità oppure di resistenza, capacità ed induttanza (*impedor*), la cui impedenza a frequenza normale è sufficiente per limitare al valore voluto le correnti di corto circuito mentre l'impedenza d'onda è bassissima.

Sono già stati costruiti trasformatori antirisonanti per qualche milione di kVA ma i relativi dati di esercizio si riferiscono a un tempo troppo breve per avere molto valore. Ad ogni modo il tentativo è assai interessante e merita tutta l'attenzione dei tecnici.

Ricorderemo anche le prove a tensione d'impulso che sono state fatte recentemente su grandi trasformatori americani, con onde aventi una ripidità del fronte di 11 kV/μs e cioè quasi il triplo dei massimi fin qui rilevati in esercizio. Le prove hanno dimostrato che è possibile costruire trasformatori atti a resistere alle sovratensioni, anche quelle che si producono nelle immediate vicinanze della sottostazione. Con altre prove è stata messa in evidenza la correlazione fra l'isolamento delle diverse parti di un impianto.

Per le macchine rotanti il problema va considerato sotto due aspetti: limitare l'entità delle sovratensioni possibili; prevenire le perforazioni dell'isolamento in caso di sovratensioni.

Una causa possibile di sovratensioni è la presenza di armoniche di ordine superiore nella curva d'onda della tensione all'alternatore; queste armoniche vengono eliminate principalmente col diminuire il passo dell'avvolgimento e col dare alla espansione polare una forma opportuna. La gabbia di scoiattolo applicata all'induttore delle macchine sincrone serve a diminuire la durata delle correnti di corto circuito quando si produce un corto circuito tripolare e a ridurre le sovratensioni sulla terza fase quando il corto circuito è bipolare.

Per evitare le perforazioni si cura sopratutto l'isolamento fra conduttori. Si potrebbero isolare maggiormente le spire d'ingresso, ma è preferibile fin che è possibile di isolare uniformemente tutti i conduttori; è questo anzi un principio molto importante. Infine per tensioni abbastanza elevate è necessario evitare assolutamente le inclusioni d'aria nell'isolante, in modo che non si abbia produzione di ozono, così pericoloso per gli avvolgimenti.

***

Da quando le ricerche in esercizio hanno rivelato la preponderanza delle sovratensioni atmosferiche si ricorre in maggior misura a una serie di dispositivi di protezione di natura preventiva e localizzati alle linee aeree.

Molto diffusa è sopratutto l'adozione di uno o di più fili di guardia, posti superiormente ai conduttori e il cui compito principale, secondo le idee fin qui seguite, consisterebbe nell'attenuare le tensioni indotte sulla linea per effetto di scariche atmosferiche. La protezione data dai fili di guardia riguarda tanto le cariche elettrostatiche dei conduttori che le onde mobili percorrenti la linea quando tali cariche sono rese libere di muoversi per effetto della avvenuta scarica atmosferica. Il grado di protezione ottenuto è documentato da un ricchissimo materiale statistico e sperimentale, sopratutto americano, che riguarda tanto la diminuzione percentuale delle tensioni indotte che la riduzione del numero di interruzioni di servizio. È interessante rilevare che la protezione constatata sperimentalmente ed espressa in per cento della tensione indotta corrisponde a quella calcolata analiticamente.

In teoria l'adozione del filo di guardia dovrebbe essere consigliata unicamente da ragioni fisiche, come la posizione della linea (frequenza e violenza dei temporali) e la disposizione dei conduttori, sopratutto la loro altezza sul suolo. Siccome questa altezza dipende in parte dalla tensione di esercizio, l'opportunità dei fili di terra appare sopratutto per linee a tensioni oltre 40-50 kV. La protezione non è proporzionale al numero dei fili di guardia.

In questi ultimi tempi agli Stati Uniti la disposizione adottata per le treccie di guardia ha subito una variante in relazione alle nuove teorie formulate sul meccanismo della scarica atmosferica e sulla frequenza e la violenza rispettive delle scariche positive e negative. Sembra che le nubi negative si scarichino spesso sulle linee di trasmissione e che i fili di guardia posti superiormente ai conduttori agiscano come punto iniziale della scarica,

proteggendo quindi effettivamente i conduttori. Risulta pertanto l'opportunità di aumentare l'altezza dei fili di guardia rispetto ai conduttori e di disporli in modo che questi siano compresi nel cono di protezione di quelli.

Nei riguardi della protezione contro i colpi di fulmine diretti si è visto che l'impiego dei fili di guardia va messo in relazione con la resistenza di terra dei supporti. Per effetto della corrente di scarica che passa a terra attraverso l'impedenza della base del palo si stabilisce in questo, e per conseguenza sulle catene di isolatori, un certo potenziale, donde la necessità di una resistenza di terra tanto minore quanto maggiore è la corrente probabile. Bisogna ricordare a questo proposito che la resistenza alle onde a fronte ripido differisce alquanto da quella a frequenza normale.

Per i casi in cui non sia possibile ottenere resistenze di terra sufficientemente basse è stata proposta l'adozione di conduttori interrati che uniscono l'una all'altra le basi dei sostegni (*counterpoises*), ciò che diminuisce la resistenza di terra. Essendo questo dispositivo piuttosto costoso, la sua adozione è solo in alcuni casi giustificata dal punto di vista economico.

Per estensione dell'ufficio attribuito ai fili di guardia propriamente detti è stata proposta l'adozione di fili parafulmini, posti molto più alti dei primi e che è opportuno non siano collegati alle basi dei pali. In tal caso essi sono utili quando sia impossibile avere resistenze di terra abbastanza basse, ma la spesa relativa è considerevole, sopratutto per la necessità di sostegni molto robusti o anche di strutture metalliche a parte.

Ricorderò infine di sfuggita che in America si è manifestata la tendenza ad utilizzare il potere isolante delle linee su pali in legno. Sarebbe anche interessante chiedersi qual'è il comportamento delle condutture con sostegni in cemento armato rispetto a quelle con pali in ferro a traliccio.

Per quanto riguarda le sottostazioni, non va dimenticato l'effetto dell'attenuazione delle onde lungo la linea aerea. Vien fatto di rilevare a questo proposito l'importanza degli studi sull'effetto corona con onde a fronte ripido o ad alta frequenza.

***

Due sono gli scopi prefissimi: in primo luogo, presentare un quadro d'insieme delle misure di protezione più recenti contro le sovratensioni negli impianti ad alta ed altissima tensione; in secondo luogo, richiamare l'attenzione degli esercenti su qualche punto che mi sembra particolarmente importante.

Ho dunque trascurato nel mio esame tutte quelle misure ancora abbastanza diffuse in Europa ma che sono adottate ormai sopratutto per abitudine e delle quali ci si considera già soddisfatti quando non danno luogo a inconvenienti. Così pure non ho parlato della messa a terra del neutro perchè, per gli impianti ad alta ed altissima tensione, si tratta di una misura adottata da molto tempo per ragioni che non riguardano la protezione.

Se ho insistito sul gran numero di elementi che vanno considerati nello stabilire la protezione di una rete, è perchè volevo mettere in evidenza la complessità del problema e provare così che esso può essere risolto solo con uno studio comprensivo, basato su dati tecnici e statistici. È assolutamente errato adottare una data protezione per un impianto perchè essa ha fatto buona prova in un altro; ogni impianto con le sue varie parti deve essere considerato a sè e nel suo ambiente. Per questa ragione mi sono limitata ad indicare i criteri che regolano in generale la protezione, senza entrare in molti dettagli.

Ciò è consigliato d'altronde anche dal fatto che la questione non è ancora completamente nota; in questi ultimi anni si son fatti molti progressi ma restano ancora parecchi punti da chiarire. In particolare la questione della curva d'onda da adottare per i calcoli di isolamento, il comportamento delle strutture isolanti sotto impulsi di tensione, la scelta delle prove da adottare per il collaudo delle macchine devono essere ulteriormente studiate.

Voglio ancora insistere sull'utilità delle statistiche di esercizio e sopratutto dei rilievi oscillografici di sovratensioni. È questo anzi un punto essenziale; il solo buon senso ci dice infatti che bisogna conoscer bene il nemico contro il quale dobbiamo difenderci. In particolare il calcolo dell'isolamento parte da un presupposto fondamentale e cioè quello di una certa curva d'onda; se dunque il punto di partenza non corrisponde alle condizioni reali, anche tutte le deduzioni saranno errate. L'efficacia più o meno grande di certe misure di protezione è pure da mettere in rapporto con l'importanza delle sovratensioni che possono temersi.

La necessità di statistiche è evidente sopratutto per le sovratensioni di origine atmosferica, le cui frequenze ed ampiezze possono differire considerevolmente da una regione all'altra. Agli Stati Uniti si è già raccolto un materiale statistico abbondantissimo, ma è forse prudente per le Società elettriche europee di non servirsene prima d'averlo potuto confrontare con un materiale altrettanto ricco riguardante i nostri Paesi; ciò sopratutto in relazione alla grande estensione delle reti americane in confronto a quelle europee e alle speciali condizioni climatiche.

Abbiamo visto che sembra ormai possibile proteggere efficacemente qualsiasi impianto contro i pericoli di sovratensioni, ma bisogna naturalmente che la spesa più o meno ingente delle misure adottate possa ritenersi giustificata. Quando le disposizioni fin qui consigliate risultino troppo costose per l'impianto di cui si tratta, si deve naturalmente ricorrere alla protezione di macchine ed interruttori con apparecchi di protezione posti nelle centrali e sottostazioni.

Riassumendo si può dire che i principî fissati in questi ultimi tempi per la protezione contro le onde mobili si ispirano alla massima semplicità, tendendo solo a coordinare i varî elementi delle reti senza introdurvi per quanto possibile elementi nuovi e utilizzando l'attitudine dei trasformatori e interruttori moderni a resistere alle sovratensioni; inoltre, essendo ormai dimostrato che le sovratensioni più pericolose sono quelle provocate da scariche atmosferiche dirette, è stato possibile integrare queste misure con altre a carattere preventivo.

Tutte queste disposizioni riguardano la costruzione, ma alla protezione contribuisce validamente anche la sorveglianza continua e la manutenzione accurata delle diverse parti dell'impianto; qualche esercente vi fa anzi molto assegnamento.

Concludendo credo si possa dire che la tecnica moderna è sulla buona via per risolvere le difficoltà inerenti alla protezione contro le sovratensioni ma che la via da percorrere è ancora lunga e che pertanto occorre persistere con fiducia nelle ricerche intraprese per la risoluzione definitiva del problema.

ING. MARIA ARTINI.

# Appendice

Il questionario sulle sovratensioni rilevate in esercizio e sulle protezioni adottate è stato mandato a tutte le Associazioni Nazionali della UNIPEDE, che a loro volta l'hanno distribuito ai loro Membri. Hanno risposto quaranta Imprese Elettriche, in maggioranza francesi e italiane; inoltre la Union de Centrales Suisses d'Electricité e il Vereeniging van Directeuren van Electriciteizbedrijven in Nederland hanno redatto ciascuno una memoria riassuntiva riguardante rispettivamente le Società elettriche svizzere ed olandesi.

Non tutte le risposte hanno la stessa importanza. In generale non è stato capito che il questionario rappresentava soltanto uno schema da seguire, e che si chiedeva sopratutto l'opinione degli esercenti sul problema, opinione che naturalmente doveva basarsi sull'esperienza pratica. Inoltre ho dovuto eliminare qualche risposta che si riferiva a reti a bassa tensione, le quali non sono state esaminate nel mio rapporto, o ad impianti recenti senza esperienza di esercizio. In complesso il materiale statistico raccolto è molto povero, sopratutto se si pensa alla diversità degli impianti considerati; non può dunque in alcun modo ritenersi che il riassunto seguente rappresenti la pratica corrente europea.

Il questionario riguardava i punti seguenti:

1) *Dati sulle sovratensioni.* – L'impiego dell'oscillografo è rarissimo; il rapporto svizzero cita le recenti ricerche sulla rete delle Ferrovie Federali Svizzere, i cui risultati sono stati esposti dal Sig. Berger all'ultima Sessione della Conferenza delle grandi reti elettriche ad alta tensione; una Società Danese ha fatto qualche esperienza con un oscillografo e basta.

Dalle risposte ricevute risulta che un piccolo numero di clidonografi è installato in qualche paese, come la Svizzera e l'Italia, mentre qualche Società ne prevede l'adozione in futuro. L'utilità di questi apparecchi sembra però piuttosto limitata: prima di tutto l'interpretazione delle figure di Lichtenberg è piuttosto incerta e d'altra parte per raggiungere risultati tangibili bisognerebbe poter disporre per una stessa rete di parecchi clidonografi, mentre di solito ne viene installato uno solo in vicinanza di una sottostazione. La risposta svizzera ricorda che sulla rete delle Ferrovie Federali la tensione massima rilevata in due anni è di 550 kV (circa 6 volte la tensione di esercizio); la Società Cisalpina di Milano ha registrato in tre anni sulle sua rete a 130 kV un massimo di 500 kV; e una Società Danese un massimo di 150 kV in due anni su una rete a 50 kV; in quest'ultimo caso la regione attraversata dalle linee non è soggetta a temporali violenti.

Sulle percentuali di sovratensioni di diversa origine mi son state fornite solo indicazioni sporadiche; le due Associazioni Nazionali suddette e la maggior parte delle Imprese si limitano ad accennare alla preponderanza delle sovratensioni atmosferiche, che sarebbero le sole pericolose e che potrebbero rappresentare (Compagnie Lorraine d'Electricité) fino al 90% delle totali. In regioni poco battute dai temporali mi è stato però segnalato qualche volta un maggior numero di sovratensioni per corti circuiti ed archi a terra accidentali.

2) *Misure da adottare per la protezione contro le sovratensioni.* – Le domande su questo punto riguardavano prima di tutto l'*isolamento*.

Per l'isolamento delle linee aeree è stato impossibile trovare qualsiasi uniformità nei coefficienti di sicurezza adottati. Ricorderò soltanto che si va generalizzando l'impiego di isolatori sospesi anche per tensioni di 40-50 kV; che sembra di uso generale l'adozione di un maggior numero di elementi nelle catene di isolatori in amarraggio rispetto alle catene di sospensione; che per estensione qualche Società aumenta il numero di elementi per catena in località vicino al mare e in tutti i punti nei quali la caduta di un conduttore può portare gravi conseguenze, diminuendolo eventualmente per linee di importanza minore. A quanto pare anche per le linee più recenti nessuno si è preoccupato di determinare a priori il fattore d'impulso degli isolatori di linea per le sovratensioni probabili; ricorderò nondimeno che questo studio è stato fatto per una linea italiana a 200 kV con vantaggio considerevole per l'esercizio.

Il criterio di diminuire l'isolamento delle linee nel tratto vicino alla sottostazione è seguito da pochissime tra le Società elettriche che hanno riposto al questionario, sembra con risultati soddisfacenti. La maggioranza adotta un isolamento costante, sopratutto dove l'energia proviene da varie parti; qualche Società aumenta perfino l'isolamento in vicinanza della sottostazione, senza però dirne i risultati.

Molte Imprese hanno affermato d'avere lo stesso isolamento sulle linee e nelle sottostazioni, senza spiegarsi maggiormente; il rapporto olandese dice che nei Paesi Bassi si è sempre cercato che le sottostazioni e gli apparecchi siano isolati meglio delle linee; il rapporto svizzero accenna all'adozione di un isolamento perfetto nelle sottostazioni e centrali, in modo che le sovratensioni si manifestino sugli isolatori di linea e mai nell'interno delle centrali; la stessa osservazione è fatta da due Società Elettriche italiane. Qualche esercente per contro esprime il parere che vadano isolate maggiormente le linee, per il fatto che queste sono più esposte ai difetti d'isolamento.

L'adozione di un *filo di guardia* è quasi generale per le linee a tensione oltre 40-50 kV e qualche volta anche per tensioni di 30-40 kV; per contro l'impiego di due fili di guardia rappresenta l'eccezione e in ogni modo è limitato alle linee più importanti. Nei Paesi Bassi però si installano normalmente due fili di guardia sulle recenti linee a tensione di 50 kV a due terne. Alcune Imprese limitano questa misura alle linee in regioni alpestri o molto soggette a temporali. I fili di guardia sono quasi sempre disposti sulla punta del palo e solo per qualche linea a bassa tensione sono installati sotto i conduttori: in questo caso si tratta propriamente di fili di terra, che servono cioè a realizzare una buona messa a terra delle armature e dei sostegni. Qualche volta l'esercente ha chiarito di aver messo il filo di guardia sopratutto per rinforzare la linea dal punto di vista meccanico. Nelle risposte sono citati uno o due casi nei quali si è dovuto togliere il filo di guardia per gli incidenti di natura meccanica al quale esso dava luogo (rottura del filo), mentre i vantaggi ottenuti sono documentati da due o tre Società che hanno l'esperienza di linee in condizioni analoghe con e senza filo di guardia; negli altri casi è naturalmente assai difficile poter apprezzare tali vantaggi, poichè la coesistenza del filo di guardia con altre misure di protezione può alterare i risultati di esercizio. È interessante tuttavia osservare il numero eccezionale di archi provocati da sovratensioni di origine atmosferica (da uno a due per anno e per km di linea) segnalato su una rete senza filo di guardia; per una rete con filo di guardia, posta in una regione soggetta a temporali frequenti, sono stati segnalati da quattro a cinque scatti di interruttori per 100 km di linea in un anno.

Gli *anelli* e sopratutto le *corna di protezione* sulle catene di isolatori sembrano abbastanza diffusi ma non di uso generale; il loro vantaggio sembra consistere sopratutto nella protezione dei conduttori e isolatori contro gli effetti termici e meccanici dell'arco.

Gli apparecchi di protezione propriamente detti, come *scaricatori, bobine di self e condensatori,* non hanno dato a quanto pare risultati troppo soddisfacenti. La metà circa delle Società che hanno risposto al questionario ricorda di aver dovuto sopprimere qualche apparecchio di questo tipo per gli inconvenienti ai quali dava luogo; una Società, eliminando qualsiasi apparecchio di protezione all'infuori delle bobine di estinsione avrebbe ridotto gli incidenti di esercizio nella proporzione da tre a uno. Sopratutto gli scaricatori a corna e a getto d'acqua hanno provocato frequenti disturbi, mentre i condensatori hanno subito guasti frequenti; per quanto riguarda le bobine di self molti hanno detto di non aver trovato vantaggio impiegandole. Molte Società non hanno esitato ad affermare la loro tendenza a sopprimere per quanto possibile tutti questi dispositivi; la risposta olandese dice che attualmente le linee a 50 kV funzionano si può dire senza protezione, ma che però vengon seguiti con interesse gli studi di nuovi apparecchi destinati a sostituire i dispositivi poco soddisfacenti ormai caduti in disuso; la risposta svizzera chiarisce che soltanto quando l'isolamento perfetto risulti troppo costoso ci si serve di apparecchi di protezione inseriti fra linea e terra all'ingresso delle sottostazioni e centrali o sulle sbarre ad alta tensione. In generale gli apparecchi di protezione più usati (scaricatori a valvole e di tipo Bendmann; bobine Campos, sopratutto in Italia; smorzatori Ledoux in Francia) sono installati all'ingresso delle sottostazioni.

Per quanto riguarda i *trasformatori,* risulta dalla grandissima

maggioranza delle risposte che l'uso di isolare maggiormente le prime spire degli avvolgimenti ad alta tensione è ormai generalizzato; molti indicano anche che tali spire sono isolate per la tensione totale, ma in genere non vi è uniformità nelle prescrizioni imposte ai costruttori. Qualche volta viene accennato che le bobine verso il neutro sono costruite per la stessa tensione di quelle d'ingresso, in modo che sia possibile realizzare il neutro all'una o all'altra estremità dell'avvolgimento. Abbastanza spesso è prescritto un grado maggiore di isolamento per i passanti, sempre allo scopo di ottenere una buona resistenza alle sovratensioni; in qualche raro caso è precisato che i passanti devono esser tali da permettere piuttosto un arco sull'isolatore che una perforazione dell'isolamento interno del trasformatore.

I trasformatori *antirisonanti* non sono stati adottati dalle Società che hanno risposto al questionario, anche per la ragione che è allora necessario avere il neutro direttamente a terra. La risposta olandese accenna che in alcuni casi vengono impiegati degli anelli per ottenere una ripartizione più regolare del potenziale lungo l'avvolgimento; questa misura ricorda quelle adottate contro la risonanza. Il fattore d'impulso dell'isolamento dei trasformatori non è indicato in nessuna risposta; solo una Società cita un fattore variabile fra 2 e 3 secondo la forma dell'onda e secondo le altre condizioni.

Le *resistenze d'inserzione* per gli interruttori sono impiegate solo da una piccola frazione delle Società che hanno inviato risposte; molte che le avevano adottate le hanno poi soppresse o stanno sopprimendole, non avendone ricavato alcuna utilità.

Raramente gli *interruttori* sono seriamente danneggiati dalle sovratensioni; per lo più si constatano semplicemente adescamenti d'arco sui passanti; qualche risposta afferma che solo le perturbazioni atmosferiche hanno potuto provocare la distruzione di interruttori. Stando alle risposte ricevute, gli interruttori sono largamente proporzionati rispetto alle condizioni di esercizio, ma non è stato possibile stabilire in che misura: la tensione nominale degli interruttori è variabile fra 1 e 2 volte la tensione di esercizio; si può dire tuttavia che è abbastanza frequente un margine di sicurezza di 20 ÷ 30 %. Qualche volta viene consigliata l'adozione di anelli o di corna di protezione ai morsetti degli interruttori.

La *messa a terra del neutro* deve essere considerata a parte, perchè serve bensì anche come misura di protezione contro le sovratensioni, ma non è questa in genere la causa che ne consiglia l'adozione; inoltre in qualche Paese il sistema con neutro a terra è considerato con diffidenza dalle Pubbliche Amministrazioni. Ne consegue che molti esercenti, dopo aver detto che i loro impianti funzionano con neutro isolato, affermano di considerare la messa a terra come una misura opportuna per la protezione dei trasformatori contro gli archi a terra. In ogni modo gli impianti con neutro a terra rappresentano la maggioranza di quelli considerati: in metà dei casi il neutro è direttamente a terra, ma spesso s'impiegano induttanze o resistenze ohmiche. La *bobina di Petersen* è abbastanza diffusa ma i pareri sull'opportunità di questo dispositivo non sono concordi. Qualche volta si ricorre a *trasformatori Bauch.*

3) *Risultati delle protezioni contro le sovratensioni.* – Questo punto è naturalmente il più interessante del questionario ma purtroppo è anche quello per il quale si sono avute meno risposte oppure dati inconcludenti. La risposta più frequente è che risulta impossibile giudicare l'opportunità delle misure adottate perchè non si son potuti fare confronti fra l'esercizio con e senza protezioni, venendo queste installate all'atto della costruzione degli impianti. Tuttavia qualche esercente ha creduto di poter esprimere nettamente il proprio parere.

Ricorderò prima di tutto che nelle reti in questione gli incidenti provocati dalle sovratensioni non sembrano in generale nè molto frequenti nè molto gravi. Le sovratensioni più pericolose sembrano quelle di origine atmosferica: cito in proposito qualche numero di perturbazioni atmosferiche per 100 km di linea e per anno: 3,5 ÷ 3,8 *perturbazioni* per scariche dirette (le scariche indirette non danno luogo a perturbazioni), cifra indicata dalle Ferrovie Federali Svizzere per linee a 130 kV; 6,3 *archi* su una linea italiana a 130 kV, cifra media per due anni consecutivi; 4,5 *scatti d'interruttori* verificati nel 1930 su una rete francese a 45 kV (temporali frequenti).

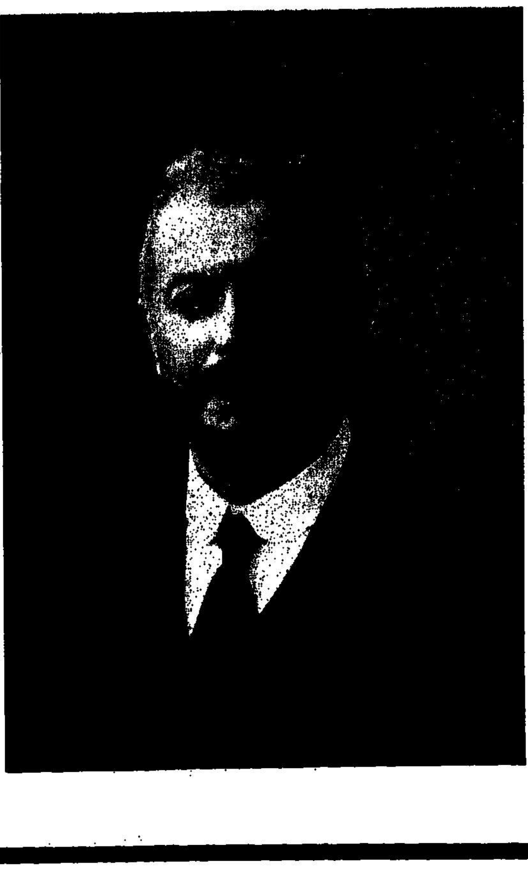
Poichè il parere degli esercenti sui diversi dispositivi considerati è stato riferito via via, mi limiterò a indicare qualche punto di vista espresso nelle risposte ricevute. Per una rete molto estesa a 45 kV la Società preconizza l'impiego di fili di guardia, di un buon isolamento e di mensole in legno per le linee e di bobine di self in derivazione per le sottostazioni. Una rete importante a 150-90-60 kV avrebbe avuto solo incidenti insignificanti grazie alla manutenzione molto accurata. Una Società afferma che gli incidenti di esercizio nei proprî impianti sono diminuiti man mano che veniva migliorata la tecnica costruttiva degli impianti stessi. Infine un piccolo gruppo di esercenti afferma di vedere la soluzione del problema nell'adozione di un coefficiente di sicurezza elevato per l'isolamento e nell'installazione di trasformatori e apparecchiature capaci di resistere alle sovratensioni; la tendenza di questo gruppo è nettamente contraria agli apparecchi di protezione.

ING. MARIA ARTINI.

# ING. ADOLFO FOSCARINI

Il N. U. Dr. Ing. Foscarini è deceduto il 22 Agosto u. s.

Perdiamo con Lui uno dei veterani dell' Industria elettrica italiana, avendo appartenuto alla « Edison » fino dal 1888. Nel 1893 iniziò la costruzione della prima tramvia elettrica milanese (terza in Italia dopo la Firenze-Fiesole e l'esperimento di Roma): passò quindi a dirigere l'esercizio della rete tramviaria milanese che costituì il modello sul quale si foggiarono poi le reti italiane più importanti. Passò nel 1917 a dirigere le linee suburbane avendo il Comune assunto quelle cittadine: fu Presidente della « Stel » fino dalla fondazione, amministratore ed anima di altre aziende affini.



La sua grande competenza in materia di trazione e di organizzazione Gli erano universalmente riconosciute.

Durante la guerra e nel doloroso periodo degli scioperi con coraggio, sacrificio ed intelligenza seppe, fra le infinite difficoltà del momento, organizzare i servizi pubblici a Lui affidati in modo da averne universale lode. La Sua bontà d'animo, le rare qualità di tecnico, la schietta giovialità del porgere, la grande modestia Gli valsero l'affetto dei dipendenti, la stima dei Colleghi e delle Autorità, l'amicizia di quanti l'avvicinarono.

È un altro pioniere che scompare: l'industria elettrica s'inchina reverente e commossa alla Sua memoria.

ING. CARMELO CAMINITI

# Correnti di capacità nelle linee trifasi

*Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique »*

Parigi, luglio 1932

## 1) PREMESSE.

Se $a$ e $b$ sono le armature di un condensatore (fig. 1), quando esse vengono portate rispettivamente ai potenziali $v_a$ e $v_b$, si

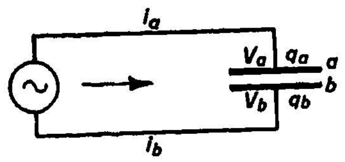



Fig. 1.

caricano delle quantità di elettricità $q_a$ e $q_b$ tali che, se $C$ è la capacità del condensatore, risulti:

$$\left. \begin{aligned} q_a &= (v_a - v_b)\ C \\ q_b &= (v_b - v_a)\ C \end{aligned} \right\}$$

Notoriamente è: $q_a = -q_b$; $v_a - v_b = -(v_b - v_a)$.

Se la differenza di potenziale $v_a - v_b$ è alternativa sinusoidale, anche le cariche sulle armature varieranno con legge alternativa sinusoidale.

Precisamente se:

$$v_a - v_b = V \text{ sen } w\,t$$

e quindi:

$$v_b - v_a = -V \text{ sen } w\,t$$

sarà:

$$q_a = CV \text{ sen } w\,t$$

$$q_b = -CV \text{ sen } w\,t$$

Indicando con $i_a$ ed $i_b$ le correnti necessarie per fornire le cariche sulle armature, dovrà essere:

$$i_a = \frac{d\,q_a}{d\,t} = CV \text{ sen } (w\,t + 90)$$

$$i_b = \frac{d\,q_b}{d\,t} = -CV \text{ sen } (w\,t + 90)$$

Cioè le correnti che vanno ad alimentare le due armature del condensatore sono uguali e di segno contrario.

## 2) CAPACITÀ PARZIALI E TOTALI DI UN SISTEMA DI CONDUTTORI.

Sia dato un sistema di conduttori isolati paralleli, cilindrici 1, 2, 3 ................ $n$ (fig. 2), comunque disposti al di sopra del piano terrestre $t$. Indichiamo con:

$r_1, r_2, r_3$ ............ $r_n$ i raggi dei conduttori;

$d_{12}, d_{13}, d_{23}$ .......... le distanze reciproche;

$D_{11}, D_{12}, D_{13}$ ........ la distanza tra un conduttore e la propria immagine o l'immagine di un altro conduttore rispetto al piano $t$;

$v_1, v_2$ ............... $v_n$ i potenziali dei condutori;

$q_1, q_2$ ............... $q_n$ le cariche relative

$v_{12}, v_{13}$ .............. le dd. p. tra due conduttori.

Sarà evidentemente:

$v_{12} = -v_{21}$; $v_{13} = -v_{31}$; ecc.

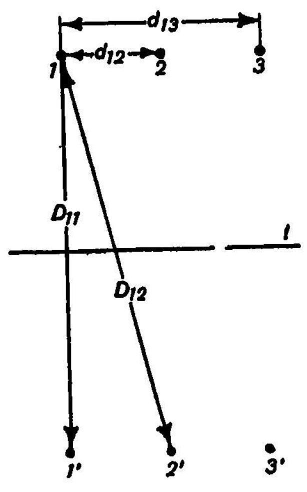



Fig. 2.

È noto che i potenziali e le cariche del sistema di conduttori sono legati dalle equazioni di Maxwell:

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= p_{11} q_1 + p_{12} q_2 + \dots\dots\dots + p_{1n} q_n \\ v_2 &= p_{21} q_1 + p_{22} q_2 + \dots\dots\dots + p_{2n} q_n \\ &\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ v_n &= p_{n1} q_1 + p_{n2} q_2 + \dots\dots\dots + p_{nn} q_n \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Dalla prima equazione risulta che il coefficiente $p_{11}$ rappresenta il potenziale che assume il conduttore 1 quando tutti gli altri sono scarichi ed isolati mentre esso ha la carica unitaria. Con le disposizioni che si hanno comunemente nelle linee aeree, ognuno degli altri conduttori non ha influenza apprezzabile sul valore di $p_{11}$. Infatti su ognuno degli altri conduttori — dato che essi sono isolati — si inducono due cariche uguali e contrarie poste approssimativamente alle stessa distanza dal conduttore 1, quindi la loro azione si può ritenere nulla. Perciò per determinare il coefficiente $p_{11}$, occorrerà considerare solamente il sistema costituito dal conduttore 1 e dalla terra.

Con le notazione dianzi stabilite, avremo quindi:

$$p_{11} = 2 \times 2{,}3 \times \log_{10} \frac{D_{11}}{r_1} \text{ unità assolute per cm.}$$

Volendo ottenere il valore di $p_{11}$ in unità pratiche e per km bisognerà moltiplicare l'espressione precedente per $(3 \times 10^{10})^2$ e dividere per $10^9 \times 10^6$ essendo $(3 \times 10^{10})$ il rapporto fra le unità elettromagnetiche ed elettrostatiche di massa elettrica; $\frac{1}{3 \times 10^{10}}$ il rapporto tra le unità elettromagnetiche ed elettrostatiche di potenziale; $\frac{1}{10^9}$ il numero di unità C.G.S. elettromagnetiche contenute in un Farad; $10^6$ il numero di cm. contenuti in un km.

Sarà quindi:

$$p_{11} = 2 \times 2{,}3 \times 9 \times 10^6 \times \log_{10} \frac{D_{11}}{r_1} \text{ unità pratiche per km} \quad (2)$$

Analoghe espressioni si trovano per i coefficienti $p_{22}$, $p_{33}$ ..... ecc. Il coefficiente $p_{12}$ rappresenta la carica che assume il conduttore 1 quando esso ed i conduttori 3, 4 ....... $n$ sono scarichi mentre il conduttore 2 ha la carica unitaria.

Si dimostra che:

$$p_{12} = 2 \times 2{,}3 \times 9 \times 10^6 \log_{10} \frac{D12'}{d_{12}} \text{ unità pratiche per km} \quad (3)$$

Analoghe espressioni si trovano per i coefficienti $p_{13}$; $p_{14}$.....; $p_{21}$; ecc. Stabilito così il modo di calcolare i coefficienti $p$ (coefficienti potenziali) immaginiamo di risolvere il sistema (1) rispetto alle $q$. Otterremo un altro sistema della forma:

$$q_1 = q_{11}\, v_1 + q_{12}\, v_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots q_{1n}\, v_n$$

$$\left.\begin{array}{l} q_2 = q_{21}\, v_1 + q_{22}\, v_2 + \ldots\ldots\ldots + q_{2n}\, v_n \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ q_n = q_{n1}\, v_1 + q_{n2}\, v_2 \ldots\ldots\ldots\ldots + q_{nn}\, v_n \end{array}\right\} \quad (4)$$

in cui i coefficienti $q$ sono funzioni di quelli $p$ dianzi calcolati. Il coefficiente $q_{11}$ rappresenta la carica che assume il conduttore 1 quando tutti gli altri sono mantenuti a potenziale zero mentre esso è a potenziale unitario; $q_{12}$ rappresenta la carica che assume il conduttore 1 quando è mantenuto a potenziale zero insieme con i conduttori 3, 4 ............ n, mentre il conduttore 2 si trova a potenziale unitario; così per gli altri coefficienti.

Nessuno di questi coefficienti si presta a definire la capacità complessiva del conduttore, intesa come la carica che il conduttore assume quando il suo potenziale è superiore di una unità al potenziale della terra.

Infatti, la carica di ogni conduttore non dipende solamente dal suo potenziale, ma anche da quello degli altri conduttori; non si può quindi parlare di capacità elettrostatica nel senso in cui essa viene definita per un condensatore formato da due armature affacciate. Riesce però comodo poter esprimere la carica di ogni conduttore in funzione del potenziale proprio e della differenza tra il suo potenziale e quello degli altri conduttori; cioè potere scrivere:

$$q_1 = K_{11}\, v_1 + K_{12}\,(v_1 - v_2) + \ldots\ldots K_{1n}\,(v_1 - v_n) \quad (5)$$

ed analogamente per gli altri conduttori.

I coefficienti $K_{11}$, $K_{12}$ ............ $K_{1n}$ si chiamano «le capacità parziali» del conduttore 1 rispettivamente verso terra, verso il conduttore 2, 3 ......... ecc.

Pensando al significato fisico che hanno i coefficienti $q$, tra di essi ed i coefficienti K si possono scrivere le relazioni:

$$K_{11} = q_{11} + q_{12} + q_{13} \ldots\ldots\ldots\ldots q_{1n}$$
$$K_{12} = -q_{12};\ K_{13} = -q_{13} \ldots\ldots \text{ecc.}$$

Quando tra i potenziali $v_1$, $v_2$, .............. $v_n$ esiste una certe legge di dipendenza, la relazione (5) permette di stabilire per il conduttore 1 una capacità fittizia:

$$C_{s1} = \frac{q_1}{v_1}$$

la quale rappresenta la carica che assume per quella data configurazione il conduttore 1 quando il suo potenziale si eleva di una unità su quello della terra; analogamente per gli altri conduttori.

Similmente da relazioni analoghe alla (5) si ricavano $C_{s2}$, $C_{s3}$ ..... $C_{sn}$.

Così per es. nel caso di una linea trifase costituita di tre conduttori $a$, $b$, $c$, (fig. 3) i cui potenziali alternativi sinusoidali si possano rappresentare con tre vettori $\mathbf{V_a}$, $\mathbf{V_b}$, $\mathbf{V_c}$, di uguale ampiezza e sfasati di 120° (fig. 4) la carica del conduttore $a$

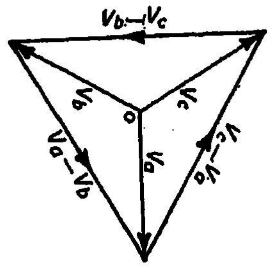



Fig. 3.

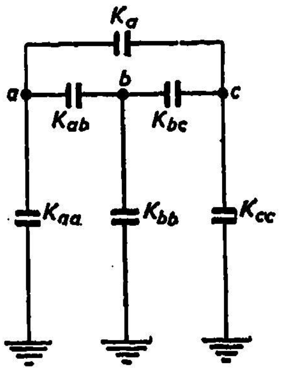



Fig. 4.

sarà anch'essa variabile con legge alternativa sinusoidale e si può quindi rappresentare con un vettore $OD$ fig. 5 somma dei tre vettori:

$$K_{aa}\,\mathbf{V_a};\ K_{ab}\,(\mathbf{V_a} - \mathbf{V_b});\ K_{ac}\,(\mathbf{V_a} - \mathbf{V_c})$$

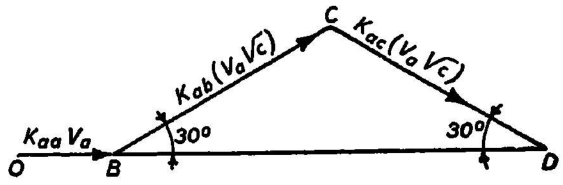



Fig. 5.

che hanno direzione coincidente rispettivamente con quella del vettore $\mathbf{V_a}$, con quella del vettore $\mathbf{V_a} - \mathbf{V_b}$ con quella del vettore $\mathbf{V_a} - \mathbf{V_c}$.

Se indichiamo, come di solito con $Q_a$, $V_a$, $V_b$, $V_c$, $V_{ab}$, $V_{ac}$, $V_{bc}$, le ampiezze dei vettori $\mathbf{Q_a}$, $\mathbf{V_a}$, $\mathbf{V_b}$, $\mathbf{V_c}$, $\mathbf{V_a} - \mathbf{V_b}$, $\mathbf{V_a} - \mathbf{V_c}$; $\mathbf{V_b} - \mathbf{V_c}$ avremo:

$$V_{ab} = V_{ac} = V_a \sqrt{3}$$

e quindi il vettore $OD$ risulterà somma dei tre vettori $OB$, $BC$, $CD$ di ampiezza rispettivamente (fig. 5)

$$OB = K_{aa}\, V_a$$
$$BC = K_{ab}\, V_a \sqrt{3}$$
$$CD = K_{ac}\, V_a \sqrt{3}$$

in fase rispettivamente con $\mathbf{V_a}$, $\mathbf{V_a} - \mathbf{V_b}$, $\mathbf{V_a} - \mathbf{V_c}$

Sarà:

$$Q_a = OD = K_{aa}\, V_a + (K_{ab} + K_{ac}) \sqrt{3}\, V_a \cos 30'$$

ovvero:

$$Q_a = \left[K_{aa} + \frac{3}{2}\,(K_{ab} + K_{ac})\right] V_a \quad (6)$$

da cui:

$$\frac{Q_a}{V_a} = C_{sa} = K_{aa} + \frac{3}{2}\,(K_{ab} + K_{ac}) \quad (7)$$

Analogamente si ottengono $C_{sb}$, $C_{sc}$.

Con questa concezione, possiamo rappresentare schematicamente le capacità della linea come nella fig. 4 intendendo che le capacità parziali sono legate alla capacità complessiva dalla relazione (7). La capacità complessiva di un conduttore di una linea di trasmissione nel senso in cui ora è stata definita, viene chiamata di solito « capacità di servizio » e si indica con il simbolo *Cs*.

3) Correnti di capacità in una linea trifase.

a) *Neutro isolato.*

Consideriamo una linea trifase alimentata da un trasformatore con il centro stella isolato ed indichiamo, al solito con:

$\mathbf{V}_a$, $\mathbf{V}_b$, $\mathbf{V}_c$ i vettori delle tensioni applicate alle tre fasi della linea;

$K_{aa}$, $K_{bb}$, $K_{cc}$, $K_{ab}$, $K_{ac}$, $K_{bc}$ le capacità parziali delle tre fasi verso terra e tra di loro;

$\mathbf{I}_{aa}$, $\mathbf{I}_{ab}$, $\mathbf{I}_{ac}$ le correnti che si hanno nella fase *a* per effetto delle capacità parziali $K_{aa}$, $K_{ab}$, $K_{ac}$;

$\mathbf{I}_{bb}$, $\mathbf{I}_{ba}$, $\mathbf{I}_{bc}$ le correnti che si hanno nella fase *b* per effetto delle capacità parziali $K_{bb}$, $K_{ab}$, $K_{bc}$;

$\mathbf{I}_{cc}$, $\mathbf{I}_{ca}$, $\mathbf{I}_{cb}$ le correnti che si hanno nella fase *c* per effetto delle capacità parziali $K_{cc}$, $K_{ac}$, $K_{bc}$.

Intenderemo sempre, anche nei casi che studieremo in seguito, le suddette correnti misurate all'inizio della linea, sicchè potremo supporre le capacità parziali concentrate in punti qualsiasi.

Con lo schema della fig. 6, trascurando le cadute di tensione che si hanno lungo i conduttori e considerando come positive

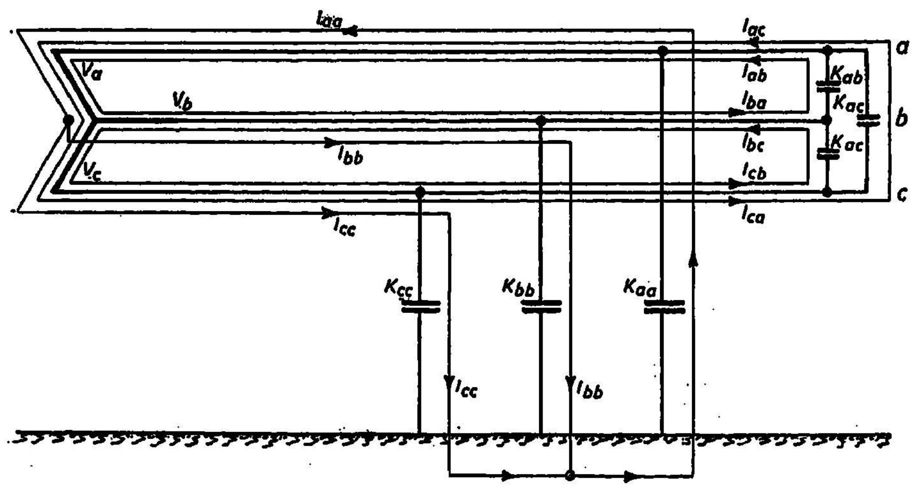



Fig. 6.

le correnti e le f.e.m. dirette nel verso secondo cui ci si allontana dal centro stella del trasformatore, per il circuito (fase *a* – capacità $K_{aa}$ – capacità $K_{bb}$ – fase *b*) si ha:

$$\mathbf{V}_a - \mathbf{I}_{aa}\frac{1}{j\,w\,K_{aa}} + \mathbf{I}_{bb}\frac{1}{j\,w\,K_{bb}} - \mathbf{V}_b = 0 \qquad (1)$$

E per i circuiti in cui sono interessate rispettivamente le fasi *b* e *c* e le fasi *a* e *c*:

$$\mathbf{V}_b - \mathbf{I}_{bb}\frac{1}{j\,w\,K_{bb}} + \mathbf{I}_{cc}\frac{1}{j\,w\,K_{cc}} - \mathbf{V}_c = 0 \qquad (2)$$

$$\mathbf{V}_c - \mathbf{I}_{cc}\frac{1}{j\,w\,K_{cc}} + \mathbf{I}_{aa}\frac{1}{j\,w\,K_{aa}} - \mathbf{V}_a = 0 \qquad (3)$$

Inoltre, non potendosi avere accumulazione di cariche in alcun punto del sistema, deve essere soddisfatta la condizione:

$$\mathbf{I}_{aa} + \mathbf{I}_{bb} + \mathbf{I}_{cc} = 0 \qquad (4)$$

Le relazioni (1), (2), (3) non sono tutte e 3 indipendenti, poichè ognuna di esse si ottiene dalla somma delle altre due.

I valori di $\mathbf{I}_{aa}$, $\mathbf{I}_{bb}$, $\mathbf{I}_{cc}$ restano quindi determinati da 2 qualsiasi delle (1), (2), (3) e dalla (4).

Nel caso particolare in cui $\begin{cases} K_{aa} = K_{bb} = K_{cc} = C; \\ \mathbf{V}_b = \alpha\,\mathbf{V}_c = \alpha^2\,\mathbf{V}_a \ (1) \end{cases}$

cioè nel caso in cui il sistema delle capacità e delle tensioni sia perfettamente simmetrico rispetto alle 3 fasi, risulta:

$$\mathbf{I}_{bb} = \alpha\ \mathbf{I}_{cc} = \alpha^2\ \mathbf{I}_{aa}$$

da due qualsiasi delle relazioni e (1), (2), (3) e dalla (4) si ricava:

$$\left.\begin{aligned} \mathbf{I}_{aa} &= j\ w\ C\ \mathbf{V}_a \\ \mathbf{I}_{bb} &= j\ w\ C\ \mathbf{V}_b \\ \mathbf{I}_{cc} &= j\ w\ C\ \mathbf{V}_c \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

Le correnti $\mathbf{I}_{ab}$, $\mathbf{I}_{ac}$, $\mathbf{I}_{bc}$ debbono a loro volta soddisfare alle relazioni:

$$\left.\begin{aligned} \mathbf{V}_a - \frac{1}{j\,w\,K_{ab}}\,\mathbf{I}_{ab} - \mathbf{V}_b &= 0 \\ \mathbf{V}_a - \frac{1}{j\,w\,K_{ac}}\,\mathbf{I}_{ac} - \mathbf{V}_c &= 0 \\ \mathbf{V}_b - \frac{1}{j\,w\,K_{bc}}\,\mathbf{I}_{bc} - \mathbf{V}_c &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

Inoltre si avrà:

$$\mathbf{I}_{ba} = -\mathbf{I}_{ab}$$
$$\mathbf{I}_{ca} = -\mathbf{I}_{ac}$$
$$\mathbf{I}_{cb} = -\mathbf{I}_{bc}$$

Così, attraverso due qualsiasi delle (1), (2), (3), la (4) e le (6) risultano determinate le correnti dovute alle diverse capacità parziali.

1°) *Esempio.* Siano:

$$K_{aa} = K_{cc} = 1{,}6\ 10^{-6}\,F.$$
$$K_{bb} = 1{,}36\ .\ 10^{-6}\,F.$$
$$K_{ab} = K_{bc} = 0{,}235\ .\ 10^{-6}\,F.$$
$$K_{ac} = 0{,}195\ .\ 10^{-6}\,F.$$
$$\mathbf{V}_a = \alpha\,\mathbf{V}_b = \alpha^2\,\mathbf{V}_c = 130\,000 \text{ V } (1).$$

Le (1) e (2) diventano:

$$j\,130\,000 - \frac{10^6}{502}\,I_{aa} + \frac{10^6}{427}\,\mathbf{I}_{bb} + j\,65\,000 = 112\,580 = 0$$

$$-j\,65\,000 + 112\,580 - \frac{10^6}{427}\,\mathbf{I}_{bb} + \frac{10^6}{502}\,\mathbf{I}_{cc} + j\,65\,000 +$$
$$+ 112\,580 = 0$$

Ovvero:

$$j\,97{,}8 - \mathbf{I}_{aa} + 1{,}18\,\mathbf{I}_{bb} - 56{,}5 = 0$$
$$113 - 1{,}18\,\mathbf{I}_{bb} + \mathbf{I}_{cc} = 0$$

Ponendo

$$\mathbf{I}_{aa} = i_a + j\,i'_a,$$
$$\mathbf{I}_{bb} = i_b + j\,i'_b,$$
$$\mathbf{I}_{cc} = i_c + j\,i'_c.$$

(1) Questa relazione sta ad indicare che i tre vettori $\mathbf{V}_a$, $\mathbf{V}_b$, $\mathbf{V}_c$, hanno uguale ampiezza e sono sfasati di 120° l'uno rispetto all'altro, e che inoltre si suppone il vettore $\mathbf{V}_a$ coincidente con l'asse reale positivo.

Risulta:

$$\left.\begin{array}{l} -56{,}5 - i_a + 1{,}18\, i_b = 0 \\ 113 - 1{,}18\, i_b + i_c = 0 \end{array}\right\} (\alpha)$$

$$\left.\begin{array}{l} 97{,}8 - i'_a + 1{,}18\, i'_b = 0 \\ -1{,}18\, i'_b + i'_c = 0 \end{array}\right\} (\beta)$$

mentre, per la (4), si deve avere:

$$i_a + i_b + i_c = 0 \quad (\gamma)$$
$$i'_a + i'_b + i'_c = 0 \quad (\delta)$$

Risolvendo le ($\alpha$) e ($\gamma$), le ($\beta$) e ($\delta$) si ricava:

$$\left\{\begin{array}{l} i_a = 3 \\ i_b = 50{,}5 \\ i_c = -53{,}5 \end{array}\right. \qquad \left\{\begin{array}{l} i'_a = 63 \\ i'_b = -29 \\ i'_c = -34 \end{array}\right.$$

e quindi:

$$\left\{\begin{array}{l} \mathbf{I}_{aa} = 3 + j\,63 \\ \mathbf{I}_{bb} = 50{,}5 - j\,29 \\ \mathbf{I}_{cc} = -53{,}5 - j\,34 \end{array}\right.$$

Le correnti relative alle capacità parziali tra i diversi conduttori, $\mathbf{I}_{ab}$, $\mathbf{I}_{ac}$, $\mathbf{I}_{bc}$ risultano dalle relazioni (6), che in questo caso diventano:

$$j\,130\,000 - \frac{10^6}{73{,}8}\,\mathbf{I}_{ab} + j\,65\,000 - 112\,580 = 0$$

$$j\,130\,000 - \frac{10^6}{61{,}2}\,\mathbf{I}_{ac} + j\,65\,000 + 112\,580 = 0$$

$$-j\,65\,000 + 112\,580 - \frac{10^6}{73{,}8}\,\mathbf{I}_{bc} + j\,65\,000 + 112\,580 = 0$$

ovvero:

$$j\,14{,}4 - \mathbf{I}_{ab} - 8{,}4 = 0$$
$$j\,12 - \mathbf{I}_{ac} + 6{,}8 = 0$$
$$16{,}8 - \mathbf{I}_{bc} = 0$$

da cui si ricava:

$$\mathbf{I}_{ab} = -8{,}4 + j\,14{,}4$$
$$\mathbf{I}_{ac} = 6{,}8 + j\,12$$
$$\mathbf{I}_{bc} = 16{,}7$$

2°) *Esempio.* Supponendo:

$$K_{aa} = K_{bb} = K_{cc} = 1{,}6 \times 10^{-6}\,F.$$
$$K_{ab} = K_{ac} = K_{bc} = 0{,}235 \cdot 10^{-6}\,F.$$
$$\mathbf{V}_a = \alpha\,\mathbf{V}_b = \alpha^2\,\mathbf{V}_c = 130\,000\ \text{V}.$$

risulta:

$$\left\{\begin{array}{l} \mathbf{I}_{aa} = j\,65{,}2 \\ \mathbf{I}_{bb} = 56{,}5 - j\,32{,}6 \\ \mathbf{I}_{cc} = -56{,}5 - j\,32{,}6 \end{array}\right.$$

$$\left\{\begin{array}{l} \mathbf{I}_{ab} = -8{,}4 + j\,14{,}4 \\ \mathbf{I}_{ac} = 8{,}4 + j\,14{,}4 \\ \mathbf{I}_{bc} = 16{,}7 \end{array}\right.$$

b) *Neutro collegato a terra.*

Se il neutro del trasformatore è collegato a terra, la distribuzione delle correnti di capacità è quella rappresentata nella fig. 7 nella quale si è indicata con $\mathbf{I}_n$ la corrente che si ha attraverso il neutro. Le correnti relative alle capacità parziali tra due conduttori si calcolano in questo caso esattamente come nel caso precedente.

Per le correnti relative alle capacità verso terra invece, mentre valgono ancora le relazioni (1), (2), (3), la relazione (4) deve essere modificata come segue:

$$\mathbf{I}_{aa} + \mathbf{I}_{bb} + \mathbf{I}_{cc} + \mathbf{I}_n = 0 \qquad (7)$$

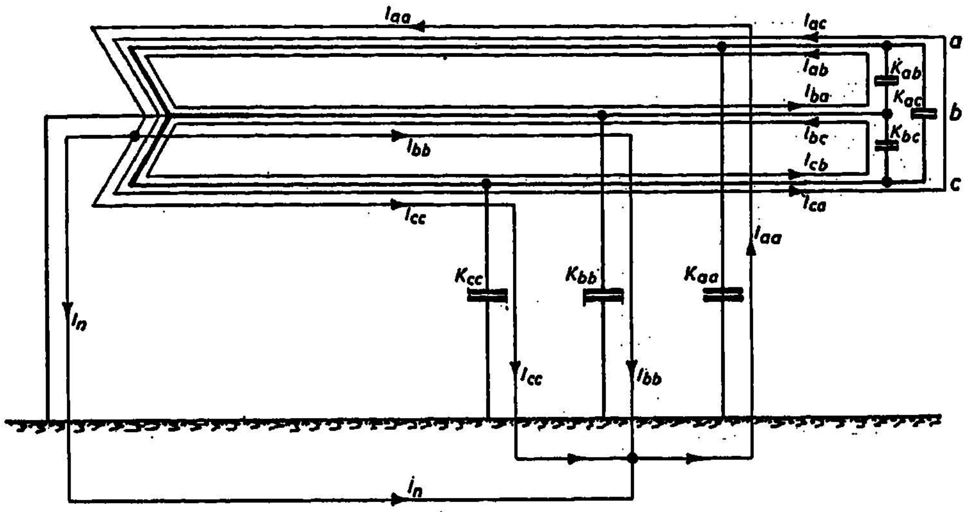



Fig. 7.

Sicchè le correnti incognite sono quattro $\mathbf{I}_{aa}$, $\mathbf{I}_{bb}$, $\mathbf{I}_{cc}$, $\mathbf{I}_n$ mentre delle relazioni precedenti solo tre possono essere utilizzate, la (7) e due ad arbitrio scelte tra le (1), (2), (3).

Per rendere determinato il sistema, occorre quindi scrivere una quarta relazione, la quale si ottiene facilmente uguagliando a zero la somma delle f. e. m. applicate e delle cadute di tensione che si hanno in una delle maglie che comprendono anche la corrente $\mathbf{I}_n$.

Se il neutro è collegato francamente a terra, considerando la maglia (fase *a*-capacità $K_{aa}$-terra-neutro) si può scrivere:

$$\mathbf{V}_a - \frac{1}{j\,w\,K_{aa}}\,\mathbf{I}_{aa} = 0 \qquad (8)$$

Se invece il neutro è collegato a terra attraverso una reattanza $x_n$, la (8) va nodificata come segue:

$$\mathbf{V}_a - \frac{1}{j\,w\,K_{aa}}\,\mathbf{I}_{aa} - j\,x_n\,\mathbf{I}_n = 0$$

3°) *Esempio.*

Con gli stessi dati dell'esempio (1) calcoliamo le correnti relative alle capacità parziali verso terra. Le relazioni (1), (2), (7), (8) diventano:

$$-56{,}5 + j\,97{,}8 - \mathbf{I}_{aa} + 1{,}18\,\mathbf{I}_{bb} = 0$$
$$113 - 1{,}18\,\mathbf{I}_{bb} + \mathbf{I}_{cc} = 0$$
$$\mathbf{I}_{aa} + \mathbf{I}_{bb} + \mathbf{I}_{cc} + \mathbf{I}_n = 0$$
$$j\,65{,}2 - \mathbf{I}_{aa} = 0$$

da cui:

$$\mathbf{I}_{aa} = j\,65{,}2$$
$$\mathbf{I}_{bb} = 47{,}8 - j\,27{,}7$$
$$\mathbf{I}_{cc} = -56{,}5 - j\,32{,}6$$
$$\mathbf{I}_n = 8{,}7.$$

Se le capacità parziali sono uguali, come nell'esempio 2° risulta $\mathbf{I}_n = 0$.

4°) Correnti di capacità in una linea trifase con una fase a terra.

a) *Neutro isolato.*

Supponiamo per maggiore semplicità che la resistenza del c. c. si possa trascurare, cioè che la fase *c*, ad es. (fig. 8) sia messa

francamente a terra. In questo caso, trascurando al solito la caduta di tensione provocata dalla corrente di capacità lungo i conduttori di linea, si annulla la d. d. p. tra il conduttore $c$ e la terra, quindi:

$$\mathbf{I}_{cc} = 0 \qquad (1)$$

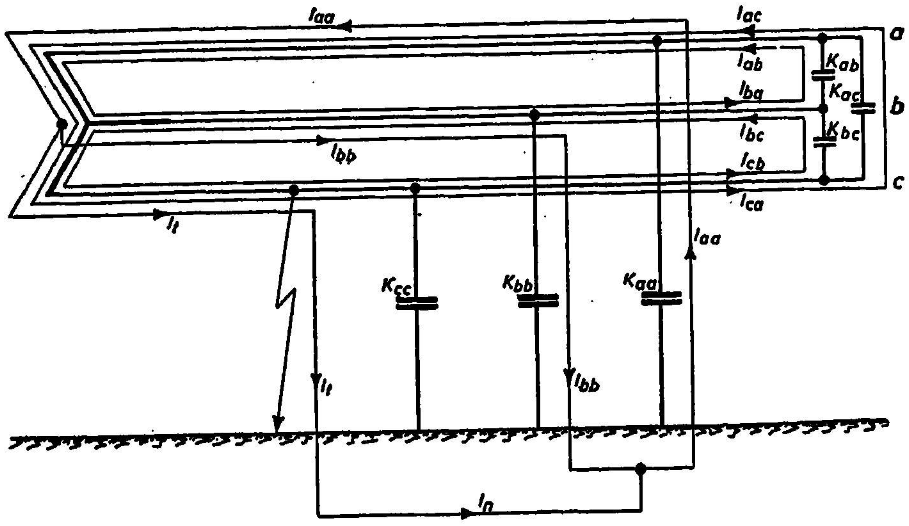



Fig. 8.

Inoltre, per le maglie: (fase $a$-capacità $K_{aa}$-terra-c.c.-fase $c$); (fase $b$-capacità $K_{bb}$-terra c.c. fase $c$) si possono scrivere le relazioni:

$$\left.\begin{aligned} \mathbf{V}_a - \frac{1}{j\,w\,K_{aa}}\,\mathbf{I}_{aa} - \mathbf{V}_c = 0 \\ \mathbf{V}_b - \frac{1}{j\,w\,K_{bb}}\,\mathbf{I}_{bb} - \mathbf{V}_c = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

Infine al centro stella si deve avere:

$$\mathbf{I}_{aa} + \mathbf{I}_{bb} + \mathbf{I}_t = 0 \qquad (3)$$

Le relazioni (1), (2), (3) permettono di risolvere completamente il problema delle correnti relative alle capacità parziali verso terra.

Le correnti relative alle capacità parziali tra due conduttori si calcolano sempre nel modo visto ai casi precedenti.

4°) *Esempio.*

Con gli stessi dati dell'esempio n. 1 calcoliamo le correnti relative alle capacità parziali verso terra. Le (1), (2), (3) diventano:

$$\mathbf{I}_{cc} = 0$$

$$j\,130\,000 - \frac{10^6}{502}\,\mathbf{I}_{aa} + j\,65\,000 + 112\,580 = 0$$

$$-j\,65\,000 + 112\,580 - \frac{10^6}{427}\,\mathbf{I}_{bb} + j\,65\,000 + 112\,580 = 0$$

$$\mathbf{I}_{aa} + \mathbf{I}_{bb} + \mathbf{I}_t = 0$$

ovvero:

$$\mathbf{I}_{cc} = 0$$
$$j\,97{,}8 - \mathbf{I}_{aa} + 56{,}5 = 0$$
$$96 - \mathbf{I}_{bb} = 0$$
$$\mathbf{I}_{aa} + \mathbf{I}_{bb} + \mathbf{I}_t = 0$$

da cui:

$$\mathbf{I}_{aa} = 56{,}5 + j\,97{,}8$$
$$\mathbf{I}_{bb} = 96$$
$$\mathbf{I}_{cc} = 0$$
$$\mathbf{I}_t = -152{,}5 - j\,97{,}8.$$

b) *Neutro collegato a terra.*

In questo caso (fig. 9) supposto che il neutro sia collegato francamente a terra, attraverso il c. c. non si ha alcuna corrente di capacità. Infatti i circuiti costituiti dalle altre due fasi e dalle loro capacità parziali rispetto alla terra si chiudono attraverso il neutro, anzichè attraverso l'impedenza dell'altra fase. Quindi si ha:

$$\mathbf{I}_{cc} = 0$$

$$\mathbf{V}_a - \frac{1}{j\,w\,K_{aa}}\,\mathbf{I}_{aa} = 0$$

$$\mathbf{V}_b - \frac{1}{j\,w\,K_{bb}}\,\mathbf{I}_{bb} = 0$$

$$\mathbf{I}_{aa} + \mathbf{I}_{bb} + \mathbf{I}_n = 0$$

da cui si ricavano facilmente le correnti $\mathbf{I}_{aa}$, $\mathbf{I}_{bb}$, $\mathbf{I}_n$.

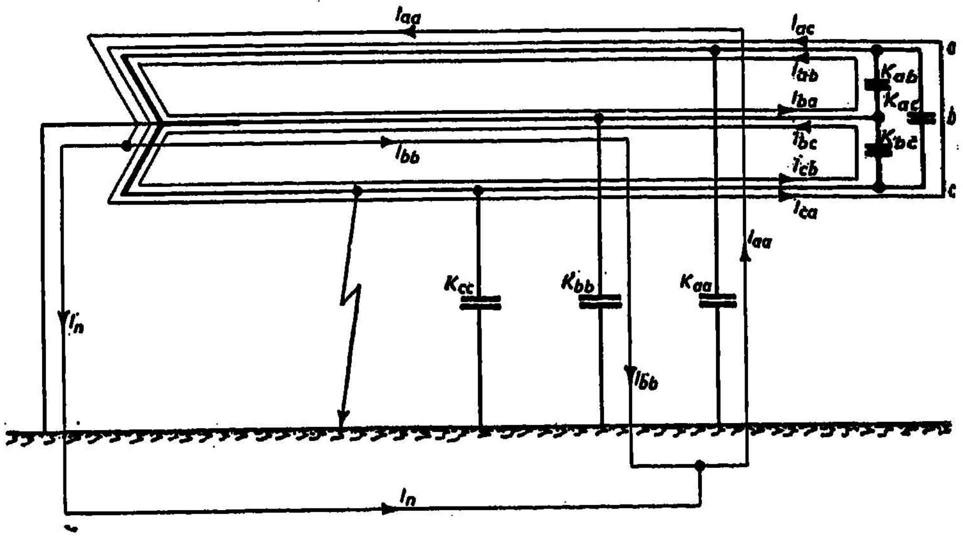



Fig. 9.

Le correnti di capacità così calcolate non sono quelle complessive corrispondenti al funzionamento a vuoto della linea; per avere queste ultime, è necessario tener conto anche delle ammettenze dei circuiti di dispersione.

In questo caso però conviene seguire il metodo delle coordinate simmetriche, col quale si ottiene senz'altro il valore della corrente complessiva nel funzionamento a vuoto.

*Osservazioni.*

1°) Quando una fase della linea va a terra, se il neutro è isolato, la tensione delle altre due fasi aumenta nel rapporto di 1 a $\sqrt{3}$; se invece il neutro è collegato a terra, la tensione delle altre due fasi non subisce alcuna variazione.

2°) Per avere le correnti totali in linea, nei casi rappresentati dalle figg. 8 e 9, occorre aggiungere, alle correnti di capacità ora calcolate, quelle di c. c.

# Correnti di corto circuito tra due fasi e tra una fase ed il neutro
# Comportamento della terra come conduttore di ritorno

1) CARATTERISTICHE DI C. C. DEGLI ALTERNATORI.

È di molta importanza pratica vedere come cambia la caratteristica di corto circuito di un alternatore quando vengano collegate fra di loro due morsetti, lasciando il terzo libero, ovvero quando venga collegato un morsetto con il neutro, lasciando gli altri due liberi. In generale, quando nelle tre fasi circolano correnti di uguale ampiezza ed a 120° l'una dall'altra, diremo che si ha una alimentazione trifase; quando in due fasi circolano correnti uguali ed opposte mentre la terza fase è a vuoto, diremo che si ha una alimentazione con due sole fasi; quando circola corrente in una sola fase, mentre le altre due fasi sono a vuoto, diremo che si ha alimentazione con una sola fase (1). Questa dicitura manterremo anche per gli altri organi trifasi (trasformatori e linee) di cui ci occuperemo in seguito. Incominciamo col supporre in c. c. i tre morsetti della macchina; le correnti che circolano nelle tre fasi saranno uguali e sfasate tra di loro di 120°. Supponiamo inoltre che queste correnti abbiano ampiezza unitaria.

Com'è noto, esse producono un campo di reazione, e quindi una eccitazione (eccitazione d'indotto) che ha ampiezza costante $X$ e ruota con velocità di sincronismo. Nell'istante in cui si annulla la corrente di una fase, per es. della fase III, l'eccitazione $X$ sarà evidentemente prodotta dalle correnti delle fasi I e II, il cui valore, in quell'istante, sarà:

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \quad \text{e} \quad -\frac{\sqrt{3}}{2}$$

Ciò significa che se due sole fasi sono percorse da correnti di segno contrario ed uguali in valore assoluto a $\frac{\sqrt{3}}{2}$ esse producono una eccitazione risultante di ampiezza uguale a quella $X$ prodotta da una terna trifase di correnti unitarie circolanti nelle tre fasi. Ne deriva che se le correnti che circolano in queste due fasi sono sinusoidali, opposte e di ampiezza unitaria, esse dànno luogo ad una eccitazione risultante alternativa di ampiezza:

$$X'' = \frac{2}{\sqrt{3}} X$$

Questa eccitazione alternativa fissa si può scomporre in due eccitazioni rotanti con velocità di sincronismo, una nello stesso verso del rotore e l'altra in verso contrario. Quest'ultima, com'è noto, non produce alcun effetto di reazione, quindi l'eccitazione d'armatura di cui bisognerà tener conto nei calcoli si riduce alla metà di $X''$.

In definitiva, tra le amperspire di reazione prodotte da una corrente unitaria che circoli solo in due fasi e quelle prodotte da una terna trifase di correnti pure unitarie, esiste la relazione:

$$X'' = \frac{1}{2} \frac{2}{\sqrt{3}} X = \frac{X}{\sqrt{3}} \tag{1}$$

(1) Si noti che per convenzione le correnti hanno segno positivo se sono dirette verso il centro, negativo se dirette verso i morsetti. Perciò, se le correnti di due fasi hanno convenzionalmente segno contrario, esse risultano dello stesso verso rispetto al circuito formato dalle due fasi e dal collegamento esterno.

Ciò significa, in altre parole, che, indicando con $K$ il coefficiente di reazione della macchina e con $K''$ il valore che esso acquista nell'alimentazione con due sole fasi, si ha:

$$K'' = \frac{K}{\sqrt{3}} \tag{2}$$

E la reattanza dovuta al flusso di reazione si può ritenere:

$$x''_c = \frac{x_c}{\sqrt{3}} \tag{3}$$

Vediamo adesso in quale misura variino le cadute induttive nell'interno della macchina (cioè in quale misura varii la reattanza interna $x_d$).

Indicando con $L$ il coefficiente di autoinduzione di una fase e con $M$ quello di mutua induzione tra due fasi (coefficienti che riteniamo uguali per tutte e tre le fasi) la caduta induttiva nella alimentazione trifase risulta:

$$E_d = \frac{d}{dt} (L\, i_1 + M\, i_2 + M\, i_3) \tag{4}$$

Poichè il coefficiente $M$ va preso col segno negativo (dato che una corrente positiva che circoli nella fase II o in quella III produce nella fase I un flusso di segno contrario a quello che si avrebbe se nella stessa fase I circolasse una corrente positiva) e poichè inoltre:

$$i_1 = -(i_2 + i_3)$$

la (4) si può scrivere:

$$E_d = (L + M) \frac{d\, i_1}{d\, t} \tag{5}$$

Nell'alimentazione con due sole fasi, invece, supposto $i_3 = 0$ sarà $i_1 = -i_2$ e la caduta induttiva sarà data dalla relazione:

$$E''_d = \frac{2}{\sqrt{3}} (L + M) \frac{d\, i_1}{d\, t} \tag{6}$$

Dal confronto tra la (5) e la (6) si desume:

$$E''_d = \frac{2}{\sqrt{3}} E_d \quad \text{ovvero:} \quad x''_d = \frac{2}{\sqrt{3}} x_d \tag{7}$$

Cioè, a parità di corrente, la caduta induttiva che si ha nell'alimentazione con due sole fasi risulta $\frac{2}{\sqrt{3}}$ volte quella che si ha nell'alimentazione trifase.

Dalle relazioni (3) e (7) si deduce che la reattanza sincrona nella alimentazione con due sole fasi diventa:

$$x''_s = x''_d + x''_c = \frac{2}{\sqrt{3}} x_d + \frac{1}{\sqrt{3}} x_c = \frac{1}{\sqrt{3}} (x_s + x_d).$$

Per ogni valore dell'eccitazione, indicando con $I''_{cc}$ la corrente di corto circuito fra due fasi e con $I_{cc}$ la corrente di corto circuito trifase, si deve avere:

$$x''_s \, I''_{cc} = x_s \, I_{cc}$$

ovvero:

$$\frac{I''_{cc}}{I_{cc}} = \frac{x_s}{x''_s} = \frac{\sqrt{3}\, x_s}{x_s + x_d} = \sqrt{3}\, \frac{1}{1 + \frac{x_d}{x_s}} \qquad (9)$$

Siccome, per eccitazione variabile tra o ed il valore normale, il rapporto $\frac{x_s}{x''_s}$ rimane sensibilmente costante, si può ritenere che la caratteristica di corto circuito tra due fasi sia una retta, come quella di c. c. trifase inclinata sull'asse delle ascisse di un angolo la cui tangente sta alla tangente dell'angolo di inclinazione di questa ultima nel rapporto $\frac{I''_{cc}}{I_{cc}}$ espresso dalla (9).

Se invece della alimentazione con due fasi si ha una alimentazione con una sola fase, sempre supposta la corrente unitaria, l'eccitazione d'armatura sarà sempre alternativa e fissa nello spazio, ma la sua ampiezza verrà ridotta nel rapporto di 1 a $\sqrt{3}$. Cioè:

$$X' = \frac{1}{\sqrt{3}} X''$$

Tenendo presente la (1) si ricava quindi che tra le amperspire di reazione prodotte da una corrente unitaria che circoli in una sola fase e quelle prodotte da una terna trifase di correnti pure unitarie esiste la relazione:

$$X' = \frac{X}{3}$$

Il coefficiente di reazione dell'avvolgimento diventa in conseguenza

$$K' = \frac{K}{3} \qquad (10)$$

e la reattanza relativa al flusso di reazione

$$x'_c = \frac{x_c}{3} \qquad (11)$$

D'altro canto, nell'alimentazione con una sola fase, la caduta induttiva è:

$$E'_d = L \frac{d i_1}{d t} \qquad (12)$$

che confrontata con la (5) fornisce:

$$E'_d = \frac{1}{1 + \frac{M}{L}} E_d \; ; \quad \text{ovvero } x'_d = \frac{1}{1 + \frac{M}{L}} x_d \qquad (13)$$

Ne risulta che, mentre nell'alimentazione con due fasi la caduta induttiva è maggiore che in quella trifase, nella alimentazione con una sola fase, essa risulta ridotta nel rapporto di 1 a $\left(1 + \frac{M}{L}\right)$.

Siccome il rapporto $\frac{M}{L}$ varia in generale tra o ed $\frac{1}{2}$ il rapporto tra $x'_d$ ed $x_d$ varierà tra 1 e $\frac{2}{3}$.

Dalle relazioni (11) e (13) si deduce che la reattanza sincrona, con alimentazione monofase, diventa:

$$x'_s = x'_d + x'_c = \frac{1}{1 + \frac{M}{L}} x_d + \frac{x_c}{3} \qquad (14)$$

Per ogni valore dell'eccitazione, indicando con $I'_{cc}$ la corrente di c. c. tra una fase ed il neutro, si deve avere:

$$x'_s \, I'_{cc} = x_s \, I_{cc}$$

ovvero:

$$\frac{I'_{cc}}{I_{cc}} = \frac{x_s}{x'_s} \qquad (15)$$

Quando l'eccitazione varia tra zero ed il valore normale, il rapporto $\frac{x_s}{x'_s}$ rimane sensibilmente costante, quindi si può ritenere che la caratteristica di c. c. tra una fase ed il neutro sia una retta inclinata sull'asse delle ascisse di un angolo la cui tangente sta alla tangente dell'angolo di inclinazione della caratteristica di c. c. trifase nel rapporto $\frac{I'_{cc}}{I_{cc}}$ espresso dalla (15).

2) Procedimento di calcolo.

Dei due tipi di c. c. che prenderemo in esame:

*a*) quello provocato dal contatto tra due fasi;

*b*) quello provocato dal contatto tra una fase ed il centro stella del generatore o del trasformatore, sia direttamente, che attraverso la terra; chiameremo per brevità: il primo « c. c. tra due fasi » il secondo « c. c. tra una fase ed il neutro ».

Tra i procedimenti di calcolo, uno dei più indicati è quello di Rudenberg, che al vantaggio di una grande semplicità unisce quello di una notevole approssimazione, poichè tiene conto delle variazioni di riluttanza dei circuiti magnetici del generatore.

Sia (fig. 1) $E_0 = f(i_e)$ la curva di eccitazione dell'alternatore in esame ed $i_e$ l'eccitazione per la quale si vogliono calcolare

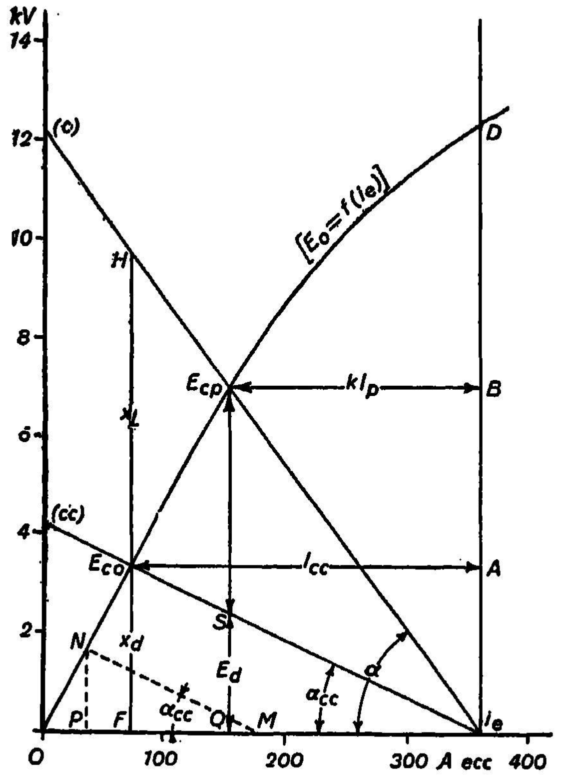


Fig. 1.

le correnti di c. c. Con i risultati delle prove in c. c. trifase, si può tracciare il triangolo di c. c. *MNP*, essendo *M* l'eccitazione necessaria per avere in c. c. la corrente normale e *PN* la caduta induttiva di tensione che si ha nell'interno della macchina con la corrente normale.

Se da $i_e$ si conduce la parallela ad $MN$ sino ad incontrare la caratteristica di eccitazione, e dal punto $E_{co}$ d'incontro si abbassa la perpendicolare $E_{co}F$ all'asse delle ascisse, si ottiene il triangolo $i_e\ E_{co}\ F$ relativo al c. c. ai morsetti della macchina con eccitazione $i_e$. In esso, il cateto $FE_{co} = x_d\, I_{cc}$ rappresenta sia la f. e. m. generata nella macchina dal flusso risultante che la caduta di tensione dovuta alla reattanza $x_d$, mentre il cateto $F\, i_e = KI_{cc}$ rappresenta l'eccitazione contraria prodotta dalla corrente $I_{cc}$. Se la scala delle tensioni (V) e quella degli Ampère d'eccitazione (A ecc.) sono uguali, cioè se il numero di Volt rappresentato da 1 cm è uguale al numero di Ampère d'eccitazione rappresentati pure da 1 cm, la retta $(cc) = i_e\, E_{co}$ forma con l'asse delle ascisse un angolo $\alpha_{cc}$ tale che:

$$\operatorname{tg} \alpha_{cc} = \frac{x_d\, I_{cc}}{K\, I_{cc}} = \frac{x_d}{K} \qquad (1)$$

Se invece, come di solito avviene per comodità di disegno, le due scale sono diverse, sarà:

$$\operatorname{tg} \alpha_{cc} = s\, \frac{x_d}{K} \qquad (2)$$

essendo $s$ il rapporto tra il numero di Ampère d'eccitazione rappresentati da 1 cm sull'asse (A ecc.) ed il numero di Volt rappresentati da 1 cm sull'asse $V$.

Se ora si suppone che al c. c. sia interessata anche la linea ed in prosecuzione di $FE_{co}$ si porta il segmento $E_{co}\, H = x_L$, misurato nella stessa scala in cui $FE_{co}$ rappresenta $x_d$, congiungendo $H$ con $i_e$ si ottiene la retta $(c)$ che forma con l'asse delle ascisse un angolo $\alpha$ per cui:

$$\operatorname{tg} \alpha = s\, \frac{x_d + x_L}{K} \qquad (3)$$

Su tale retta deve trovarsi un punto $E_{cp}$ che soddisfa alle condizioni di avere:

*a*) l'ordinata (letta nella scala delle tensioni scelta per il disegno) uguale alla caduta di tensione complessiva $(x_d + x_L)\ I_p$ (quella nella macchina più quella nella linea) prodotta dalla corrente di c. c. $I_p$ che vogliamo calcolare,

*b*) l'ascissa (misurata, da $i_e$ verso o, nella scala delle correnti di eccitazione scelta per il disegno) uguale all'eccitazione contraria $KI_p$ prodotta nella macchina dalla stessa corrente $I_p$.

Inoltre, siccome la caduta di tensione $(x_d + x_L)\ I_p$ deve essere uguale alla f. e. m. generata nella macchina dal flusso risultante tale punto $E_{cp}$ soddisfa anche alla condizione di avere:

*c*) l'ordinata (letta nella scala delle tensioni scelta per il disegno) uguale alla f. e. m. generata nella macchina dal flusso risultante.

Si osservi ora che le condizioni *b*) e *c*) sono soddisfatte contemporaneamente solo dai punti che appartengono alla caratteristica di eccitazione, quindi il punto $E_{cp}$ risulta determinato dalla intersezione della retta $(c)$ con la caratteristica di eccitazione $E_o = f\ (i_e)$.

Individuato così $E_{cp}$, si deduce subito:

$$I_p = \frac{E_{cp}\ B}{K} = \frac{E_{cp}\ Q}{x_d + x_L} \qquad (4)$$

mentre i segmenti $QS$ ed $S\ E_{cp}$, intercettati dalla retta $(cc) = i_o\, E_{co}$ sulla $QE_{cp}$ rappresentano rispettivamente la caduta interna $E_d$ e la tensione ai morsetti della macchina $E_L$.

3) Correnti di c. c. tra due fasi.

Quando il c. c. avviene solo tra due fasi, la distribuzione delle correnti nelle tre fasi risulta disimmetrica, quindi cambiano le reattanze apparenti sia delle macchine che delle linee. Esamineremo separatamente diversi casi corrispondenti a diverse posizioni del c. c. sulla rete.

a) *Il c. c. è alimentato da una sola macchina senza trasformatore interposto.*

La reattanza apparente ed il coefficiente di reazione dell'alternatore in questo caso diventano (v. n. 1):

$$x''_d = \frac{2}{\sqrt{3}}\, x_d \quad ; \quad K'' = \frac{1}{\sqrt{3}}\, K$$

D'altro canto, se i tre conduttori di linea sono, o si possono ritenere simmetricamente disposti, come di solito avviene, l'induttanza apparente di ogni conduttore rimane invariata passando dal funzionamento equilibrato trifase a quello squilibrato provocato da un corto circuito tra due fasi; la sola differenza è che in quest'ultimo caso le cadute di tensione che si hanno nei due conduttori interessati al corto circuito si sommano algebricamente (poichè le rispettive correnti sono in opposizione di fase) mentre nel primo caso si compongono geometricamente, come vettori a 60° tra di loro. Quindi il valore di $x''_L$ da introdurre nei calcoli precedenti è:

$$x''_L = \frac{2}{\sqrt{3}}\, x_L$$

Per il calcolo delle correnti di corto circuito, in questo caso, basta applicare il procedimento indicato tenendo presenti le relazioni ora stabilite per le grandezze su cui si deve operare.

1°) *Esempio.*

Lo schema della fig. 2 rappresenta i collegamenti delle tre centrali di Pian Soletti, Chiampernotto e Rusià della S.I.P.

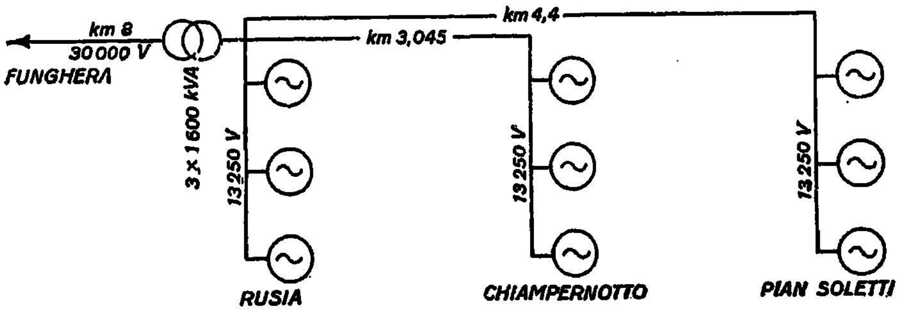



Fig. 2.

Le macchine installate nelle tre centrali hanno tutte le seguenti caratteristiche:

kVA 710
$V_n = 13250$ V (tensione normale)
$I_n = 31$ A (corrente normale)
$x_d = 64,5\ \Omega$ (reattanza interna)
$K = 1,52$ (coefficiente di reazione)

e la curva di eccitazione $E_o = f\ (i_e)$ rappresentata in fig. 3.

Il tratto di linea lungo km 4,4 che collega la centrale di Pian Soletti a quella di Rusià ha la reattanza

$$x_L = 0,552\ \Omega/\text{km}$$

Supposto che avvenga un c. c. tra due fasi su questa linea nei pressi della centrale di Rusià, mentre è in servizio una sola macchina nella centrale di Pian Soletti eccitata a 120 A., la corrente che va da questa macchina al c. c. si può calcolare nel seguente modo.

Trattandosi di un c. c. tra due fasi, la reattanza interna della macchina, il coefficiente di reazione e la reattanza della linea diventano:

$$x''_d = 74{,}5\ \Omega \quad ; \quad K'' = 0{,}88 \quad ; \quad x''_L = 0{,}64\ \Omega/\text{km}$$

Essendo inoltre, con le scale del disegno scelte per la fig. 3:

$$s = \frac{1}{100}$$

la (3) del n. 2 diventa:

$$\operatorname{tg} \alpha'' = \frac{1}{100} \; \frac{74{,}5 + 0{,}64 \times 4{,}4}{0{,}88} = 0{,}88$$

Tracciata la retta ($c''$) (fig. 3) inclinata sull'asse delle ascisse dell'angolo $\alpha''$ si determina il punto $E''_{cp}$ e quindi la lunghezza del segmento $E''_{cp}\,B'' = 75$ (letta nella scala delle correnti d'eccitazione).

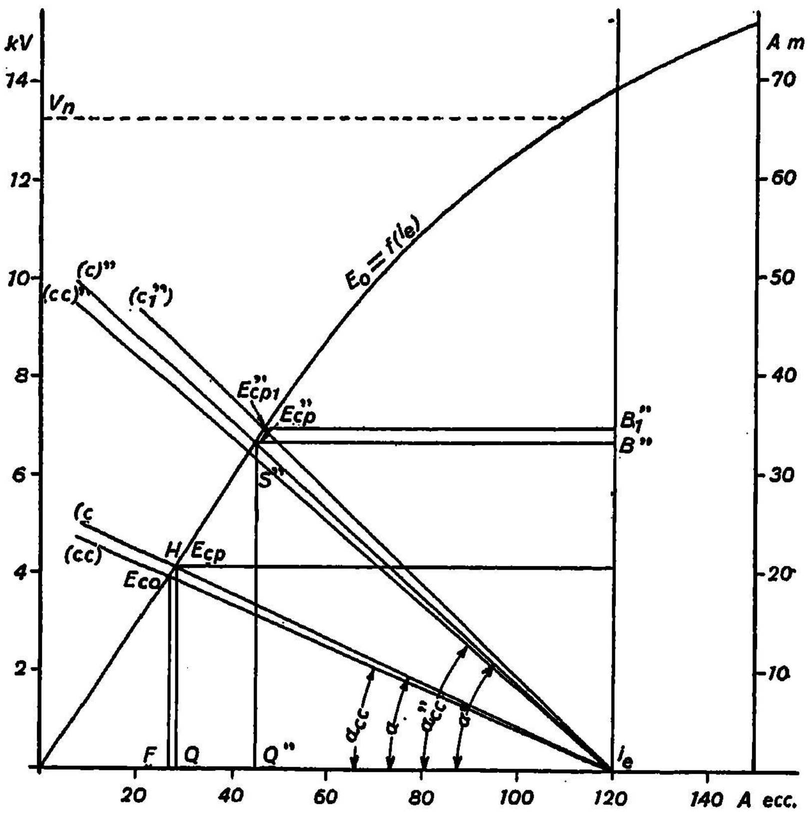



Fig. 3.

La corrente di c. c. cercata si ottiene dividendo $E''_{cp}\,B''$ per $K'$ e risulta:

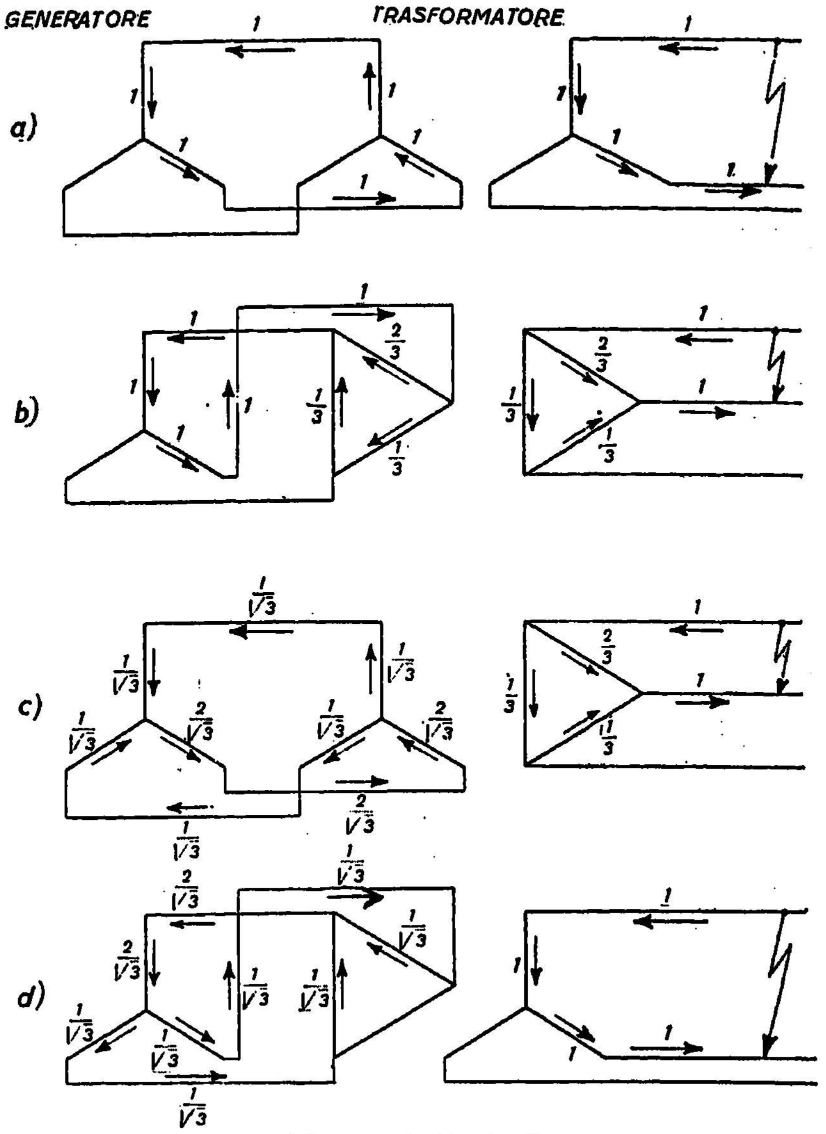
$$I''_p = \frac{75}{0{,}88} = 85 \text{ A.}$$

Se nella espressione di tg $\alpha''$ si trascura la reattanza della linea, si ottiene la retta ($cc$)", un po' più bassa della ($c$)", che rappresenta le condizioni di c. c. tra due fasi ai morsetti della macchina.

Nella stessa fig. 3 sono state segnate, a titolo di confronto, le posizioni delle rette ($c$) e ($cc$) che rappresentano le condizioni di c. c. trifase nel punto considerato ed ai morsetti della macchina.

b) *Il corto circuito è alimentato da una sola macchina attraverso un trasformatore.*

Nel corto circuito tra due fasi con trasformatore interposto, le distribuzioni di corrente negli avvolgimenti del trasformatore e del generatore e le relative cadute di tensione per ogni Ampère che va al c. c. dipendono dal modo con cui sono collegati gli avvolgimenti del trasformatore. I casi che possono presentarsi sono quelli rappresentati nelle figure 4 *a*), *b*), *c*), *d*) nelle quali sono anche indicate le distribuzioni di corrente.




Figg. 4 *a*), *b*), *c*), *d*).

Per quanto riguarda l'alternatore, mentre i casi *a*) e *b*) corrispondono ad una vera e propria alimentazione con due sole fasi e quindi valgono per essi le considerazioni svolte, nei casi *c*) e *d*) si ha che due fasi dell'avvolgimento disposte in parallelo costituiscono la via del ritorno della corrente della terza fase.

In queste condizioni, se $i_1$ è la corrente della fase più carica, la caduta di tensione tra due morsetti interessati al c. c. è data da:

$$E''_d = \frac{1}{\sqrt{3}} \left( L + M + \frac{1}{2} L + \frac{1}{2} M \right) \frac{d\,i_1}{dt} = \frac{\sqrt{3}}{2} (L + M) \frac{d\,i_1}{dt}$$

la quale, confrontata con la (5) del n. 1 fornisce

$$\frac{E''_d}{E_d} = \frac{x''_d}{x_d} = \frac{\sqrt{3}}{2} \qquad (1)$$

Vediamo adesso quali valori bisogna attribuire al coefficiente di reazione $K''$ ed alla reattanza del flusso di reazione quando la distribuzione delle correnti è quella delle figure 4 *e*) *d*). Nell'istante in cui la sinusoide passa per il valore massimo i valori delle correnti che si hanno nelle tre fasi sono identici a quelli che si avrebbero nello stesso istante con una vera e propria alimentazione trifase della stessa ampiezza. Difatti, nell'alimentazione trifase, quando la corrente raggiunge il valore massimo in una fase, nelle altre due ha valore metà e segno contrario. Se ne deduce che l'ampiezza del campo alternativo prodotto dalle distribuzioni delle figure 4 *c*), *d*) è uguale a quella del campo rotante prodotto da una terna trifase di correnti aventi la stessa ampiezza di quella che si ha nella fase più carica. Ricordando che il campo che produce reazione d'in-

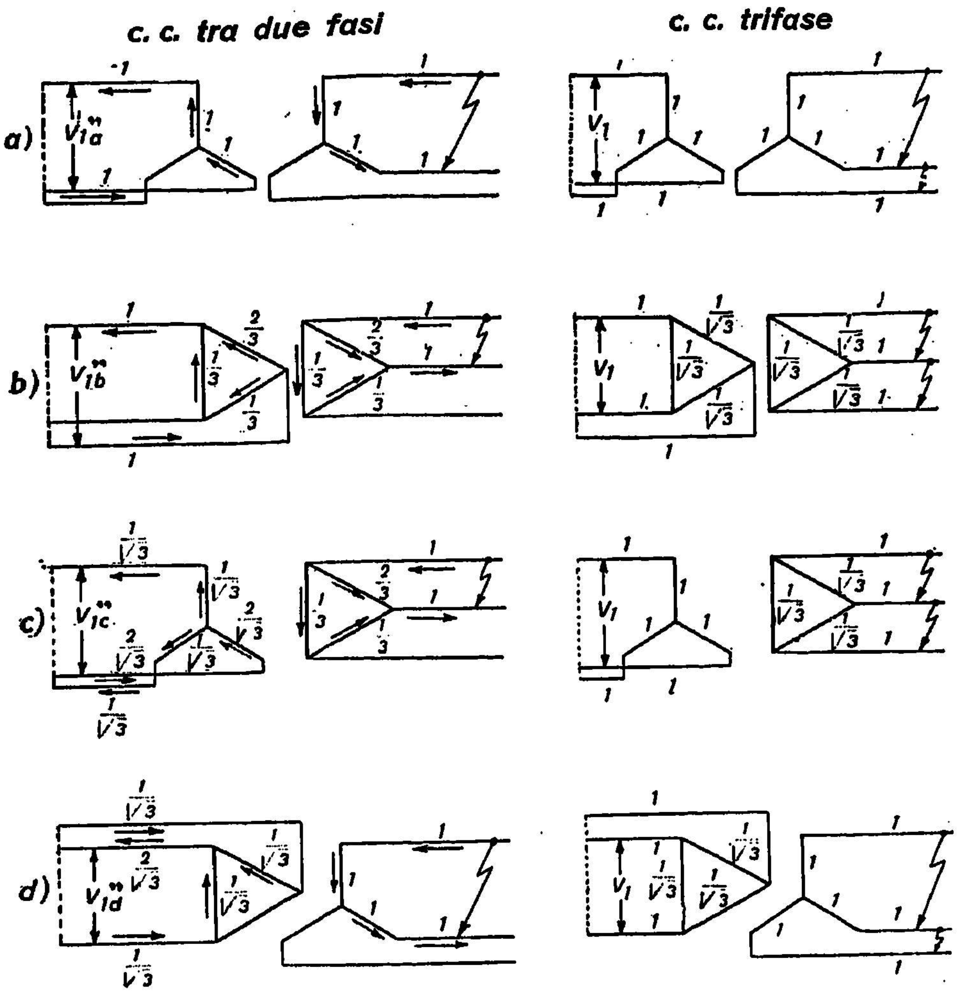
dotto è uguale in ampiezza alla metà del campo alternativo, si ha:

$$K'' = \frac{K}{2} \qquad (2)$$

e quindi anche:

$$x''_c = \frac{x_c}{2} \qquad (3)$$

Per studiare il comportamento del trasformatore, riferiamoci alle figg. 5 *a*), *b*), *c*), *d*) nelle quali sono messe a raffronto le distribuzioni di corrente che si hanno con c. c. trifase e quelle




Figg. 5 *a*), *b*), *c*), *d*).

che si hanno con c. c. tra due fasi. Supposti uguali ad 1 il rapporto di trasformazione e la corrente che va al c. c., incominciamo a calcolare le cadute di tensione ai morsetti del trasformatore che si hanno nei diversi casi, cioè, in altri termini, incominciamo a calcolare le tensioni $V_1$, $V''_{1a}$, $V''_{1b}$, $V''_{1c}$, $V''_{1d}$, che occorre applicare al primario perchè si abbia al c. c. una corrente unitaria. Si vede facilmente che (indicando con $x_T$ la reattanza del trasformatore):

$$V_1 = x_T;$$

$$V''_{1a} = V''_{1b} = V''_{1c} = V''_{1d} = \frac{2}{\sqrt{3}}\, x_T$$

Cioè, per avere al c. c. una corrente unitaria, mentre con c. c. trifase basta applicare al primario una tensione $V_1 = x_T$, con c. c. tra due fasi, comunque siano fatti i collegamenti del trasformatore, occorre applicare una tensione $\frac{2}{\sqrt{3}}$ volte maggiore.

Per tener conto di questo fatto, si può supporre che la reattanza del trasformatore nel c. c. tra due fasi sia non più $x_T$ ma $\frac{2}{\sqrt{3}}\, x_T$.

Nelle nostre applicazioni, occorre esprimere le cadute di tensione in funzione della massima corrente di macchina; il valore delle reattanze da introdurre sarà allora quello ora ricavato per i diversi casi diviso per la massima corrente di macchina che si ha in ogni caso. Sarà quindi, nei casi *a*) e *b*):

$$x''_T = \frac{2}{\sqrt{3}}\, x_T$$

nei casi *c*) e *d*) $x''_T = x_T$.

Per quanto riguarda la linea, occorre anche distinguere il tratto nel quale la corrente circola in due sole fasi da quello in cui la corrente circola in tutte tre le fasi, conservando in una di esse ampiezza doppia di quella che ha nelle altre due. Nel primo tratto, come s'è visto precedentemente, la reattanza apparente varia nel rapporto $\frac{2}{\sqrt{3}}$ nel secondo, invece, la variazione è diversa, come risulta dalle seguenti considerazioni. Se nei tre conduttori, supposti ad uguale distanza l'uno dall'altro, circolano correnti di ampiezza 1, $-\frac{1}{2}$ e $-\frac{1}{2}$ la caduta di tensione tra la fase attraversata dalla corrente 1 e una delle altre due è:

$$E''_L = \frac{\sqrt{3}\, w}{2}\,(L - M)$$

che, confrontata con la $E_L = w\,(L - M)$ dà:

$$\frac{E''_L}{E_L} = \frac{x''_L}{x_L} = \frac{\sqrt{3}}{2} \qquad (4)$$

Volendo esprimere le cadute di tensione in funzione della massima corrente di macchina, risulteranno:

per le linee a valle del trasformatore:

$$x''_L = \frac{2}{\sqrt{3}}\, x_L \qquad \text{nei casi } a) \text{ e } b)$$

$$x''_L = x_L \qquad \text{» » } c) \text{ e } d)$$

per la linea a monte del trasformatore:

$$x''_L = \frac{2}{\sqrt{3}}\, x_L \qquad \text{nei casi } a) \text{ e } b)$$

$$x''_L = \frac{\sqrt{3}}{2}\, x_L \qquad \text{» » } c) \text{ e } d)$$

Riassumendo, i coefficienti di reazione e di induttanza da attribuire all'alternatore, al trasformatore ed alla linea nei diversi casi rappresentati nelle figure 4 quando si vogliano esprimere tutte le cadute di tensione in funzione della massima corrente di macchina, sono quelli riprodotti nel prospetto a pagina seguente.

Con analoghe considerazioni si possono dedurre i valori da attribuire alle resistenze ohmiche dei diversi organi; noi però supporremo queste sempre trascurabili.

2°) *Esempio.*

Riportiamoci allo schema della fig. 2. Le caratteristiche del trasformatore (3 × 1600 kVA) installato nella centrale di Rusià sono le seguenti:

rapporto di trasformazione $\frac{6650}{18750}$

reattanza interna $x_T = 1{,}9\ \Omega$ (riferita alla bassa tensione).

La linea a 30 000 V in partenza dalla centrale di Rusià ha la reattanza:

$$x_L = 2{,}95\ \Omega/\text{km}.$$

Supposto che avvenga un c. c. tra due fasi all'estremità di questa linea mentre è in servizio una sola macchina nella centrale di Pian Soletti con l'eccitazione di 120 A, la corrente che va al c. c. si può calcolare nel seguente modo.

Ogni macchina è allacciata alla linea attraverso un trasformatore con primario collegato a triangolo e secondario a stella le cui caratteristiche sono:

36 000 kVA

| Corso | $K''$ | $x''_d$ | $x''_c$ | $x''_s$ | $x''_T$ | $x''_L$ a valle trasformatore | $x''_L$ a monte trasformatore |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | $\frac{1}{\sqrt{3}} K$ | $\frac{2}{\sqrt{3}} x_d$ | $\frac{1}{\sqrt{3}} x_c$ | $\frac{1}{\sqrt{3}} (x_c + 2\, x_d)$ | $\frac{2}{\sqrt{3}} x_T$ | $\frac{2}{\sqrt{3}} x_L$ | $\frac{2}{\sqrt{3}} x_L$ |
| *b* | $\frac{1}{\sqrt{3}} K$ | $\frac{2}{\sqrt{3}} x_d$ | $\frac{1}{\sqrt{3}} x_c$ | $\frac{1}{\sqrt{3}} (x_c + 2\, x_d)$ | $\frac{2}{\sqrt{3}} x_T$ | $\frac{2}{\sqrt{3}} x_L$ | $\frac{2}{\sqrt{3}} x_L$ |
| *c* | $\frac{1}{2} K$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} x_d$ | $\frac{1}{2} x_c$ | $\frac{1}{2} (x_c + \sqrt{3}\, x_d)$ | $x_T$ | $x_L$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} x_L$ |
| *d* | $\frac{1}{2} K$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} x_d$ | $\frac{1}{2} x_c$ | $\frac{1}{2} (x_c + \sqrt{3}\, x_d)$ | $x_T$ | $x_L$ | $\frac{\sqrt{3}}{2} x_L$ |

Essendo il trasformatore collegato a stella tanto al primario che al secondario, (caso *a* del prospetto precedente) si ricava:

$x''_d = 74{,}5\ \Omega$ ; $K'' = 0{,}88$ ; $x''_L = 0{,}64\ \Omega/\text{km}$ (primo tratto)

$x''_T = 2{,}2\ \Omega$ ; $x''_L = 3{,}4\ \Omega/\text{km}$ (secondo tratto).

Riferendo alla bassa tensione, anche la reattanza del secondo tratto di linea si ha: $x''_L = 0{,}43\ \Omega/\text{km}$.

La (3) del n. 2 diventa allora:

$$\operatorname{tg} \alpha''_1 = \frac{1}{100} \; \frac{74{,}5 + 0{,}64 \times 4{,}4 + 0{,}43 \times 8 + 2{,}2}{0{,}88} = 0{,}94$$

Tracciata la retta $(c''_1)$ inclinata sull'asse delle ascisse dell'angolo $\alpha''_1$ si determina il punto $E''_{cp1}$ e quindi la corrente di c. c. cercata:

$$I''_1 = \frac{E''_{cp1}\, B''_1}{0{,}88} = \frac{73}{0{,}88} = 83 \text{ A.}$$

A valle del trasformatore, questa corrente diventa:

$$I''_1 = 83\ \frac{6650}{18750} = 29{,}5 \text{ A.}$$

3°) *Esempio.*

Nella centrale di Cardano sono installati 4 alternatori da 36 000 kVA ciascuno, due costruiti dalla C. G. E. e due dalla Brown Boveri.

I primi, hanno le seguenti caratteristiche:

$V_n$ = 10 000 V (tensione normale)
$I_n$ = 2080 A (corrente normale)
$x_d$ = 0,82 Ω (reattanza interna)
$K$ = 0,0692 (coefficiente di reazione)

e la curva di eccitazione $E_0 = f\,(i_e)$ rappresentata in fig. 6.

$\frac{11\ 000}{236\ 000}$ (rapporto di trasformazione)

$x_T$ = 290 Ω (reattanza interna riferita all'alta tensione).

La reattanza della linea a 220 kV Cardano-Cislago, riferita pure all'alta tensione è:

$$x_L = 0{,}745\ \Omega/\text{m}$$

la lunghezza è $l$ = km 243,5.

Calcoliamo la corrente che si ha in macchina ed in linea, supposto che si verifichi un c. c. tra due fasi alla stazione di Cislago,

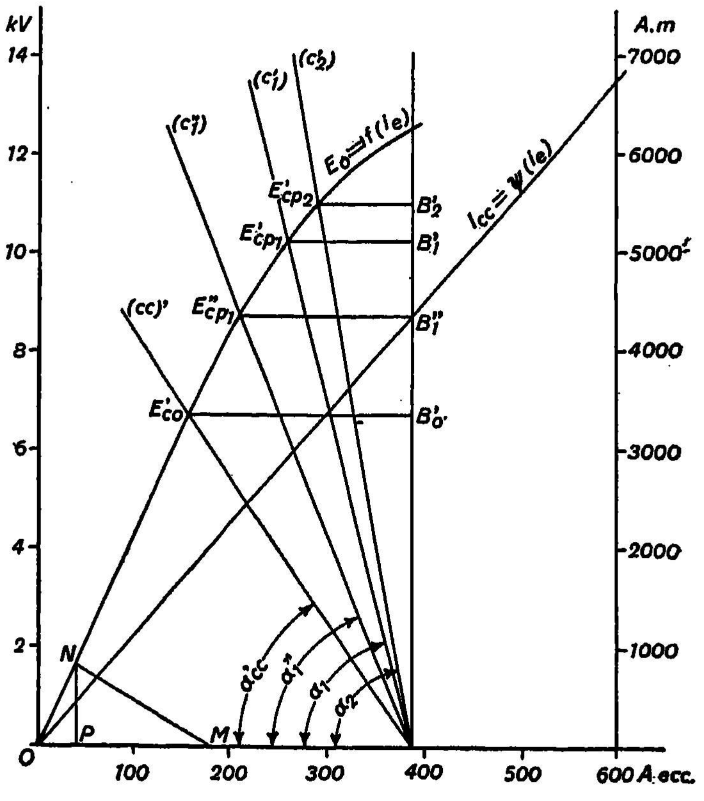



Fig. 6.

mentre è allacciata una sola macchina C.G.E. eccitata da 385 A (eccitazione corrispondente al funzionamento normale: 10 kV ai morsetti, 2080 A, $\cos\varphi = 0{,}9$).

Essendo il trasformatore collegato a triangolo sul primario ed a stella sul secondario, caso della fig. 4 *d*) le diverse reattanze ed il coefficiente $K$ vanno così modificate:

$$x''_d = \frac{\sqrt{3}}{2}\, x_d = 0{,}71\ \Omega$$

$$K'' = \frac{1}{2}\, K = 0{,}0346$$

$$x''_T = x_T \qquad = 290 \left(\frac{11\,000}{236\,000}\right)^2 = 0{,}63\ \Omega$$

$$x''_L = x_L \qquad = 0{,}745 \times 243{,}5 \left(\frac{11\,000}{236\,000}\right)^2 = 0{,}392\ \Omega.$$

Con riferimento alla fig. 6 nella quale $S = \dfrac{50}{1000} = 0{,}05$, si ha:

$$\operatorname{tg} \alpha''_1 = \frac{(0{,}71 + 0{,}63 + 0{,}392)}{0{,}0346}\, 0{,}05 = 2{,}5$$

$$E''_{cp1} B''_1 = 175$$

Risulta quindi la massima corrente in macchina:

$$I''_{p1} = \frac{175}{0{,}0346} = 5050\ \text{A}$$

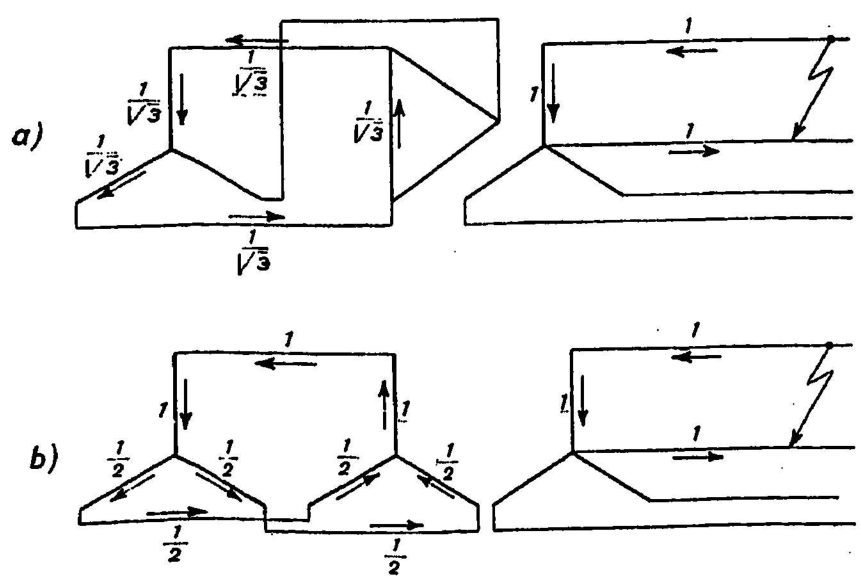
e quella in linea:

$$I''_{p1} = 5050\, \frac{\sqrt{3}}{2}\, \frac{11\,000}{236\,000} = 204\ \text{A}$$

4) Correnti di c. c. tra una fase ed il neutro. - Comportamento della terra come conduttore di ritorno.

I procedimenti di calcolo, nei diversi casi che si possono presentare in dipendenza della posizione del punto di c. c. sulla rete, sono perfettamente identici a quelli visti nel n. precedente. Bisogna avere solo l'avvertenza di modificare i coefficienti $K$, $x_d$ $x_T$, $x_L$ conformemente alla distribuzione di corrente generata dal c. c.

I due casi tipici che possono presentarsi sono quelli delle figg. 7 *a*), *b*). Notiamo subito però che il secondo è privo di im-



Figg. 7 *a*), *b*).

portanza pratica, poichè la corrente che deve circolare in due fasi del trasformatore con i secondari aperti, assume un valore necessariamente assai basso. Prendiamo quindi in considerazione il primo caso. In esso l'alternatore presenta due fasi percorse da correnti uguali e contrarie e la terza a vuoto.

I coefficienti $K$ ed $x_d$ variano quindi rispettivamente nel rapporto di 1 a $\sqrt{3}$ e di 2 a $\sqrt{3}$.

Per vedere come varia la reattanza del trasformatore, seguiamo lo stesso procedimento del n. precedente, cioè confrontiamo la tensione $V'_1$ che occorre applicare al primario per avere al secondario la corrente unitaria quando c'è il c. c. tra una fase ed il neutro con quella $V_1$ che è necessaria per avere al secondario la corrente unitaria quando c'è il c. c. trifase (fig. 8).

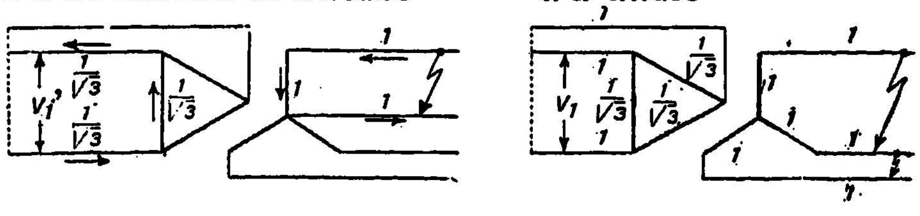



Fig. 8.

È facile verificare che $V'_1 = V_1 = x_T$ e quindi, volendo esprimere le cadute di tensione in funzione della corrente primaria, si dovrà porre:

$$x'_T = \frac{x_T}{\dfrac{1}{\sqrt{3}}} = \sqrt{3}\, x_T$$

Per quanto riguarda la linea, si osservi che nel tratto a monte del trasformatore la sua impedenza varia, come s'è visto al n. precedente; nel rapporto $\dfrac{2}{\sqrt{3}}$; nel tratto a valle invece, si ha una spira (conduttore di linea - conduttore di ritorno, quest'ultimo costituito di solito dalla terra) collegata magneticamente con il circuito dell'alternatore mediante un trasformatore monofase con rapporto $1/\sqrt{3}$. Per riferire l'impedenza di questa spira al circuito dell'alternatore, occorrerà moltiplicarla per il quadrato del rapporto di trasformazione, cioè per 3.

Riassumendo, nel caso considerato, il coefficiente $K$ e le reattanze dei diversi organi, riferite al circuito dell'alternatore, assumono i valori indicati nel seguente prospetto.

| $K'$ | $x'_d$ | $x'_c$ | $x'_s$ | $x'_T$ | $x'_L$ a valle del trasformatore | $x'_L$ a monte del trasformatore |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\frac{1}{\sqrt{3}} K$ | $\frac{2}{\sqrt{3}} x_d$ | $\frac{1}{\sqrt{3}} x_c$ | $\frac{1}{\sqrt{3}}(x_c + 2x_d)$ | $x_T\sqrt{3}$ | Quella di una spira fase-terra moltiplicata per 3 | $\frac{2x_L}{\sqrt{3}}$ |

Come si vede, quindi, per il calcolo della corrente di c. c. tra una fase ed il neutro, occorre conoscere l'impedenza offerta dalla spira « conduttore aereo-terra ».

Un aspetto caratteristico del comportamento della terra come conduttore di ritorno è il seguente: con corrente continua, i filetti di corrente assumono, tra i due punti estremi di messa a terra, un andamento simile a quello delle linee di forza elettrica tra due punti a diverso potenziale, indipendentemente dall'andamento planimetrico della linea; con corrente alternata, per contro, i filetti di corrente si concentrano a piccola distanza, sia in larghezza che in profondità, della linea, di cui seguono l'andamento planimetrico. Segue da ciò che, con corrente continua, la resistenza della terra è indipendente dal percorso della linea aerea e varia poco con la distanza dei due punti estremi di messa a terra; con corrente alternata, invece, la resi-

stenza del conduttore « terra » varia molto al variare dello sviluppo planimetrico della linea.

Altro fatto notevole riguardo al comportamento della terra come conduttore di ritorno con corrente alternata è che la resistenza chilometrica del conduttore « terra » si può ritenere indipendente dalla resistività del suolo e funzione solo della frequenza della corrente. Ciò si spiega pensando che, in un dato punto, la densità di corrente è funzione della resistività del suolo e della frequenza. Per una data frequenza, aumentando la resistività del suolo, diminuisce la densità ed aumenta di conseguenza la sezione abbracciata dai filetti, mentre la resistenza apparente chilometrica rimane pressochè invariata.

A pari resistività invece, con il crescere della frequenza, aumenta la densità, diminuisce la sezione abbracciata e quindi aumenta il valore della resistenza apparente chilometrica.

Secondo l'Oberland, la profondità del suolo a cui la corrente possiede ancora un valore apprezzabile (profondità di penetrazione) si può esprimere con la relazione:

$$K = \sqrt{\frac{\rho}{4 \pi w}} \qquad (1)$$

essendo $\rho$ la resistività del suolo ed $w$ la pulsazione della corrente. In pratica, si sono riscontrati per $\rho$ valori compresi tra $10^4$ e $4 \times 10^4$ $\Omega$/cm, ai quali, per $f = 50$ periodi ($w = 314$) corrispondono valori di $K$ compresi tra 500 e 1000 metri.

Lo stesso autore, dà per la resistenza ohmica del conduttore « terra » l'espressione:

$$R = \frac{\pi w}{2} 10^{-4} \ \Omega/\text{km} \qquad (2)$$

Il coefficiente di autoinduzione del circuito « filo-terra » dipende, naturalmente, dalla distribuzione dei filetti di corrente nel suolo, e quindi dalla frequenza della corrente e dalla resistività del terreno.

L'Haberland stesso dà per questo coefficiente l'espressione.

$$L = 2 \ . \ 10^{-4} \log_e \frac{2{,}38 \ K}{r} \ H/\text{km} \qquad (3)$$

essendo $K$ la profondità di penetrazione della corrente nel suolo ed $r$ il raggio del conduttore aereo espresso nella stessa unità di misura in cui viene espresso $K$.

4°) *Esempio.*

Riferendoci alla centrale di Cardano, vogliamo calcolare la corrente di c. c. che si ha in macchina ed in linea, supposto che avvenga un c. c. tra una fase e la terra in prossimità della stazione di Cislago, mentre è in servizio una sola macchina C.G.E. eccitata a 385 A.

Tenendo presenti i dati dell'esempio (3) ed il prospetto precedente, si ha:

$$x'_d = 0{,}945 \ \Omega \ ; \quad K' = 0{,}04 \ ; \quad x'_T = 1{,}09 \ \Omega$$

La reattanza della spira « filo-terra » è stata ricavata, con misura diretta, in 192 $\Omega$; riferendola alla bassa tensione, essa diventa:

$$x'_L = 0{,}410 \ \Omega$$

Poichè, infine, con le scale del disegno (fig. 6) $s = 0{,}05$, la (3) del n. 2 diventa:

$$\text{tg}\ \alpha'_1 = 0{,}05 \ \frac{0{,}945 + 1{,}09 + 0{,}410 \times 3}{0{,}04} = 4{,}08$$

Tracciata in fig. 6 la retta ($c'_1$) che formi con l'asse delle ascisse l'angolo $\alpha'_1$ si legge:

$$E'_{cp1} B'_1 = 125$$

e quindi:

$$I'_{p1} = \frac{125}{0{,}04} = 3120 \ \text{A}$$

La corrente in linea è:

$$I'_{p1} = 3120 \sqrt{3} \ \frac{11\,000}{236\,000} = 251 \ \text{A}.$$

Se invece di una sola macchina in servizio se ne hanno due, la corrente fornita da ciascuna di esse si calcola scrivendo:

$$\text{tg}\ \alpha'_2 = \frac{0{,}05 \ (0{,}945 + 1{,}09 + 0{,}410 \times 3 \times 2)}{0{,}04} = 5{,}60$$

Cioè moltiplicando per 2 l'impedenza della spira « filo-terra ».

Tracciata la retta ($c'_2$) si legge:

$$E'_{cp2} B'_2 = 97{,}8$$

da cui si ricava:

$$I'_{p2} = \frac{97{,}8}{0{,}04} = 2440 \ \text{A}$$

e la corrente in linea risulta:

$$I'_{p2} = 2440 \sqrt{3} \ \frac{11\,000}{236\,000} \ 2 = 392 \ \text{A}.$$

Nella stessa fig. 6 sono state tracciate le rette $(cc)'$ e $(c''_1)$ che rappresentano rispettivamente la condizione di c. c. tra una fase ed il neutro ai morsetti della macchina e la condizione di c. c. tra due fasi della linea nei pressi della stazione di Cislago mentre è in servizio una sola macchina C. G. E.

ING. C. CAMINITI.

# Il IV Congresso dell' "Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique „

(8-12 luglio 1932)

La discussione per la sezione III - B venne ripresa nella seduta pomeridiana sotto la presidenza del sig. *List* (Cecoslovacchia).

Nel rapporto III - B - 23 i signori dott. *Lulofs* e prof. *Van Staveren* hanno riferito su alcune indagini eseguite su isolatori passamuri in carta compressa e impregnata, motivate dalle difficoltà che alcune Società esercenti olandesi hanno sperimentato con tali passamuri. Il materiale sperimentato presenta d'altronde un interesse notevole come isolante per apparecchi ed impianti ad alta tensione. Le prove eseguite si riferiscono alla misura delle perdite dielettriche, alla durata sotto tensione gradatamente crescente, all'esame chimico, tecnologico ed elettroacustico.

Per la taratura dei riduttori di tensione, occorre confrontarli con campioni di grande precisione, generalmente costituiti da resistenze speciali che portano già in sè qualche causa di errore. L'ing. *Mieg* (rapporto III - B - 2) accenna all'opportunità di una collaborazione internazionale in proposito, che si otterrebbe realizzando resistenze di alta precisione da installare stabilmente nei laboratori ufficiali per servir di base ai varî paesi. Per le misure correnti il relatore preconizza invece l'impiego di trasformatori campione monofasi il più possibile precisi e tarati da un laboratorio ufficiale.

Sulla misura del grado di alterazione negli olî per trasformatori ha parlato l'ing. *Spatz* (III - B - 3) che si è proposto di fare tale determinazione misurando l'assorbimento del reattivo impiegato (ossigeno) anzichè la quantità dei prodotti di alterazione come si fa per lo più; ciò allo scopo di poter fare un gran numero di rilievi e pertanto di seguire passo passo l'alterazione dell'olio. Il metodo descritto ha due varianti: o si misurano le variazioni di volume a pressione costante o le variazioni di pressione a volume costante. I risultati delle prove han messo in evidenza l'influenza sull'alterazione dei varî fattori: temperatura, umidità, qualità dei metalli, presenza di agenti riduttori ecc.

Non si è avuta discussione; solo uno dei presenti ha rilevato, riferendosi all'apparecchio impiegato per le prove, gli inconvenienti del manometro a olio (perdite di pressione).

Il rapporto dell'ing. *Garczynski* (III - B - 15) riassume i risultati di un'inchiesta sui diversi sistemi di telecomunicazione al servizio degli impianti elettrici. Confrontando i varî sistemi: impiego della rete telefonica pubblica, radiotelefonia a onde libere o ad onde convogliate, linea telefonica privata sugli stessi sostegni della linea elettrica o su palificazione separata, il relatore conclude che non vi è un sistema preferibile a priori, ma che la scelta deve essere determinata caso per caso dalle circostanze. Più che da criteri tecnici, la scelta va guidata da criterî economici, cercando cioè di stabilire il valore finanziario delle interruzioni di servizio e valutando quindi l'importanza del capitale che si può dedicare a un impianto destinato a ridurre la durata delle interruzioni stesse.

Il sig. *Meyer* ha quindi ricordato come in Francia ci sia l'ascolto (*écoute*) per le comunicazioni con onde convogliate, e il relatore ha allora accennato ai sistemi in uso per tale ascolto e ai punti in cui è possibile o opportuno realizzarlo, sopratutto in relazione alle connessioni internazionali.

Numerosi interlocutori ha avuto la discussione sul rapporto III - B - 9 del sig. *Féraud*, che trattava una questione di interesse essenzialmente pratico: i rapporti delle Società elettriche coi servizî di navigazione aerea. Il relatore, basandosi su informazioni raccolte, ha sostenuto che i lavori di verniciatura dei sostegni ecc. delle linee aeree, destinati ad aumentarne la visibilità nei punti di incrocio con linee aeree, riguardano unicamente l'Aeronautica e non devono portare nessun gravame alle Imprese elettriche; la protezione delle aeronavi in vicinanza degli aerodromi è un punto che deve essere trattato d'accordo fra Società elettriche ed Aeronautica, tenendo come base il rispetto dei diritti acquisiti e riferendosi per quanto riguarda le spese al principio universalmente accettato della priorità. Il sig. *Féraud* ha insistito su questo principio e ha fatto osservare che perchè l'Aeronautica abbia diritto alla priorità non basta che esista il progetto dell'aerodromo, ma bisogna che ne siano già cominciati i lavori.

Il sig. *Meyer* si è preoccupato del *balisage* luminoso quando la linea elettrica non è ancora in servizio e il *Presidente* si è informato se le linee elettriche e gli aerodromi son segnati sulle carte topografiche: in Francia le linee vengono segnate sulle carte man mano son costruite.

Il sig. *Boreijko* ha infine tenuto una breve comunicazione sui sistemi d'elettrificazione a grande rendimento e a grande economia nel futuro, comunicazione che non aveva avuto tempo di presentare come rapporto.

***

Esauriti così i lavori del Comitato III - B si è passati nella stessa seduta a quelli del Comitato III - C. Il rapporto generale III - C - 1 in assenza del relatore sig. *Weiner* non è stato esposto: si tratta d'altronde semplicemente del riassunto di cinque rapporti particolari.

L'ing. *Baron* ha riassunto il rapporto III - C - 7 dell'ing. *Astier* sull'attenuazione dei rumori nelle distribuzioni urbane di energia elettrica. Il problema è preoccupante perchè il continuo aumento delle potenze distribuite nei grandi centri ha portato a costruire sottostazioni sempre più numerose e potenti, mentre d'altra parte le macchine moderne con piccolo ingombro e alta velocità e ventilate con correnti d'aria violentemente mossa sono necessariamente molto rumorose. Il relatore esamina pertanto i provvedimenti costruttivi per ridurre il rumore delle macchine, i mezzi atti ad attenuarne la propagazione e i metodi scientifici per l'analisi dei rumori e delle loro cause, e conclude che mentre la natura dei vari fattori che influiscono sulla propagazione dei rumori è ormai nota e su ciascuno di essi si hanno dati abbastanza precisi, si devono ancora approfondire gli studi di dispositivi per l'attenuazione dell'intensità rumorosa che siano oltrechè soddisfacenti dal punto di vista tecnico anche economicamente convenienti. Sul medesimo argomento, il prof. *List* ha quindi riferito su un gruppo elettrogeneratore in cui i rumori erano prodotti dagli ingranaggi della trasmissione.

Lo stesso prof. *List* ha quindi riassunto il rapporto del sig. *Uherek* (III - C - 5) sui risultati di esercizio con isolatori rigidi di varî tipi su reti a tensioni non oltre i 30 kV. I dati, raccolti in un'inchiesta internazionale, sembrano però insufficienti per poterne dedurre conclusioni precise.

Questo rapporto non ha dato luogo a discussione, e così pure quello dei sigg. *Villiers* e *Bourdon* sull'esercizio di impianti di illuminazione pubblica alimentati da una rete ad A.T. a potenziale costante (III - C - 4). Il lavoro si riferisce a sei piccole

città dei dintorni di Parigi, dove la tensione delle reti per illuminazione pubblica è di 3000 V; sono descritti gli impianti ed esposti i risultati dell'esercizio, risultati che confermano la sicurezza e la indipendenza del servizio, la buona qualità della luce e la facilità dell'esercizio.

Un vivo interesse e anche qualche contrasto ha suscitato il prof. *Niethammer* (rapporto III - C - 3) che ha esaminato i vantaggi economici ritraibili da un aumento della frequenza normale da 50 a 100 periodi. L'economia si verifica principalmente nelle macchine, trasformatori compresi, per la notevole riduzione di peso. Per l'illuminazione, la frequenza più alta è pure vantaggiosa perchè evita la luce vacillante. Infine per le lunghe linee di trasmissione il relatore ha combattuto l'opinione che solo con basse frequenze si possa avere una buona regolazione della tensione, una piccola corrente di carica e una grande stabilità sincrona. L'avvenire gli sembra pertanto riservato da una parte alle alte frequenze e dall'altra alla corrente continua che non solo manterrà ma allargherà il proprio campo di applicazione.

Il lavoro del prof. Niethammer è stato da alcuni interpretato come una proposta di trasformare senz'altro gli impianti attuali portandone la frequenza a 100 periodi; quindi vi son stati interlocutori che, basandosi sull'esperienza fatta in piccolo con la trasformazione di alcune reti di distribuzione da 25 a 50 periodi, han dimostrato che per il passaggio delle sole macchine da frequenza 50 a 100 si arriverebbe a cifre proibitive. Inoltre è stato osservato che dal punto di vista meccanico non si han notizie sul funzionamento delle macchine a 100 periodi. Il sig. *Scoumanne* ha obiettato che le correnti di capacità nei cavi rendono forse poco vantaggiosa la trasformazione e ha ricordato una vecchia linea a 2400 V e a 125 periodi in cui si avevano difficoltà per le cadute di tensione; l'ing. *Garczynski* ha ricordato le difficoltà dell'alta frequenza inerenti alla stabilità della trasmissione, e ha accennato che in America vi è attualmente la tendenza a diminuire la frequenza appunto per questo; ecc. ecc.

Ha risposto il prof. *Niethammer* ripetendo, che egli non proponeva affatto che gli impianti esistenti a 50 V venissero trasformati a 100 V; ma che per es. in paesi dove l'elettrificazione è appena iniziata l'eventualità di una frequenza più alta delle abituali doveva esser presa in considerazione. Ad ogni modo ha ricordato che egli ha portato un primo contributo al problema, il quale però deve ancora essere studiato a fondo.

Sotto la presidenza del prof. *Stefanescu-Radu* si è passati quindi al riassunto del rapporto *Vial* (III - C - 6), che riferendosi a una rete tramviaria a c. c. con 36 sottostazioni convertitrici di cui 3 automatiche e munite di comando e controllo a distanza, espone i principî del comando a distanza e quindi descrive e confronta i due sistemi, Soyer e Thomson-Houston, adottati nelle dette sottostazioni. Dopo il rapporto III - C - 8 del sig. *Fabre*, che descrive gli impianti elettrici realizzati all'Esposizione Coloniale Internazionale di Parigi nel 1931, si è avuto il rapporto dell'ing. *Thiebert* (III - C - 2) che è stato riassunto dal sig. *Girousse* essendo il relatore morto prima del Congresso. Parlando dei rapporti fra radio ascoltatori e produttori e distributori di energia elettrica, il rapporto premette che i disturbi agli apparecchi radioricevitori non provengono quasi mai dagli impianti di produzione e distribuzione dell'energia elettrica; nondimeno gli esercenti non devono disinteressarsi della questione ma anzi riservarsi quasi un compito di mediazione fra le categorie di utenti interessate, e cioè i radioascoltatori da una parte e i possessori di apparecchi disturbatori delle ricezioni dall'altra. Per il resto, la questione va risolta cercando di ridurre al minimo l'intervento dello Stato e delle pubbliche Amministrazioni. Dal punto di vista tecnico, il rapporto passa in rivista i vari sistemi per attenuare od evitare i disturbi alle radioaudizioni e dà i risultati di numerose prove ed esperienze in proposito.

Sul rapporto ha preso la parola anzitutto il sig. *Brock* che ha osservato come la questione non sia ancora matura per una decisione e ha preconizzato la creazione di leggi internazionali al riguardo, perchè il problema è lo stesso dappertutto; pertanto bisogna evitare che i varî paesi promulghino ora leggi separate sulla questione. Il sig. *Chaudoir* ha parlato sulla protezione per condensatori e il *Presidente* ha rilevato come sia ingiusto rendere responsabili i produttori dei disturbi alle radioricezioni e come non si possa pretendere che essi rintraccino tutti i disturbatori.

***

Per il Comitato III - D, il relatore generale prof. *Budeanu* (rapporto III - D - 1) aveva diramato un questionario sullo stato attuale del problema della potenza reattiva, riguardante la politica da seguire nei riguardi della distribuzione dell'energia reattiva, la tariffazione dell'energia reattiva, i risultati ottenuti coi varî metodi attuali per il miglioramento del cos $\varphi$, l'opportunità di un'inchiesta sulla ripartizione della potenza reattiva fra i varî elementi di un impianto di distribuzione, le condizioni attuali della misura di grandezze reattive nella pratica d'esercizio ecc. Dalle risposte ricevute il relatore ha concluso che è necessaria un'orientazione unica per la politica generale da seguire; che il principio di applicare una tariffa all'energia reattiva è riconosciuto quasi all'unanimità; che i metodi per il miglioramento del fattore di potenza sono abbastanza aggiornati dal punto di vista tecnico; che l'inchiesta sulla ripartizione della potenza reattiva sarebbe realmente utile; che si fa sempre più sentita la necessità di apparecchi indicatori istantanei delle grandezze reattive ecc. Infine ha ricordato come la questione delle denominazioni e definizioni sia ancora in sospeso e ne ha rilevato l'urgenza.

Il sig. *Brylinski* (rapporto III - D - 2) premesso che certi autori hanno messo in dubbio che la potenza reattiva sia una potenza e l'energia reattiva un'energia, ha affermato che un tal modo di vedere porterebbe a confusioni pericolose e pertanto ha voluto dimostrare che la potenza reattiva è della stessa natura della potenza attiva, e che per conseguenza l'energia reattiva è realmente una delle forme dell'energia. Infatti in numerose equazioni potenza attiva e reattiva vengono sommate, ciò che si può fare solo se gli addendi sono della stessa specie. Le espressioni *potenza* ed *energia reattiva* possono quindi usarsi senza scrupolo, in attesa delle decisioni della Commissione Elettrotecnica Internazionale per una nuova definizione delle due quantità.

La discussione sui due rapporti ha riguardato sopratutto la convenienza di tariffare l'energia reattiva; ad essa hanno partecipato i sigg. *Laporte, Rich, Brylinski* ecc.

***

Nella mattinata dell'11 luglio, sotto la presidenza del sig. *Schmidt* (Svizzera) si è avuta la discussione dei rapporti per il Comitato IV - A.

Il relatore generale sig. *Lulofs*, sostituito in seduta dal sig. *Bakker*, era incaricato dall'Associazione Olandese, segretaria del Comitato, di riassumere i risultati di un'inchiesta internazionale sulla tariffazione e vendita dell'energia elettrica; ma avendo constatato che per la diversità delle condizioni locali è impossibile arrivare a stabilire dati generali sui prezzi dell'energia praticati nei vari Paesi, si è limitato a considerare le idee generali sulle quali son basate le tariffazioni per i diversi scopi. Il rapporto (IV - A - 1) esamina i tipi di tariffa in uso per i grossi consumatori, gli utenti per piccola forza motrice e quelli per illuminazione e applicazioni domestiche, e le eventuali condizioni e limitazioni speciali nei riguardi degli orari di utilizzazione, della potenza reattiva, dei prezzi del combustibile ecc., e conclude che malgrado le differenze nelle forme delle tariffe, nei varî Paesi considerati si hanno tendenze analoghe. Così mentre vi sono notevoli differenze di trattamento fra gli utenti per forza motrice e per usi domestici, quelle fra la tariffazione per grossa e piccola forza motrice non sono molto grandi. Per le applicazioni domestiche è molto importante usare tariffe di forma semplice.

L'ing. *Taccani* ha subito ricordato che in Italia si ha ancora qualche tariffa a *forfait* per luce, ma soltanto per utenti rurali ed operai, dove sono richieste solo pochissime lampade; il *forfait* è reso possibile dal fatto che la produzione è quasi esclusivamente idraulica ed è reso necessario dalla considerazione che nei casi in questione il servizio del contatore graverebbe troppo sulla fornitura. Ha pure accennato come vi sia da noi la tendenza ad abolire la dicitura: nolo del contatore; sostituendovi quella: quota fissa per servizio contatore, od altra simile. Riferendosi ai risultati della discussione, alla quale hanno partecipato numerosi presenti, il sig. *Bakker* ha concluso che la tariffa più logica pare quella binomia; son però da considerare anche i fattori psicologici; secondo questo punto di vista le tariffe più semplici sono le più consigliabili.

L'ing. *Berni* ha riassunto, in assenza del relatore, il rapporto IV - A - 4 dell'ing. *Fracanzani* sulle tariffazioni più opportune per lo sviluppo delle applicazioni domestiche dell'elettricità. Il relatore considera specialmente le applicazioni termiche come scaldaacqua, ferri da stiro, fornelli e cucine elettriche, riscaldamento; queste applicazioni devono essere favorite dall'esercente, perchè aiutano a colmare i minimi del diagramma di carico. Le tariffe devono tendere all'esclusione delle utilizzazioni domestiche nelle ore di punta e d'altra parte fissare prezzi tali che gli utenti siano indotti ad usare l'elettricità per gli apparecchi che oggi utilizzano gas o altro combustibile. Il rapporto mette in evidenza l'importanza della sicurezza di funzionamento, del prezzo e dell'energia consumata dagli apparecchi utilizzatori e termina raccomandando alle Società, come pro-

paganda, di concedere gratuitamente apparecchi ed energia occorrente per un periodo di prova e di essere larghe di consigli sulle modalità necessarie nell'uso degli apparecchi stessi per render minimo il consumo.

A proposito delle applicazioni domestiche in Italia, l'ing. *Taccani* ha ricordato l'esistenza dell'imposta luce per cui bisogna tener distinti i consumi per illuminazione da quelli per applicazioni domestiche, ciò che intralcia lo sviluppo di queste. Nei riguardi delle tariffe, ha osservato che per le cucine occorre una tariffa diversa che per lo scaldaacqua e che sia in rapporto col prezzo locale del gas. Ha detto di ritenere che in Italia si abbian più di 30.000 cucine elettriche, cifra in continuo aumento. Se si potrà ottenere dalla Finanza il consolidamento dell'imposta luce sulla base del gettito degli ultimi anni, le applicazioni si avvantaggeranno.

La discussione, pur risentendosi dell'assenza del relatore, è stata animata. Il sig. *Niesz*, riferendosi a un'affermazione dell'ing. Fracanzani, ha espresso il parere che gli scaldabagno devano essere a temperatura molto alta, per diminuirne il volume; e ha ricordato che con le tariffe svizzere per lo scaldaacqua si ha un prezzo basso del kWh eppure tale applicazione risulta assai interessante per l'esercente almeno per produzione idraulica. Il prof. *List* ha dato invece informazioni riguardanti lo scaldaacqua in Cecoslovacchia, dove la produzione è prevalentemente termica; il sig. *Uytborck* ha insistito sull'opportunità che gli apparecchi domestici sian di facile uso ecc. È stato anche rilevato che dove vi sono molte cucine elettriche, l'avvallamento di mezzogiorno del diagramma di carico tende a colmarsi e allora non conviene più che gli scaldaacqua siano attaccati in quelle ore, altrimenti si avrebbe una punta maggiore di quella serale; quindi per l'avvenire si prospetta un'altra forma di tariffe. Il sig. *Antoine* ha parlato dei prezzi da praticare per le applicazioni domestiche e per la cucina in particolare, e ha osservato come nelle campagne, per le diverse condizioni locali, non si possano applicare le tariffe praticate in città; ha anche accennato all'interesse che presenterebbe una raccolta coordinata di tariffe dei varî paesi.

L'argomento delle tariffe tocca troppo profondamente gli interessi degli esercenti perchè i pochi rapporti presentati in argomento non suscitassero vivo interesse e anche contrasti. Così il rapporto speciale del dott. *Lulofs* (IV - A - 3) e la nota presentata dal sig. *Scoumanne*, che costituisce un vero e proprio rapporto in argomento, arrivano a conclusioni nettamente contrarie sul genere di tariffe che conviene adottare per le applicazioni domestiche. Conviene però dire che i due relatori si riferiscono a reti in condizioni ben diverse: il primo considera il caso di una città con oltre 200 000 utenti agglomerati in qualche decina di km²; il secondo una rete rurale con 37 000 utenti disseminati su oltre 1500 km².

Il dr. *Lulofs* parte dal fatto che le tariffe per essere razionali devono essere basate su una conoscenza esatta del prezzo di costo dell'energia elettrica e dei varî elementi che concorrono a formarlo; nel prezzo di costo son da considerare due parti distinte: il costo della produzione e quello della distribuzione fino all'utente. Studia poi l'influenza di tali costi sul prezzo di costo medio dell'energia elettrica presso l'utente, considerando in particolare appunto l'utente per illuminazione ed usi domestici. Per questi il relatore preconizza l'adozione di tariffe a consumo minimo garantito, comprendenti una somma fissa annua determinata per ogni abitazione in base al consumo luce presunto e un tanto per ogni kWh consumato in più; tali tariffe applicate ad Amsterdam sembra abbiano favorito notevolmente l'aumento del consumo.

Le preferenze del sig. *Scoumanne* per contro sono per la tariffa multipla, pur riconoscendo che essa si adatta solo ai piccoli apparecchi domestici, di potenze non oltre 500÷1000 W, e che deve essere integrata da una tariffa speciale per le applicazioni più importanti, come la cucina ed eventualmente il riscaldamento; per queste, l'oratore ha consigliato una tariffa binomia.

Dalla diversità delle conclusioni raggiunte, si deve dedurre che in materia di tariffe ogni esercente deve considerare il proprio problema particolare, in relazione alle condizioni locali e non può valersi di studî fatti da altri se non con estrema prudenza. Del resto il sig. *Bakker*, rispondendo ai vari interlocutori sul rapporto IV - A - 3, ha detto di ritenere che il rapporto Lulofs va considerato più che altro come studio analitico ed esempio di calcolo. Hanno parlato anche il sig. *Antoine*, che ha accennato come sia logico tener conto nelle tariffe delle punte dei varî tipi di consumo; il sig. *Niesz*, che ricordando i varî tipi di tariffe in uso nella Svizzera (un tanto per m² e un tanto per kWh consumato; il sistema a scaglioni di consumo; quello a contatori separati per luce, per cucina ecc.) ha detto come conclusione che in fatto di tariffe bisogna rifuggire dal dottrinarismo, ecc. Rispondendo al sig. *Meyer*, lo stesso oratore ha affermato che anche le applicazioni che richiedono un maggior sviluppo degli impianti posson diventare redditizie e ha accennato come in Isvizzera vi sia la tendenza ad aumentare a 220 V la tensione di distribuzione. Anche l'ing. *West* si è dimostrato favorevole a un aumento di tale tensione.

Il sig. *Bakker* ha poi riferito sul sistema di pagamento delle bollette per l'energia elettrica adottato all'Aja (rapp. IV-A-2): il controllore recandosi a fare la lettura del contatore, prepara senz'altro la fattura relativa e ne incassa l'ammontare. Si ottiene così una notevole economia di personale e diminuisce il lavoro dell'ufficio contabilità; naturalmente però vi è pericolo di frode da parte del personale adibito alla riscossione e si riscontra una maggior frequenza di errori di contabilità. La crisi ha poi portato un aumento del numero di fatture non pagate subito e che quindi devono essere riscosse coi mezzi ordinarî.

***

La questione della tensione così detta *non pericolosa* è ritornata anche quest'anno sul tappeto, sotto gli auspicî del Comitato IV - B, ed è stata discussa nella seduta pomeridiana dell'11 luglio, sotto la presidenza del sig. *Bakker* (Olanda).

È già stato chiarito altre volte che la tensione *non pericolosa* è quella alla quale si può avere senza pericolo il contatto del corpo umano con parti sotto tensione. In generale, come è stato precisato al Congresso di Bruxelles, tale tensione è di 42 V, ma in alcune circostanze può scendere fino a 24 V. Il rapporto generale IV - B - 1, redatto dal sig. *Lohr* per incarico dell'Associazione olandese, ricorda che in realtà il pericolo presentato dall'elettricità dipende dall'intensità della corrente che attraversa il corpo umano e per una data tensione dalla resistenza ohmica di questo. Per apparecchi di piccolissima potenza, come p. es. apparecchi radio, potrebbero considerarsi *non pericolose* anche tensioni ben più alte delle suddette, p. es. 220 e 380 V; le intensità ammissibili in questo caso sarebbero di 4÷5 mA per c. a. e di 20÷25 mA per c. c.

Questo rapporto è stato discusso insieme a quello particolare del sig. *Uytborck* (IV - B - 2). Premesso che dovrebbero essere normalizzate come *non pericolose* le tensioni di 24 e 42 V monofasi e di 42 V trifasi, il relatore propone che gli apparecchi a piccola potenza e le lampade portatili per ispezione di caldaie ecc. sian previsti per tensioni di 24 V; gli apparecchi monofasi di una certa potenza come ferri da stiro, *bouilloires*, motori domestici ecc., per tensioni di 42 V col punto di mezzo del secondario del trasformatore a terra; gli apparecchi trifasi come motori portatili, per 42 V fra fase e fase, col neutro del secondario dei trasformatori a terra.

Il sig. *Brylinski*, rilevati gli inconvenienti presentati dai trasformatori per abbassare la tensione fino a 30 o 24 V, ha ricordato che in causa della resistenza variabile del corpo umano è difficile fissare un limite per la tensione *non pericolosa* e che un giorno potrebbero venire richiesti anche valori di 15 o 9 V; il sig. *Abrezol* ha protestato che il limite di 24 V è stato fissato in base a studî seri e ha chiesto che esso venisse votato come tensione *non pericolosa*; il sig. *Stefanescu-Radu* si è occupato della questione nei riguardi delle eventuali responsabilità legali. È questo infatti il punto più delicato: l'espressione *tensione non pericolosa* può indurre in errore, facendo credere che gli impianti, per non dar luogo a responsabilità in caso di infortunî, devano essere a tensione inferiore ai limiti sopra indicati; perciò il prof. *List*, col quale si è subito dichiarato d'accordo l'ing. *Taccani*, ha avuto l'approvazione dell'Assemblea proponendo che si adoperi un'altra espressione per il limite che si vuol definire. In Cecoslovacchia tale tensione limite si dice *piccola* tensione; il Congresso si è invece dichiarato d'accordo per denominare tensione *bassissima* quella fin qui chiamata *non pericolosa*; si è anche riconosciuta l'opportunità di stabilire un valore normale o *standard* di tale tensione, demandando però al Comitato di Direzione della UNIPEDE la scelta del valore più opportuno, da fissarsi in base ai risultati di un'inchiesta presso i varî Paesi.

La discussione, alla quale hanno partecipato anche il *Presidente*, i sigg. *Herry*, *Scoumanne* ecc., ha portato così alla conclusione più pratica e razionale.

***

La *Elektrotechnicky Svaz Ceskoslovensky*, segretaria del Comitato IV - C, aveva diramato alle varie Associazioni nazionali dell'UNIPEDE un questionario riguardante sia l'ispezione degli impianti interni a costruzione ultimata e prima dell'allacciamento alla rete, sia l'ispezione regolare ad allacciamento avvenuto. Relatore generale in argomento il prof. *List*.

La E. S. C. ha riassunto i proprî punti di vista sulla questione (rapporto IV - C - 2) nel modo seguente. L'installatore deve

esser responsabile del lavoro che ha eseguito; l'esecuzione degli impianti deve esser regolata legalmente in modo che possa essere affidata solo a chi abbia le conoscenze necessarie. Il distributore deve esigere dall'installatore la dichiarazione che l'impianto corrisponde alle condizioni necessarie. È indispensabile che la Società elettrica abbia diritto di ispezione e controllo sui nuovi impianti: con ciò però la Società non può assumersi responsabilità per il caso che vi sia qualche difetto di installazione. Quando il proprietario dell'impianto è una persona diversa da chi lo usa, deve far procedere periodicamente al controllo delle condizioni di sicurezza.

Anche per l'ispezione degli impianti interni si tratta più di una questione pratica e di opportunità che di una questione tecnica, ma il dibattito è stato assai limitato. Il sig. *Stefanescu* ha comunicato che in Rumenia l'ispezione fatta dall'esercente si è dimostrata pericolosa; il sig. *Ganguillet* ha riferito che in Isvizzera il responsabile di un impianto è il proprietario dello stesso e ha esortato gli esercenti a non caricarsi inutilmente di responsabilità; l'ing. *Taccani* ha riferito sulla pratica italiana in proposito, informando che l'Associazione Infortunî, ora sostituita da un Ente statale, si occupa delle ispezioni ai soli impianti industriali; quelli privati sono verificati da parte della Società solo fino al contatore o altrimenti dietro richiesta dell'utente; però la Società distributrice non concede l'allacciamento se l'impianto non è stato prima collaudato.

***

Sotto la presidenza del sig. *Cuervo* (Spagna), il sig. *Ganguillet*, relatore generale per il Comitato VII, ha esposto come vengono compilate le statistiche della produzione e del consumo dell'energia elettrica nei soli tre paesi dove tali statistiche vengono pubblicate a brevi e regolari intervalli, e cioè l'Italia, gli Stati Uniti e la Svizzera. Negli ultimi due paesi il consumo viene diviso per categorie secondo le applicazioni; in Italia per ora si fa solo la divisione della produzione fra Italia Settentrionale, Centrale e Meridionale e Isole, ma si sta facendo una suddivisione minuta del consumo secondo i varî usi industriali, agricoli e di illuminazione.

Essendosi il relatore felicitato con l'Italia perchè ottiene statistiche molto dettagliate, l'ing. *Taccani* ha voluto chiarire che la sola statistica della produzione è mensile, mentre quella del consumo è annuale; per il 1931 tale statistica è già stata compilata. I dati raccolti si riferiscono al 94% della produzione totale.

Per quanto riguarda le statistiche internazionali la Camera di Commercio Internazionale ha costituito nel 1931 un Comitato d'esperti per esaminare la questione; relatore di tale Comitato è il sig. *Brylinski*, che ha ricordato come l'incarico di compilare le statistiche internazionali della produzione e distribuzione di energia elettrica sia rimasto all'UNIPEDE, in stretto collegamento con la Conferenza mondiale dell'Energia, con la Conférence des Grands Réseaux e col Comitato suddetto. Il sig. Brylinski ha poi accennato rapidamente alle difficoltà inerenti alla compilazione di statistiche internazionali.

***

Il tema delle applicazioni e propaganda, che è stato discusso nella seduta antimeridiana del 12 luglio, Presidente il sig. *Kobylinski* (Polonia), presenta un grande interesse pratico per gli esercenti, interesse che si è rivelato sia nel numero notevole di memorie presentate, sia nella discussione abbastanza animata per quanto lo ha concesso la ristrettezza del tempo.

Il relatore generale sig. *Straszewski*, che non ha potuto esser presente al Congresso, riferisce nel suo rapporto che il programma stabilito dal *Zwiazek Elektrowni Polskich*, che aveva il Segretariato del Comitato di studio n.º V, comprendeva: applicazioni domestiche, applicazioni termiche industriali, applicazioni speciali e problemi diversi. Per tutti questi temi son stati trovati relatori, mentre invece son mancati rapporti su alcune questioni particolari come le modificazioni degli impianti interni in relazione all'installazione di apparecchi domestici, la radio come mezzo pubblicitario, l'organizzazione dei servizi commerciali (lettura dei contatori, compilazione e incasso delle fatture), la vendita a credito degli apparecchi, ecc.

Dei tre rapporti speciali sulle applicazioni domestiche, che son stati discussi insieme, il primo dovuto al sig. *Burri* (V - 10) dopo un cenno storico sullo sviluppo della cucina elettrica ne considera il lato economico e anzitutto la concorrenza col gas. Nei riguardi delle Società elettriche, la cucina va considerata sopratutto per l'effetto che il consumo relativo esercita sull'andamento dei diagrammi di carico: viene indicato come si possa valutare tale effetto e sono confutati i timori di alcuni esercenti sulla possibilità di un'influenza sfavorevole. Sono poi riportati dati statistici sullo sviluppo della cucina domestica e della grande cucina elettrica e sono date alcune notizie sulla propaganda.

L'ing. *Melzer* (rapporto V - 8), riferendosi al consumo domestico di Praga, constata che lo sviluppo di questo dipende non tanto dal prezzo del kWh quanto da altre condizioni come il livello della vita sociale e le condizioni finanziarie della popolazione, il prezzo locale del carbone e del gas, la qualità degli apparecchi utilizzatori e la possibilità di ottenerli, i tipi di tariffe usati, ecc. Un'influenza indiretta hanno anche le condizioni degli impianti che permettono tariffe più o meno favorevoli. Il rapporto espone anche un sistema di tariffe domestiche basato sul numero di locali dell'appartamento dell'utente e mostra come si possa valutare l'effetto della nuova tariffa sugli introiti della Società elettrica.

Il rapporto V - 7 dovuto al sig. *Sattler* si riferisce a una zona della « Salec » dove l'elettrificazione è già abbastanza progredita ed enumera i capisaldi su cui si fonda la propaganda nella zona: propaganda orale affidata oltre che ad agenti specializzati, a tutto il personale della Società; dimostrazione pratica dell'uso e dell'efficacia degli apparecchi; fornitura gratuita di un certo quantitativo di energia all'acquirente di un apparecchio elettro-domestico; grande semplicità di tariffe, ecc. I risultati ottenuti sono soddisfacenti.

Da una discussione a cui hanno partecipato i sigg. *Uytborck* e *Sattler* sulla coesistenza della cucina e del riscaldamento elettrico, è apparso che c'è negli utenti per cucina elettrica una tendenza a riscaldarsi elettricamente. È stata poi rilevata la difficoltà di riparare le reti rurali alimentanti cucine elettriche, perchè le massaie protestano se si fa interruzione di giorno, anche se domenica. Si è anche accennato dal sig. *Mieg* alla possibilità di inserire vicino alla cucina una lampada che indichi quando vi è o no tensione.

Rispondendo a una domanda sull'aiuto per la propaganda portato dagli installatori, il sig. *Sattler* ha affermato che si era promesso agli installatori un premio del 15÷20 % sul prezzo di installazione, ma senza risultati; a Sélestat anzi gli installatori sono nemici delle cucine elettriche. Ha ricordato poi le possibilità offerte per la vendita da una combinazione cucina elettrica-apparecchio radio. Avendo egli accennato a durate delle cucine elettriche di 10-15-20 anni, il sig. *Antoine* ha replicato che dato il cambiamento rapido dei tipi, l'ammortamento delle cucine elettriche va fissato in 5 anni. Siccome poi per un buon rendimento della cucina occorrono casseruole e pentole adatte, l'Elettricità di Strasburgo dà come premio a chi acquista cucine o fornelli elettrici delle casseruole speciali. Infine il sig. *Sattler*, riferendosi ad una informazione dell'oratore precedente, ha rilevato il pericolo di dare in locazione cucine o fornelli che vengon poi restituiti sporchi e arrugginiti.

Passando alle applicazioni termiche dell'elettricità nell'industria, abbiamo i rapporti V - 6 dei sigg. *Chauvac* e *Munck* e il rapporto V - 11 dell'ing. *Palecki*. Il primo afferma che le applicazioni elettrotermiche industriali sono vantaggiose tanto per l'utente che per l'esercente, purchè quest'ultimo organizzi opportunamente la vendita e sorvegli come vien fatto l'impianto utilizzatore. I vantaggi economici che la Società elettrica può ricavare dalle applicazioni elettrotermiche industriali sono in relazione, oltre che all'aumento di consumo, alla regolarizzazione del diagramma di carico che si ha per la notevole durata di utilizzazione di alcune fra le principali applicazioni e per la possibilità di funzionamento nelle ore di carico minimo, e al miglioramento del fattore di potenza che si verifica sopratutto con forni a resistenza e con caldaie elettriche. Per ciò che riguarda l'utente, i relatori fanno uno studio economico comparativo fra forno a combustibile e forno elettrico, dimostrando come spesso quest'ultimo sia più vantaggioso.

L'ing. *Palecki* si occupa in modo particolare della saldatura elettrica ad arco e mette in evidenza come dal punto di vista dell'esercente occorra far distinzione fra il sistema a c. a. e quello a c. c. Nel primo caso, i trasformatori monofasi rappresentano per la Società elettrica un consumo poco desiderabile, essendo il carico concentrato su una fase ed avendo i trasformatori una forte dispersione magnetica ed un basso fattore di potenza; per contro i sistemi di saldatura a c. c. con dinamo azionate da motori trifasi rappresentano un'utenza desiderabile e meritano che le Società ne facciano propaganda.

Nella discussione dei due rapporti è intervenuto l'ing. *Taccani*, chiedendo informazioni sulle tariffe praticate per le applicazioni in parola e fornendo dati su quanto si fa in proposito in Italia.

Accenneremo anche ai rapporti V - 15 e 16, che si occupano dei veicoli ad accumulatori. Nel primo l'ing. *Vincent*, ricordati i varî servizi possibili con tali veicoli, afferma che la batteria

di accumulatori per trazione è un utente desiderabile, perchè si alimenta nelle ore di carico minimo e durante la notte; la sua utilizzazione è di almeno 2 000 ore annue. Nel secondo viene descritto il servizio con vetture ad accumulatori all'Esposizione Coloniale di Parigi del 1931. In complesso entrambi i relatori hanno insistito sul fatto che, poichè ora le utenze tramviarie sono in diminuzione, può convenire ai produttori e distributori di energia di rivolgere la loro attenzione alle applicazioni con veicoli elettrici.

Passando ai rapporti degli ing. *Hartmann* e *Civita* (V - 5 e 13) che entrambi si occupano di una speciale applicazione, quella degli apparecchi radioricevitori nei riguardi delle Società elettriche, è notevole la concordanza di vedute fra i due relatori. Il primo rapporto, di carattere più generale, riferendosi ai risultati di un'inchiesta internazionale, rileva che la radio rappresenta un consumo assai interessante, poichè in alcuni casi l'aumento del consumo domestico presso i proprietari di apparecchi raggiunge persino il 30 %. Tale aumento è determinato, oltre che dal consumo proprio dell'apparecchio, dall'aumento del consumo luce che si verifica presso gli abbonati alle radioaudizioni.

A conclusioni analoghe arriva il rapporto dell'ing. Civita (riassunto dall'ing. *Artini*), che però si riferisce a un caso particolare, e cioè a un gruppo di utenti livornesi della « Selt », per i quali è stato fatto il confronto fra il consumo di energia nei 12 mesi precedenti l'acquisto dell'apparecchio radio e quello dei 12 mesi seguenti; l'aumento del consumo annuo è stato in media del 24 %. Entrambi i relatori son d'avviso che è interesse degli esercenti favorire, con eventuali opportune facilitazioni, l'acquisto di apparecchi radio da parte dei proprî utenti luce.

Si doveva quindi passare al rapporto dell'ing. *Simoncini* (V - 14) sull'elettricità nei campi, l'aratura e l'irrigazione elettriche e i servizi elettrici della fattoria; ma l'ing. *Cesàri* che si era riservato l'incarico di riassumere i rapporti italiani in materia elettro-agricola (oltre quello dell'ing. Simoncini il rapporto V - 12 del dott. *Friedmann* sul riscaldamento elettrico delle serre e dei letti, e alcune notizie sull'elettrificazione rurale in Italia, raccolte dalla UNFIEL) ha giudicato a ragione, poco prestandosi tali rapporti a carattere informativo o descrittivo ad essere riassunti che fosse più utile presentare i risultati ottenuti fin qui in Italia nelle applicazioni dell'elettricità ai lavori dei campi, deducendone poi alcune conclusioni.

L'oratore ha ricordato anzitutto che in Italia l'elettrificazione dei comuni rurali, intesa nel senso di allacciamento alle reti di distribuzione, è più avanzata che p. es. in Francia o in Inghilterra, poichè il 92 % dei comuni e quasi il 75 % dei gruppi di abitazioni anche poco importanti, dispongono di energia elettrica. Per « applicazioni agricole » da noi si intendono solo quelle nelle fattorie e sopratutto la lavorazione del terreno e la preparazione di tutti i prodotti agricoli nelle fattorie stesse, escludendo quindi l'illuminazione e le industrie agricole come raffinerie, fabbriche di conserve, ecc. Secondo l'importanza del consumo le principali applicazioni agricole sono, in ordine decrescente: sollevamento d'acqua per irrigazione, sollevamento d'acqua per bonifica, trebbiatura e sgranatura, latterie, applicazioni diverse nelle fattorie (frigoriferi, frantoi, trinciapaglia e pressapaglia ecc.) e aratura. Il numero complessivo di impianti è di oltre 32 000, con una potenza installata di 155 000 kW e un consumo, nell'anno 1931, di 93 milioni di kWh.

Il problema della elettrificazione agricola, ha qui osservato l'ing. Cesàri, è un problema di costi d'impianto e non di prezzo dell'energia: infatti le spese di servizio al capitale per gli impianti adibiti esclusivamente all'utente agricolo (linee, trasformatori, ecc.) superano notevolmente il costo dell'energia consumata. Pertanto il Governo italiano sta opportunamente considerando la possibilità di aiutare i Sindacati d'agricoltori che han bisogno dell'energia elettrica, contribuendo alle spese d'impianto delle linee.

Passando poi a considerare le varie applicazioni, l'oratore ha accennato come in Italia, dato il clima mediterraneo e i possibili periodi di siccità in primavera ed estate, l'applicazione più sfruttata è il sollevamento d'acqua per irrigazione. Per contro è pochissimo applicata l'aratura elettrica, in dipendenza anche del fatto che non si è ancora costruito un apparecchio veramente adatto allo scopo, ma ci si è accontentati di sostituire il motore elettrico ai motori a combustione interna o alla macchina a vapore, lasciando l'apparecchio pressochè invariato. Una grossa difficoltà è data anche dal cavo per condurre l'energia dai trasformatori all'apparecchio. Ad ogni modo anche l'aratura elettrica richiede un forte immobilizzo con ammortamento rapidissimo e con stagioni lavorative assai brevi.

L'utilizzazione delle utenze agricole è assai bassa: meno di 600 ore in media nel 1931; quindi non è sempre possibile praticare per l'energia elettrica tariffe convenienti. D'altra parte non è probabile che nuovi usi elettroagricoli possano migliorare di molto l'utilizzazione media, perchè l'agricoltura essendo a carattere stagionale anche le nuove applicazioni verrebbero probabilmente ad incidere nei periodi già coperti dalle applicazioni attuali.

Per completare le notizie sui lavori italiani al Congresso in materia elettro-agricola, ricorderemo che la memoria dell'ing. *Simoncini*, oltre a dare numerose informazioni di carattere tecnico sulle varie applicazioni elettriche nelle campagne, si occupa anche e in special modo del lato economico e finanziario dell'elettrificazione rurale, considerando a giusta ragione che esso è di importanza preponderante; mentre il dott. *Friedmann* descrive un importante impianto italiano per il riscaldamento elettrico dei semenzai, mettendo in evidenza il vantaggio di questo sistema rispetto a quello a concimazione, e per il riscaldamento pure elettrico delle serre, che sembra economicamente più conveniente di altri sistemi, per quanto non si possano per il momento fare affermazioni precise.

Sono passati senza discussione anche i rapporti del sig. *Luscher* (V - 2) che dà notizie sull'elettrificazione rurale in Francia, Belgio, Polonia, Olanda e Svizzera, esaminando specialmente le tariffe, il finanziamento, ecc. e dando uno sguardo anche ai possibili futuri sviluppi; e del sig. *Falcoz-Vigne* (riassunto dalla Signora Falcoz-Vigne) sull'insegnamento popolare dell'elettricità nelle scuole elementari, insegnamento che pare abbia luogo con criteri assai diversi da paese a paese.

Il rapporto del sig. *Imbs* (V - 4) si occupa di alcune condizioni che possono dar luogo a discussione nei contratti di fornitura di lampade ad incandescenza e particolarmente della durata e dell'efficacia luminosa delle lampade, mettendo in evidenza l'incompatibilità di una lunga durata con una grande efficacia luminosa. Accenna anche all'esistenza di una formula che dà la durata più economica in funzione delle diverse variabili; l'utente può variare l'intensità luminosa, il consumo e la durata di una lampada utilizzandola a tensioni diverse da quella nominale.

***

Nell'ultima seduta, dopo un'esposizione verbale dell'*Union des Exploitations électriques en Belgique* su varie questioni legislative, è stata tenuta l'Assemblea generale ordinaria, nella quale è stato approvato il rapporto del Comitato di direzione, col resoconto dei lavori compiuti dalle varie Commissioni dell'UNIPEDE: Commissione lampade, Commissione per la tensione « non pericolosa », Commissione per le questioni di radiodiffusione e di aviazione, ecc. Inoltre il rapporto riferisce su altri lavori dell'*Union*, come le statistiche internazionali, la carta d'Europa, ecc., e sulle relazioni con le altre organizzazioni internazionali come la Conferenza mondiale dell'Energia, la Conférence des Grands Réseaux, il C. C. I., la C. M. I., la Commissione Elettrotecnica Internazionale, ecc.

*M. A.*

# FATTI E TESTIMONIANZE

## Lettera aperta ad alcuni ignoti lettori del "Corriere della Sera,,

22 agosto 1932-X.

Sul « Corriere » del 18 agosto 1932-X ho letto, non senza qualche sorpresa, il riassunto delle osservazioni fatte da Voi in merito ai recenti furti di energia elettrica.

Mi ha subito colpito questa dichiarazione: « In sostanza « questi nostri lettori rilevano che *se l'ambiente degli utenti non « reagisce con maggiore energia contro le mene dei disonesti* (*sic*), « ciò dipende dal fatto che fra i fornitori di energia elettrica « ed i consumatori non corrono buoni rapporti ».

Ecco, per essere schietto, credo che fra compratori e venditori corrano ben raramente rapporti idilliaci. In generale chi compera trova sempre il prezzo troppo caro, e chi vende sostiene il contrario. Ma all'infuori di ciò, non sono riuscito a capacitarmi dei motivi che Vi hanno condotto a dichiarare di *non poter reagire contro le mene dei disonesti*. Perchè volete reagire Voi, che non c'entrate affatto? E in che modo lo potreste? Nessun fornitore di energia chiederà mai questo sforzo (reagire contro ecc.) agli utenti *onesti*; ed i *disonesti*, certamente non sentiranno lo stimolo di reagire alla disonestà, per la buona ragione che se lo sentissero non ruberebbero l'energia.

Ma più singolari ancora sono le spiegazioni che Voi avreste dato al giornale, sui motivi della vostra simpatia, non oso dire solidarietà, coi disonesti! Eccoli qui, secondo il giornale: 1°) perchè l'energia elettrica è troppo cara; 2°) perchè i contatori non sono bollati.

Non osserverò, ignoti utenti, che la prima ragione introduce nel nostro modo di concepire l'onestà un concetto nuovo, del quale per fortuna i codici non tengono conto. Rubare gli oggetti che il ladro ritenga a suo giudizio troppo cari parrebbe, a sentire Voi, operazione, se non meritoria, almeno scusabile! È una teoria deliziosa che Voi aveste il coraggio di esporre, e che il giornale non trovò di dover ribattere! Segni dei tempi o amore del proprio interesse? Mistero!

Vi dirò piuttosto che per giudicare se un prodotto qualsiasi sia o non sia caro, bisogna procedere per confronti, anche con prodotti diversi purchè, nel caso di variazioni monetarie, si tenga conto della moneta nella quale si fa il pagamento. Questo perchè i venditori di energia a loro volta rappresentano dei risparmiatori che impiegarono il loro danaro a servizio degli utenti e che devono essi pure coi frutti del loro risparmio comperare prodotti altrui. Ebbene, senza dilungarmi troppo, si sa che l'energia elettrica per luce si vendeva nel 1914 a Milano al prezzo di 40 centesimi al kWh e si vende oggi al prezzo di L. 1,10, equivalenti (a tenore del peso oro della nuova lira paragonato col peso oro della lira vecchia) a 30 centesimi antebellici, circa.

Dunque l'energia elettrica per luce (ed è proprio su questa, che si sono praticati su larga scala i furti di cui si è occupata con diletto la cronaca dei giornali) costa oggi TRE QUARTI di quanto costava prima della guerra.

Resisto alla tentazione di fare dei confronti suggestivi. Chi non sa per esempio che i giornali costano il quadruplo, (dopo averli dovuti pagare tanto tempo il quintuplo) e il tram il quintuplo, e che gli affitti e il latte e il pane e il vino e i sigari, e tutto si può dire, salvo poche eccezioni, è aumentato nella stessa misura del quadruplo, mentre la mano d'opera viene a *costare* a chi l'assume (specialmente per le otto ore e le spese di assicurazione) da cinque a sette e perfino otto volte tanto quanto costava prima della guerra? Ma se sorvolo su ciò, non sarà fuori luogo ricordare che l'Azienda Elettrica Municipale di Milano è nata nel 1904 proprio perchè era diffusa nel pubblico l'opinione che *l'unico fornitore di energia elettrica di allora abusasse della sua situazione commerciale monopolistica*, come avete scritto Voi, ignoti amici, nel 1932! Povero Comune! Adesso è ripagato con la stessa moneta.

Voi mi potrete contestare che poco Vi importa dei danari incassati dai distributori; Vi importa soltanto la spesa sopportata dalle Vostre tasche. È giusto. Ebbene, di diverso fra l'anteguerra ed oggi ci sono le tasse. Allora l'energia elettrica per luce pagava complessivamente allo Stato ed al Comune 11 (undici) centesimi di tassa per ogni kWh; adesso ne paga 75 (settantacinque), equivalenti, sempre secondo il noto Decreto 21 dicembre 1927, a circa cent. 20,5 dell'anteguerra. Dunque, in totale, l'utente che pagava 51 centesimi nell'anteguerra (tasse comprese), paga oggi 50,5 centesimi *in moneta d'allora*.

Le cifre stanno dunque a dimostrare che non il fornitore, per antipatia verso il quale ritenete di potere quasi scusare il furto, ma gli enti pubblici con le loro tasse, sono la cagione per la quale spendete oggi come anteguerra; cosicchè, in paragone d'allora, l'utente disonesto ruba molto più allo Stato ed al Comune che non al fornitore di energia.

Questa osservazione mi porge facile passaggio a parlare dell'altra Vostra curiosissima spiegazione della frequenza dei furti d'energia, e cioè della mancanza di bollo governativo sui contatori! Secondo Voi, se ci fosse il bollo dello Stato, i casi di furto sarebbero minori, perchè, dite Voi, falsare un bollo di Stato appare un reato enormemente più grave che alterare uno strumento di misura fornito da una delle parti.

Ma, a parte ogni giudizio su queste distinzioni molto sottili, che la coscienza degli onesti non dovrebbe nè cercare, nè peggio acquetarsene, come mai non date peso al fatto che il ladro di elettricità è così poco rispettoso dell'autorità dello Stato da rubare a lui ed al Comune quasi quanto al fornitore? Perchè,

vedete stranezza del caso, lo Stato, lui, si fida dei contatori forniti da una delle parti, anche se la tiene responsabile delle somme dovutegli quando l'utente non paghi!

Così stando i rapporti fra le tre parti in causa (utente, fornitori, enti pubblici) non comprendo perchè dovrebbero proprio *i fornitori* invocare il controllo statale sull'esattezza degli apparecchi di misura! Voi dite che così facendo essi otterrebbero un duplice beneficio: la maggiore fiducia degli utenti e la minore probabilità di furti.

Consentite al mio scetticismo di dichiarare che non credo nè all'uno nè all'altro di questi due benefici. L'industria elettrica è predestinata. In tutto il mondo, gli utenti sono contro i fornitori. È una fatalità alla quale non ci si può sottrarre; e.... i ladri infestano tutto ed attaccano qualsiasi proprietà.

Lasciatemi dire tuttavia che il primo a proporre molti anni or sono il controllo statale dei contatori è stato proprio il sottoscritto. Personalmente non avrei obiezioni da fare, neanche oggi, se si ritenesse necessario questo controllo; troverei soltanto che lo Stato si addosserebbe una nuova, inutile e costosa funzione, di cui qualcuno dovrebbe pur pagare le spese. *Inutile* perchè i contatori non diventeranno certo migliori di quanto non siano oggi, e perchè la loro esattezza ha ormai raggiunto limiti insuperabili. *Costosa* perchè i contatori elettrici non sono bilancie commerciali. La bilancia comune fa fede tra il venditore da una parte e centinaia, ed eventualmente anche migliaia, di compratori dall'altra. Il contatore invece deve purtroppo installarsi in casa di ciascun compratore e serve *esclusivamente* allo stesso. Con una bilancia del costo di qualche centinaio di lire, un negoziante può vendere migliaia e centinaia di migliaia di lire di merce. Con un contatore, mediamente, non si incassa, ogni anno, che il doppio, o poco più, del suo costo *in opera*. Sovente il contatore non fa incassare nulla, perchè il consumatore è lontano o fa economia.

Il controllo di una bilancia o di un metro può essere fatto con grande facilità, periodicamente, in un luogo centrale, perchè il suo trasporto è facile e il suo impianto non costa nulla: basta un tavolo su cui appoggiarla. Ma il controllo dei contatori è molto più complicato e costoso. E siccome un contatore serve ad un solo cliente, non è improbabile che su questo dovrebbe ricadere la spesa relativa. Ma anche ammesso, senza spese per l'utente come sarebbe giusto, un controllo all'atto della fabbricazione, è fuori dubbio invece che il controllo *periodico* da parte dello Stato importerebbe spese tali, da doverle riversare sul servizio, e quindi sul consumatore.

Voi vorreste, naturalmente, il contrario; ma il fornitore deve pur chiedere per l'energia elettrica un prezzo tanto più alto, quanto più crescono le spese della sua gestione! Non pare giusto anche a Voi?

Ma c'è poi bisogno di questo nuovo ingranaggio? Non mi pare. Gli utenti i quali abbiano il più piccolo dubbio, non dico sulla buona fede dei fornitori, ma sulla esattezza dei contatori, hanno per contratto il diritto di chiedere la verifica. Le clausole contrattuali stabiliscono che le spese sono a carico del distributore se il controllo dimostra che il contatore è sbagliato al di là di un certo limite, mentre nel caso contrario sono a carico dell'utente. Ma mentre le spese reali di ogni verifica sono notevoli (pensate che bisogna trasportare in loco ed inserire in circuito strumenti delicatissimi e costosi, ed una verifica non richiede meno di due o tre ore di assenza di un tecnico e di un operaio) l'utente *comune*, in questo caso, non pagherebbe che la modesta somma di lire quindici, cioè non rimborserebbe che una frazione, forse la metà, della spesa cagionata al fornitore. E con questo schiarimento di fatto, prendo congedo, nella vaga.... illusione di avervi persuaso! Ma la vita non è fatta di illusioni?

i. g. m.

---

# DIRITTO E GIURISPRUDENZA

**Fornitura di energia elettrica - Fallimento dell'utente - Clausola del minimo canone mensile garantito.**

I

MASSIMA

*Il fornitore di energia elettrica, quando il contratto rechi la clausola del minimo consumo garantito, ha diritto, in caso di fallimento dell'utente e conseguente sospensione del consumo, ad essere ammesso al passivo del fallimento per l'intero suo credito corrispondente all'ammontare dei canoni da scadere sino al termine del contratto.*

*Ciò perchè il detto credito è sorto sin dall'inizio del contratto, se pure ne è differito e rateato il pagamento, e preesiste quindi al fallimento.*

*Ciò tanto più quando il contratto consenta all'utente di risolverlo mediante disdetta con un preavviso ed una indennità determinate, e quando il curatore non si sia valso di tale facoltà di recesso* (1).

Appello Torino, 10-23 febbraio 1932, Sez. 1ª, Pres. Ciofi degli Atti, Est. Garoglio, in causa Soc. PIEMONTE CENTRALE DI ELETTRICITÀ (Avv. Cattaneo e Vuillermin) c. FALLIMENTO PRATO (Avv. Allemandi).

FATTO

La Società Piemonte Centrale di Elettricità (P. C. E.) con sede a Torino, presentava, nel fallimento della Ditta Prato Stefano, corrente in S. Michele di Mondovì, la seguente proposizione di credito:

1°) In via chirografaria per le seguenti somme:

*a*) importo bolla L. C. 4° trimestre 1930 L. 41,10

*b*) importo bolla F. C. 4° trimestre 1930 L. 340,10

*c*) importo distacco contatori ed accessori L. 150,—

*d*) indennizzo per anticipata risoluzione contratto illuminazione scadente al 31-12-1932, a decorrere dal 1-8-1930 al 31-12-1932, L. 285,—

*e*) indennizzo per anticipata risoluzione contratto forza motrice, scadente al 31-1-1933, portante l'impegno di 8 HP mensili, al prezzo di L. 20 per ogni HP e nolo contatore, dal 1-8-30 al 31-1-1933, L. 5.100,— L. 5.916,50.

2°) In via privilegiata:

Tasse anticipate per conto dell'utente (art. 14 T. U. 8 luglio 1924), imposta sul consumo del gas e dell'energia elettrica L. 10,80.

Il giudice delegato, nella adunanza delli 15-11-1930 ammetteva la P. C. E. al passivo del fallimento in via chirografaria, per L. 531,30 per forza consumata, per L. 285,— per risoluzione contratto luce, per lire 1520 come indennizzo contratto forza motrice — contestando il resto — in via privilegiata per L. 10,80.

La P. C. E. non accettava tale riduzione, e conveniva avanti il Tribunale di Cuneo il Curatore del fallimento per ottenere la ammissione integrale del proprio credito.

Il Tribunale, con sentenza 30-7 - 12-8-1931, teneva ferma la ammissione come sopra specificata, e rilevando che il Curatore, in base all'art. 14 della polizza di abbonamento, aveva pure offerto l'importo del trimestre di preavviso, ammetteva la P. C. E. in via chirografaria, per altre L. 340.

Si gravava da questo giudicato la società e nella udienza di spedizione della causa i procuratori delle parti tolsero le conclusioni che si leggono in epigrafe.

DIRITTO

I primi giudici addivenivano alla reiezione della richiesta da parte della Società per il pagamento totale di L. 5100 di cui alla lettera *e*) della proposizione di credito, ritenendo che il fallimento non deve risarcire i danni per anticipata risoluzione di un contratto bilaterale continuativo, stipulato dal commerciante, poi fallito, e che non poteva parlarsi di inadempienza contrattuale, perchè il fallito, dopo la dichiarazione del suo fallimento, si trova nella giuridica impossibilità di eseguire l'obbligazione (art. 707, Cod. C.) e perchè il curatore, in rappresentanza della massa dei creditori, sostituitosi al fallito nel di lui patrimonio, aveva facoltà di dar corso ulteriore al contratto o di sciogliersi dallo stesso, secondo gli interessi della massa. Disse che siffatta facoltà che si doveva riconoscere nel curatore, escludeva perentoriamente l'obbligo al risarcimento dei danni, il quale presuppone necessariamente il dovere di eseguire l'obbligazione.

Ad avviso di questa Corte i primi giudici non presero in attento esame le pattuizioni intercorse fra le parti, e caddero in errore ritenendo che la impossibilità giuridica, da parte del fallito, di continuare l'esecuzione del contratto, valesse a far ritenere applicabile una speciale norma contrattuale, senza che della norma stessa fosse stata fatta dal Curatore piena osservanza.

Non sarà inopportuno premettere che il modulo di contratto di abbonamento riguardante la ditta Prato Stefano è disforme da quello che regolava la contestazione insorta fra la stessa Soc. Piemonte Centrale Elettrica ed il fallimento della ditta Cecchetti Pietro, contestazione che venne da questa Corte e Sezione decisa con sentenza 4-20 marzo 1931, che pertanto tale decisione non può essere invocata nel caso in esame. Invero, secondo il contratto concluso dalla ditta Cecchetti l'art. 22 delle Condizioni Generali contemplava espressamente il fallimento come un caso che dava diritto alla Società di pretendere l'indennità nella misura di tre mesi di minimo integrale e del 25% dei minimi per i mesi successivi.

Nella polizza invece che disciplina il contratto della ditta Prato, l'art. 14 stabilisce puramente e semplicemente quanto segue, «qualora l'utente addivenga alla liquidazione e conseguente chiusura definitiva della sua azienda, potrà risolvere l'abbonamento, anche prima della sua scadenza contrattuale, preavvisando con lettera raccomandata la società almeno tre mesi prima della data alla quale intende far cessare il contratto, e pagando contemporaneamente un premio uguale al 25 per cento dell'importo medio mensile delle fatture (importo che in nessun caso sarà minore degli importi fissi di cui al precedente art. 8). Detto art. 8 dispone in questi precisi termini: «l'importo del consumo minimo, o del canone a forfait o della «quota fissa stabilita alla lettera *B* delle condizioni speciali, a «compenso delle spese generali e fisse inerenti alla fornitura, «della quota di trasformazione e del nolo del contatore, resterà «invariabile, se anche l'utente per cause non imputabili alla «società (e quindi anche nel caso di eventuali prescrizioni di «legge che limitassero la durata del lavoro in certe industrie ed «esercizi), dovesse consumare una quantità di energia comunque «inferiore a quella pattuita, o non potesse usufruire della ener- «gia per tutto il tempo pel quale la società è obbligata a farne «la fornitura».

Si noti che, nell'abbonamento per cui è questione la quota fissa stabilita alla lettera *B*, che l'utente si impegnò di corrispondere alla società fino alla scadenza del contratto 31 gennaio 1933, era per 8 HP di lire centosessanta mensili.

Non è controverso che il curatore del fallimento non ritenne di potersi valere della facoltà che gli veniva riconosciuta dallo art. 14 soprariportato, in quanto non ebbe a risolvere l'abbonamento in corso, pagando i tre mesi di preavviso, e contemporaneamente il 25% della quota fissa di cui alla lettera *B* per tutti i mesi che rimanevano per arrivare alla scadenza della polizza.

Tanto è ciò vero che, per le corrispondenti somme, la P.C.E. venne ammessa al passivo del fallimento. Il Tribunale non ritenne però di poter ammettere nella sua integrità la somma di L. 5.100, proposta dalla P.C.E. per il titolo più volte ricordato, e di cui alla lettera *e*) della domanda, sul riflesso che tale somma era richiesta come risarcimento di danno per una obbligazione non ancora eseguita, mentre era in facoltà del curatore di non dar corso ulteriore al contratto.

Non avvertì però, così decidendo, che la proposta ragione creditoria era già virtualmente esistente prima dello stato di

allimento, e come equipollente contrattuale della residua prestazione insoluta (patto 8° della polizza) che, se è vero che il fallimento tronca, di regola, l'attività commerciale ed industriale del fallito, rendendo così impossibile l'esecuzione specifica di quelle obbligazioni che hanno tratto con contratti a carattere continuativo, e per quella parte di essi che proietta nel tempo dopo la data della dichiarazione di fallimento, nella specie il contratto, al patto 8° portava un credito originario e perfetto della Società verso il fallimento Prato, pari all'importo della quantità minima dell'energia impegnata, e che precisamente di tale credito la società domandava il pagamento.

Non si trattava adunque di credito futuro, se pure il canone, corrispondente al minimo impegnato, doveva pagarsi a rate mensili, *sibbene di un credito esistente fin dall'origine del contratto di obbligazione*, già costituito nel patrimonio del fallito, e che doveva quindi essere riconosciuto dalla massa, la quale era solo tenuta, per trattarsi di rapporto generante credito semplicemente chirografario, al pagamento dello stesso in moneta fallimentare.

In concreto allorchè si verifica il fallimento di un utente di un contratto di fornitura di energia elettrica, con la clausola di minimo consumo, il fornitore ha diritto, anche se non si consumi affatto energia, di insinuare nel passivo l'intero debito per lo ammontare complessivo dei singoli canoni sino al termine del contratto, perchè il credito ed il debito, rispettivamente corrispondente a tale somma, sorge fin dallo inizio del contratto, se pure ne è differito e ratizzato il pagamento.

È vero che il curatore aveva facoltà di risolvere l'abbonamento, a norma dell'art. 14 della polizza, ma in tal caso, e sempre in dipendenza delle norme dettate da tale articolo, avrebbe dovuto pagare, e non in moneta fallimentare, i tre mesi di preavviso ed il 25% sullo importo medio delle bollette per arrivare alla scadenza della polizza, importo che in nessun caso avrebbe dovuto essere inferiore ai minimi fissati dall'art. 8.

Di tale facoltà il curatore non ritenne di dover far uso, non poteva in conseguenza pretendere che la ammessione al passivo del credito proposta dalla P. C. E. di cui alla lettera *e*), venisse ridotta a quelle somme che egli avrebbe dovuto pagare in moneta contrattuale, risolvendo il contratto in conformità del ricordato patto 14°.

Il Giudice delegato e il Tribunale di Cuneo hanno quindi errato ammettendo la P. C. E. al passivo del fallimento, e per il titolo di cui alla lettera *e*) della proposizione di credito, dapprima richiesto, dippoi anche per il trimestre di preavviso, e così per complessive L. 1860, in luogo delle richieste L. 5100 che rappresentavano esattamente l'importo dei minimi di consumo dovuti per tutta la durata della fornitura di energia elettrica.

La sentenza denunziata deve adunque essere riformata in conformità delle istanze della appellante, la quale ha quindi diritto di vedersi rifuse le spese dei due gradi di giudizio.

P. Q. M. (*omissis*).

## II

### MASSIMA

*La quota fissa mensile dovuta dall'utente di energia elettrica, indipendentemente dal consumo, per tutta la durata del contratto, costituisce un credito coevo alla stipulazione del contratto che deve pertanto essere ammesso al passivo del fallimento dell'utente.*

*Nè ha rilievo il fatto che, col cessare della fornitura, cessi la controprestazione, quando sia precisato in contratto che la quota fissa è dovuta in corrispettivo dell'obbligo della società di apprestare gli impianti di produzione e distribuzione ed i mezzi per tenere a disposizione dell'utente la potenza contrattuale* (2).

Tribunale Pavia, 28 maggio–9 giugno 1932, Pres. De Luca, Est. Valussi, in causa Soc. Esticino (Avv. Bozzi) c. Fallimento Barbieri (Avv. Cristiani).

### Fatto

Nel fallimento della Ditta E. Barbieri, fumista di Pavia, dichiarato fallito con sentenza 25 febbraio 1932 di questo Tribunale, la Soc. An. Esticino di Pavia presentava insinuazione di credito per lire 621,50 in via chirografaria e per L. 15,25 in via privilegiata, specificando quest'ultimo come importo tasse e la somma di L. 621,50 quale importo di L. 77,50 mensilità consumo luce e forza motrice scadute sino al 25 febbraio 1932 e per la rimanenza e cioè per lire 544 — quale importo mensilità quota fissa minima dal 1° marzo 1932 al 31 dicembre 1933 giusta contratto stipulato dal fallito. Alla udienza verifica crediti la domanda della Società An. Esticino venne contestata come esposta.

Con atto 22 aprile 1932 la stessa Società dichiarò di insistere nella domanda di credito presentata. All'udienza di chiusura le parti presero le epigrafate conclusioni.

### Diritto

Per risolvere la questione che non vien posta a questo Tribunale per la prima volta, occorre esaminare il patto del contratto di fornitura intervenuto fra le parti, sul quale la «Esticino» si poggia per chiedere l'ammissione al passivo del fallimento Barbieri dell'importo delle quote fisse minime scadute e da scadere dopo avvenuta la risoluzione del contratto stesso, e cioè dopo il 1° marzo 1932 sino allo scadere dei tre anni stabiliti dal contratto e cioè sino al dicembre 1933.

Tale patto dice espressamente che il canone minimo mensile rimarrà impegnativo per tutta la durata del contratto e dovrà essere dall'utente integralmente pagato; non sarà invocabile ed ammessa alcuna causa o ragione in contrario, nemmeno a titolo di caso fortuito o di qualsiasi forza maggiore o simili.

Indubbiamente la dichiarazione di fallimento dell'utente deve essere posta nel novero di quelle contingenze impreviste ed imprevedibili, menzionate nel patto su trascritto. È conseguentemente, deve dedursi che pur essendo stato dichiarato il fallimento della Ditta Barbieri, e per tale causa sciolto il contratto di fornitura di energia elettrica per forza motrice ed illuminazione dalla stessa stipulato con la Società «Esticino», ciò non pertanto la stessa Ditta può esimersi dal pagamento del canone minimo mensile.

In altri giudicati si è fatta la questione se questo credito del canone minimo possa considerarsi coevo alla stipulazione del contratto, e quindi non si possa parlare di una prestazione alla quale deve per forza seguire la contro prestazione della fornitura dell'energia mancando la quale, viene anche a cadere l'obbligo del pagamento.

Ma nel caso nostro, non sorge neanche tale questione in quanto che ogni dubbio è tolto dalla chiara dizione del contratto il quale esplicitamente dichiara che la quota fissa è dovuta in corrispettivo dell'obbligazione della Società di predisporre gli impianti di produzione e distribuzione e di apprestare comunque i mezzi per tenere a disposizione dell'utente la potenza contrattuale.

Si tratta dunque di un credito originario al pagamento del quale l'utente si sottopone, qualsiasi cosa possa poi accadere sin dalla stipulazione del contratto, e ciò non per avere come corrispettivo la energia elettrica, ma quale rimborso di spese pro quota, per l'apprestamento degli impianti elettrici.

Siamo in uno di quei casi dove il valore della materia che si fornisce prende riflesso da tutti quei lavori di preparazione, di manutenzione, di previdenza che sono necessari a garantire la fornitura della materia stessa. Per una certa analogia si può pensare al costo dei libri ed in genere degli stampati, dove il valore di ogni copia trova la sua ragione d'essere nel complesso di spese per macchinari, tipi, impianti, mano d'opera ecc. che occorsero a produrre una prima copia, mancando tali impianti nessuna copia può essere prodotta. Se questi impianti ci sono dopo una prima copia, mille altre se ne possono avere e per ristampa della prima, della seconda, della ennesima, si ricorre sempre allo stesso originario impianto e per calcolare il valore di ogni copia si deve prendere in considerazione il valore di questi impianti. Avendo poi le parti, colla stipulazione del contratto di fornitura, accettato spontaneamente tutte le singole pattuizioni, e fra queste quella concernente il canone fisso minimo mensile, ora non può il fallimento Barbieri che succede alla ditta Barbieri esimersi dal pagamento, secondo le norme della procedura fallimentare, di tale minimo.

Il Tribunale in questa sua decisione è confortato da recente autorevole giurisprudenza (vedi sentenza del Tribunale di Alessandria 5 gennaio 1928 est. de Luca e da ultimo Cass. 4 marzo 1932 in causa fallimento Cremeria Correggese contro Società Emiliana Esercizi Elettrici). Per quanto riguarda il carico delle spese, il Tribunale ritiene equo accollarle al fallimento limitatamente a 2/3 compensando fra le parti il rimanente terzo, dal momento che nelle sue conclusioni il curatore ha fatta qualche ammissione.

P. Q. M. (*omissis*).

### NOTA

(1–2) Per i precedenti della questione, veda il lettore l'ampia nota di commento e di richiamo fatta seguire (a pagina 549 del fascicolo di Giugno 1932 di questa Rivista) a due sentenze della Cassazione e della Corte d'Appello di Milano (una delle quali è appunto la sentenza della Cassazione in causa Fallimento Cremeria Correggese contro Soc. Emiliana Esercizi Elettrici, ricordata e richiamata nella annotata sentenza del Tribunale di Pavia).

Deve essere però segnalato il fatto che le due sentenze qui riportate, di data assai recente, aderiscono alla tesi che sembra

vada da ultimo affermandosi, e che fu da noi caldeggiata e difesa in queste colonne. Tanto più notevole è la sentenza della Corte d'Appello di Torino, in quanto la stessa (pur facendone carico alla diversità della fattispecie, dato che nel caso ultimo vi sarebbe anche una clausola regolante il recesso unilaterale dal contratto) sostanzialmente modifica la sua più recente contraria giurisprudenza (si veda, in questa Rivista, 1931, pag. 804, la sentenza Ovesticino - fallimento Piccinini).

Interessante del pari la sentenza del Tribunale di Pavia, in quanto essa conferma l'opportunità, più volte segnalata, che il patto del minimo canone garantito sia stillato in contratto con la precisazione che esso valga quale corrispettivo, non tanto della fornitura, quanto dell'onere assunto dal fornitore di predisporne gli impianti ed i mezzi.

**Fornitura di energia elettrica - Minimo canone garantito - Cessazione e sospensione di industria - Forza maggiore.**

MASSIMA

*La cessazione di industria, che, a norma di clausola contrattuale, dà diritto all'utente dell'energia di rescindere il contratto di fornitura, deve consistere nella smobilitazione e smontamento completo degli stabilimenti, per quanto riguarda sia il personale, sia il macchinario ed accessorii.*

*La semplice cessazione della produzione, accompagnata dal licenziamento del personale, ma mantenendo gli stabilimenti potenzialmente in grado di produrre, sì da potere essere riattivati in ogni momento, pone in essere il caso della sospensione di lavorazione e non quello della cessazione d'industria.*

*La forza maggiore determinante tale sospensione (ed autorizzante l'utente secondo contratto, a dimidiare il canone fisso contrattuale) deve consistere in un impedimento assoluto, in una impossibilità obbiettiva.*

*Tale non può considerarsi la sopravvenuta gravosità economica dell'esercizio, a cagione di una crisi economica generale* (1).

Trib. Parma, Sez. I, 12 maggio 1932. Pres. Vaccarino, Est. Morandini, in causa Soc. EMILIANA ESERCIZI ELETTRICI (Avv. Bazini) c. Soc. MONTECATINI (Avv. Menoni).

FATTO

Con atto 22-12-31 la SEEE esponendo che la istante ebbe ad accordarsi con la Spett. Soc. Generale per l'Industria Mineraria ed Agricola « Montecatini » corrente in Milano in persona del Presidente e Consigliere Delegato On. Ing. Guido Donegani per la fornitura elettrica di energia a scopo di forza motrice, così per lo stabilimento di Reggio E. come per lo Stabilimento di S. Giorgio in Piano, ambedue di ragione e gestione della Spett. Soc. Montecatini.

Che fra le parti particolarmente si convenne che l'accordo relativamente alla fornitura dovesse durare per il quinquennio dal 1º Ottobre 1928 al 30 Settembre 1933.

Che inoltre tra le due società contraenti si stabilì che la energia dovesse fornirsi al prezzo di L. 0,28 per kWh, garantendo però la Soc. Montecatini una utilizzazione di 4000 ore nell'anno di potenza impegnata, ed in ogni caso il pagamento di un canone annuo minimo impegnativo di L. 95.200.

Che in ordine ai pagamenti si convenne dovere essi effettuarsi ai primi di ogni mese relativamente al mese precedente; ed in ogni caso entro otto giorni dalla data relativa alla fattura.

Che in dipendenza di tali accordi la Spett. Soc. Montecatini per il periodo di tempo intercorso dal febbraio al novembre 1931 risultava debitrice della complessiva somma di L. 128.168.

Che il detto credito risultava anche dalle relative fatture a suo tempo trasmesse dalla istante alla Società Montecatini.

Che la debitrice, avanzando infondati pretesti non aveva provveduto al pagamento per quanto vi fosse tenuta e sebbene fosse stata più volte richiesta.

Che di conseguenza la istante si vedeva costretta ad agire giudizialmente per ricuperare così il credito per la somma capitale sovra indicata, come gli interessi commerciali relativi alle singole fatture dalle rispettive scadenze delle stesse in avanti, con espressa riserva di aggiungere alla sopra precisata somma i crediti successivi che in forza dei menzionati contratti andranno maturando in corso di lite e con riserva esplicita per ogni diversa azione. Citava la Spett. Soc. Generale per Industria Mineraria ed Agricola «Montecatini» corrente in Milano in persona del Presidente e Consigliere Delegato Ing. On. Guido Donegani, a comparire avanti il Tribunale Civ. e Pen. di Parma, Sezione da destinarsi, alla pubblica civile udienza ordinaria che sarà tenuta nel locale di sue solite sedute in Parma il giorno 21 gennaio 1932 ore regolamentari, per ivi respinta ogni contraria e diversa istanza, sentirsi con sentenza provvisoriamente esecutiva nonostante gravame e previe le declaratorie di diritto che del caso, condannare all'immediato pagamento a favore della istante, della complessiva somma capitale di L. 128.168 per i titoli e le cause di cui sopra, o di quell'altra maggior somma che potesse determinarsi in corso di causa, oltre gli interessi commerciali dalle scadenze di ogni singola fattura al saldo definitivo, ed oltre infine le spese tutte del giudizio ed onorari defensionali da liquidarsi a norma di legge.

Costituitosi regolare contraddittorio i procuratori delle parti producevano i documenti accennati nelle rispettive comparse e all'udienza di spedizione prendevano le conclusioni riportate in epigrafe.

DIRITTO

L'art. 1 del contratto di fornitura di energia elettrica stipulato fra le parti oggi in causa e debitamente registrato dice: « La Soc. Emiliana di Esercizi Elettrici concede alla Soc. Gene- « rale per l'Industria Mineraria ed Agricola che acquista una « fornitura di energia elettrica al solo scopo di forza motrice « per il proprio stabilimento di Reggio Emilia, alle condizioni « sottospecificate ecc. »; di egual tenore è il secondo contratto riguardante lo stabilimento di S. Giorgio in Piano.

Dalla semplice lettura di questo articolo dei contratti risulta chiaro che gli stessi si riferiscono solamente ed esclusivamente ai due stabilimenti di Reggio Emilia e di S. Giorgio in Piano. Ne consegue che anche tutte le clausole e condizioni in detti contratti contenuti hanno valore per detti stabilimenti e non per altri, di proprietà o comunque gestiti dalla Montecatini.

Precisata così l'estensione dei due contratti trattasi di interpretare l'art. 12 degli stessi che così legge:

« Alla Soc. Montecatini viene concesso il diritto di rescindere « il presente contratto nel caso in cui dovesse chiudere lo sta- « bilimento *per cessazione di industria* sempre che alla Soc. « Emiliana venga dato un preavviso di almeno tre mesi a mezzo « lettera raccomandata.

« Inoltre nel caso di completa sospensione della lavorazione « *per evidenti cause di forza maggiore* per un periodo continua- « tivo superiore ai 30 giorni lavorativi, l'utente avrà diritto di « chiedere per tutto il periodo di detta sospensione, che la ga- « ranzia di minimo consumo venga ridotta alla metà ».

Sull'interpretazione di questo articolo si basa tutta la decisione della causa. La Montecatini, assumendo in via principale che si è verificata la chiusura dei due stabilimenti per cessazione di industria, chiede che vengano dichiarati risolti i due contratti con tutte le conseguenze inerenti a tale rescissione in ordine al pagamento dei canoni; subordinatamente, asserendo che quanto meno si è verificata la sospensione completa della lavorazione per evidenti cause di forza maggiore per un periodo di tempo superiore ai trenta giorni lavorativi, chiede che le garanzie dei minimi fissate in L. 92.500 annue per gli stabilimenti venga ridotta della metà. La Soc. Emiliana domanda invece il pagamento integrale dei canoni insoluti, detratte le piccole somme pagate, contestando che si siano verificate le condizioni di cui all'accennato art. 12.

Sulla prima condizione: chiusura dello stabilimento per cessazione di industria. La Montecatini afferma e offre di provare che alla fine gennaio 1931 e fine febbraio 1931 essa ha sospeso ogni lavorazione diretta a produzione di concimi nei due stabilimenti di sua proprietà in Reggio Emilia e S. Giorgio in Piano, licenziando le relative maestranze e trasferendo altrove il personale tecnico e amministrativo, preponendo agli stabilimenti stessi un consegnatario con semplici funzioni di depositario e custode degli stabilimenti e relativi stok di merce; che dopo le date come sopra, negli stabilimenti denominati non è stato prodotto alcun quantitativo di concime e solo sono stati consegnati a clienti alcuni quantitativi della merce esistente nei magazzini utilizzando per il carico e la spedizione i meccanismi mossi dalla elettricità esistenti negli stabilimenti.

Anche ammettendo che corrispondano al vero i fatti così esposti, ritiene il Collegio che non possa parlarsi di cessazione di industria rispetto ai due stabilimenti. Il ciclo dell'industria può ripartirsi in tre fasi o parti: 1) creazione dello stabilimento con tutti i macchinari ed accessori necessari per la produzione; 2º) produzione che ne costituisce la parte tecnica essenziale e principale; 3º) vendita e smercio dei prodotti avente carattere predominantemente commerciale. Fino a tanto che sussiste almeno una delle due prime parti non può parlarsi di cessazione dell'industria.

Di fatti fino a quando i due stabilimenti potenzialmente sono in grado di produrre, tutti i macchinari e le istallazioni sono in pieno ordine e potenzialità, talchè basta riportarvi le maestranze e il personale tecnico e amministrativo per riprendere la produzione, non può parlarsi di cessazione ma solo di sospensione dell'industria. E tale interpretazione è confortata dalla formulazione stessa delle clausole di cui all'accennato art. 12. Avendo il contraenti tenute distinte le due condizioni, cessazione di industria e sospensione completa della lavorazione per causa di forza maggiore, esse condizioni non possono essere equivalenti; data la maggiore gravità delle sue conseguenze, la prima deve consistere in alcunchè di più della seconda. Ora nello stato delle cose come è esposto dalla Montecatini non si vede cosa ci sia di più che una semplice sospensione completa della lavorazione. Ma anche per altri riflessi si arriva a tale conclusione: la cessazione della industria dà diritto alla Montecatini di fare rescindere il contratto. Come si può pensare che la Soc. Emiliana abbia inteso di subordinare la rescissione del contratto, che porterebbe per lei così gravi conseguenze, ad un semplice licenziamento delle maestranze e trasferimento del personale tecnico amministrativo che la Montecatini poteva fare in ogni momento, con danni relativamente lievi, e conservando intatta la potenzialità di produzione degli stabilimenti, così da poterli riattivare immediatamente appena migliorate le condizioni del mercato? Convien dire invece che sotto la clausola cessazione di industria, i contraenti intendessero la *smobilitazione o lo smontamento* completo degli stabilimenti, sia per quanto riguardava il personale, che il macchinario ed accessori; in questo caso risentendone la Montecatini un danno molto maggiore che nell'ipotesi precedente era offerta alla Soc. Emiliana Esercizi Elettrici una maggiore garanzia, che la Montecatini non facesse uso del diritto a lei derivante da tale patto accessorio. Resta così fissato che non di cessazione di industria può parlarsi, ma solo di sospensione completa della lavorazione. Ma perchè tale sospensione abbia la efficacia invocata dalla Montecatini occorre che essa sia stata determinata da evidenti cause di forza maggiore. È chiaro però che nella specie non può parlarsi di cause di forza maggiore. La Montecatini vuole far passare come causa di forza maggiore la crisi economica mondiale e nazionale che ebbe fra le sue ripercussioni anche una grave contrazione nel consumo dei prodotti chimici specialmente nelle regioni dell'Emilia, così che essa vide in breve tempo accumularsi invenduti i propri prodotti e fu costretta a cessare la lavorazione e produzione nei due stabilimenti di Reggio Emilia e S. Giorgio in Piano, dove gravavano maggiormente le spese di trasporto della materia prima. E a dimostrazione ed illustrazione di tale crisi dà un'ampia documetazione, ricca di dati e di cifre. Il Collegio pur riconoscendo che in via di massima l'esposizione fatta dalla Montecatini corrisponde al vero, non può ravvisare nei fatti e nelle circostanze esposte un caso di forza maggiore. È unanime il consenso della dottrina e della giurisprudenza nel ritenere che, perchè si possa parlare di forza maggiore, per cui il debitore resta esonerato dalla obbligazione, deve trattarsi di un impedimento assoluto, che generi una impossibilità obbiettiva di più prestare; una semplice per quanto grave difficoltà di prestare personale al debitore non vale a liberarlo nè ad esonerarlo da responsabilità di danni, per il principio che vuole ad ogni costo adempiuta l'obbligazione e soddisfatto l'interesse del creditore. La sopravvenuta crisi economica, la produzione in perdita nei due stabilimenti di Reggio Emilia e S. Giorgio in Piano, la difficoltà di smaltire i propri prodotti causa la contrazione negli acquisti da parte degli agricoltori, per quanto siano causa di gravi danni alla Montecatini non si possono qualificare fatti e fenomeni di forza maggiore. Qualora si dovesse ravvisare tale causa nelle circostanze sovra esposte, nessuna obbligazione oggi giorno in cui tutti i ceti, i rami di produzione risentono di tale crisi (e ne è indice palmare il rilevante numero dei dissesti anche di ditte serie e fin'ora solidissime) rimarrebbe salva e ogni debitore invocherebbe a suo favore la impossibilità a pagare determinata dalla crisi per liberarsi dei propri impegni.

Solo quando la sospensione della lavorazione dipendesse da divieto di legge, dell'autorità, da elementi e fenomeni naturali (come terremoti, incendi determinati da fulmini e casi consimili in cui criterio distintivo è l'irresistibilità) potrebbe trovare accoglimento la domanda per riduzione dei canoni minimi.

Poichè tali casi non si sono avverati, alla Montecatini non rimane che adempiere alle proprie obbligazioni. Può sembrare ingiusto che essa debba pagare quell'energia che non usufruisce e consuma: non si deve dimenticare che la S. E. E. ha fatto d'altra parte forti spese per provvedere alla fornitura di tale energia, che essa a sua volta ha dei contratti con terzi che vogliono essere rispettati; che nella Società Commerciale dove predomina la speculazione e il rischio a seconda degli eventi economici si possono avere i guadagni come le perdite.

(*Omissis*).

NOTA

(1) La annotata sentenza risolve con esattezza di criterii giuridici una questione di molto interesse per le società produttrici di energia elettrica.

Sono infatti di applicazione alquanto diffusa, nei contratti per fornitura di energia a scopo industriale, clausole del genere di quelle ricordate nel caso in esame.

Il fornitore dell'energia, obbligato a predisporre mezzi ed impianti per la somministrazione, ed a tenere impegnata la potenza sufficiente al fabbisogno prevedibile, suole cautelarsi con lo stabilire al contratto una congrua durata minima, e per tale durata un minimo canone assicurato indipendentemente dal consumo.

D'altro canto questo obbligo è temperato con la duplice facoltà concessa all'utente, di risolvere il contratto, con congruo preavviso, in caso di *cessazione dell'industria*; e di ridurre alla metà il canone minimo contrattuale in caso di mancata utilizzazione della fornitura per una *sospensione delle lavorazioni* non inferiore ai 30 giorni e originata da *evidenti cause di forza maggiore*.

Ora può avvenire il caso che l'utente, in condizioni difficili dell'industria e del mercato, per non lavorare in perdita, decida di sospendere la lavorazione, di chiudere gli stabilimenti, di licenziare personale e maestranze in attesa di tempi migliori.

È questo il caso della *cessazione d'industria* previsto dal contratto? Il Tribunale di Parma ha risposto di no, motivando la sua risposta con criterii di cui non può non riconoscersi l'esattezza.

*Cessazione* è parola che include ed implica il senso dell'irrevocabile, del definitivo. Un industriale *cessa* la sua attività, quando liquida tutto il complesso della sua industria; quando vende gli stabilimenti, o i macchinari, quando smembra, disunisce, disperde, con l'animo di non servirsene più, quel complesso organismo che è l'impianto industriale.

Ma quando, in tempi economicamente difficili, preferisce ritirarsi sotto la tenda, interrompere ogni lavoro, licenziare la mano d'opera, sospendere la produzione, attendendo i tempi migliori, non vi è che una *sospensione*, anche se indefinita possa esserne la durata. Basti il considerare che l'impianto industriale, l'organizzazione, lo stabilimento, rimangono intatti; che in qualunque momento è possibile riattivare tutto il sistema, riassumendo le maestranze e riprendendo il lavoro. L'industria quindi, potenzialmente, virtualmente, sussiste; e tanto basta ad escludere quel definitivo suo termine che si vuole intendere con la parola *cessazione*.

Non può dirsi infatti che abbia *cessato* di navigare la nave che si ricovera in porto, in tempo di burrasca, anche se, in attesa di bonaccia, l'equipaggio sia licenziato e le caldaie siano spente.

E d'altro canto, una diversa interpretazione presterebbe il fianco a troppo facili artificii. Potrebbe cioè l'utente industriale, di fronte a sfavorevoli condizioni dell'industria, simularne la cessazione, sospendendo le lavorazioni e licenziando il personale, liberandosi così dall'onere del contratto ancora in corso. Ciò gli lascerebbe sempre la possibilità di ricominciare dopo poco *ex novo* (nè ciò sarebbe controllabile, dopo l'avvenuta risoluzione del contratto) riattivando la industria temporaneamente sospesa, ed ottenendo, in libera contrattazione, nuove e migliori condizioni di fornitura.

Quanto alla seconda questione (circa il concetto della *vis maior*) la interpretazione data dalla annotata sentenza (secondo cui il concetto di *impossibilità* non può mai identificarsi con quello di *gravosità*) è la più ortodossa e la più aderente alla teorica tradizionale.

Avv. Alessandro Patrucco.

# PRASSI AMMINISTRATIVA

Nella presente rubrica vengono riassunti principii, che hanno carattere generale, ma che vengono affermati dalla giurisprudenza o dalla stessa Pubblica Amministrazione in occasione di specifici provvedimenti amministrativi in materia attinente a derivazione di acque pubbliche a scopo di produzione di energia elettrica o di provvedimenti relativi a servitù di elettrodotto, concessioni di sussidi a impianti e linee elettriche, laghi e serbatoi artificiali ecc. La massima viene desunta dal testo di sentenza o decisione o dal decreto, e dal relativo parere del Consiglio dei LL. PP.; la ricerca del provvedimento testuale è resa possibile ai lettori colle indicazioni della decisione o sentenza — che vengono indicati per ciascuna massima — o della data del decreto — e annesso disciplinare che sono pubblicati nel *Bollettino del Ministero dei Lavori Pubblici* — colla data e numero del relativo parere del Consiglio dei LL. PP. In ogni modo la Direzione della Rivista è a disposizione degli interessati per ogni altra ricerca, richiesta di copie e simili.

La Rivista *L'Energia Elettrica* non ha bisogno di richiamare la importanza di queste massime, che costituiscono precedente giudiziario e amministrativo che vale spesso a risolvere casi pratici controversi, in via di interpretazione giurisprudenziale od autentica attuata in casi analoghi.

Ogni massima ha un numero progressivo che sarà richiamato nell'apposito indice annuale.

278 – *Concessioni idroelettriche - Clausola di rilevamento di danni da parte dei terzi.*

Fra le clausole contenute nel disciplinare speciale di una concessione idroelettrica può essere inserita la seguente: « *In ogni caso* la Società concessionaria dichiara formalmente di tenere sollevato e indenne la Regia Amministrazione *ed i suoi funzionari* (sic) da qualsiasi molestia o protesta di danni da parte di terzi interessati *ritenentisi pregiudicati* dalla presente concessione ».

D. R. 17 settembre 1931. Derivazione Soc. An. De Angeli Frua. Derivazione dal Torrente Strona di Omegna (Novara). Parere Cons. Sup. LL. PP. N.° 1002 de 29 aprile 1931. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1932, p. 1178).

279 – *Proroga di concessioni idroelettriche in corso di scadenza - Irrilevanza di nuova istruttoria anche nel caso di aumento della portata.*

Ove, in occasione della proroga di una concessione anteriore alla legge del 1919, si faccia istanza per ottenere l'aumento di portata da ottenersi mediante costruzione di una diga di ritenuta, fermi restando i luoghi di presa e di resa, può ritenersi applicabile al caso la disposizione dell'art. 36 del R. D. L. 9 ottobre 1919, n.° 2161 nel senso che siano omesse le formalità di istruttoria previste per le nuove concessioni.

R. D. 6 gennaio 1931. Concessione Soc. Ferrovie e Imprese Elettriche di Camerino. Derivazione dal fiume Potenza in comune di Pioraco (Ascoli). Parere del Cons. Sup. LL. PP. n. 1729 del 16 giugno 1930 (*Boll. Min. LL. PP.*, 1932, p. 1783).

280 – *Istruttoria per concessione idroelettrica. - Efficacia di opposizione generica al sopraluogo.*

La opposizione genericamente formulata proposta in sede istruttoria, e inserita nel verbale di visita superlocale è valida e deve essere presa in esame quando l'interessato, con successivo atto proposto in tempo utile, abbia mantenuto l'opposizione precisandola coi necessari elementi di fatto e di diritto.

D. R. 6 gennaio 1931. Concessione Soc. An. Cotonificio Val di Lanzo. Derivazione dal torrente Stura in Comune di Pessinetto (Torino). Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 910 del 29 marzo 1929 (*Boll. Min. LL. PP.*, 1932, p. 1790).

281 – *Contratto fra gli utenti e il concessionario idroelettrico. - Irrilevanza per l'Amministrazione concedente nel riguardo dei riconoscimenti al di là dei limiti di legge.*

L'Amministrazione pubblica, in sede di concessione idroelettrica, non è obbligata ad osservare le clausole di un contratto, intervenuto fra l'aspirante concessionario e gli utenti per titolo legittimo preesistente, quando non sia intervenuta alla stipulazione del contratto. Può però, nelle condizioni speciali della concessione, essere introdotta clausola che imponga il deflusso libero di una determinata quantità di acqua, prendendosi atto degli impegni assunti dall'aspirante alla concessione verso gli utenti legittimi.

(Come al Num. precedente, ivi, pag. 1791)

282 – *Concessioni idroelettriche - Validità degli impegni contrattuali verso gli utenti legittimi in confronto dei limiti di utenza legittima.*

Una opposizione alla concessione idroelettrica non può prendere titolo dalla risultanza della relazione tecnica di riconoscimento della utenza, anche oltre i limiti fissati fra concessionario e utenti.

(Come al Num. precedente, ivi, pag. 1791)

283 – *Concessione idroelettrica - Sostituzione di energia elettrica con energia idraulica - Irrilevanza in sede amministrativa della istanza diretta ad addossare al concessionario la manutenzione dei motori elettrici - Competenza ordinaria per la controversia del genere.*

Quando per accordo fra le parti o per ordine dell'Amministrazione a termini dell'art. 34 del R. D. 9 ottobre 1919, n. 2161 sia autorizzata la sostituzione dell'energia elettrica all'energia idraulica corrispondente alla utenza legittima — col carico al concessionario della trasformazione degli opifici degli utenti stessi, in modo da renderli atti ad utilizzare l'energia elettrica — non può l'utente legittimo proporre in sede amministrativa istanza od opposizione diretta ad ottenere l'onere al concessionario della manutenzione di tali opifici o del rimborso della spesa più onerosa per la manutenzione dei macchinari elettrici in confronto di quella per le esistenti rudimentali macchine idrauliche. Quando in proposito non intervengono accordi, la controversia è di competenza della autorità giudiziaria.

(Come al Num. precedente, ivi, pag. 1792)

284 – *Concessioni idroelettriche - Salvezza delle utenze legittime preesistenti - Oneri del deflusso corrispondente.*

Quando in una concessione idroelettrica, si facciano salvi i deflussi corrispondenti alle utenze legittime preesistenti, può nel disciplinare speciale essere introdotta una clausola per cui « l'autorità concedente si riserva la espressa facoltà di prescrivere in qualunque tempo che il volume d'acqua da lasciar defluire a vantaggio degli utenti inferiori venga variato qualora ciò risultasse necessario a insindacabile giudizio dell'autorità stessa. Similmente può essere introdotta allo stesso riguardo la clausola che riserva all'Amministrazione concedente « la facoltà di ordinare alla Società l'esecuzione di opere stabili per agevolare l'immissione dell'acqua nelle roggie di irrigazione qualora le opere di carattere provvisorio da eseguirsi per tali immissioni risultassero maggiormente onerose in causa dell'abbassamento del pelo d'acqua ».

(Come al Num. precedente, ivi, pag. 1797)

285 – *Concessione idroelettrica - Obbligo di deflusso imposto per le utenze preesistenti e in corso di riconoscimento e fino all'eventuale loro diniego.*

Quando nel capitolato speciale si fa salvezza del deflusso delle utenze preesistenti, di cui è in corso il riconoscimento, si può, nel disciplinare speciale, inserire una clausola in virtù della quale non soltanto deve esser lasciato libero il deflusso dell'acqua corrispondente, ove il riconoscimento venga in seguito definitivamente accordato, ma anche l'altra clausola per cui il deflusso sia obbligatorio fino a quel termine che sarà fissato col provvedimento di diniego di riconoscimento.

(Come al Num. precedente pag. 1798)

286 – *Concessione idroelettrica - Costruzione di bacino di integrazione posteriore alla concessione originaria di derivazione - Necessità di nuova istruttoria.*

Quando con istanza successiva al decreto originario di concessione di derivazione, sia invocata la concessione per la costruzione di bacino di integrazione, quest'ultimo richiede speciale istruttoria ove cambi il punto di presa e, inoltre, la data della seconda concessione è quella stessa fissata per la concessione originaria le cui clausole di disciplinare saranno tutte applicabili alla seconda concessione.

D. A. 22 gennaio 1931. Concessione Soc. Elettroferroviaria italiana. Costruzione di bacino sul torrente Gljun nella centrale di Pluzna. Parere Cons. LL. PP. n. 1027 del 15 aprile 1930. (*Boll. Min. LL. PP.* 1931, pag. 0000).

287 – *Progetto esecutivo di centrale idroelettrica - Migliore utilizzazione di portata e di salto rispetto a quelli di concessione.*

Quando nel progetto esecutivo di costruzione della centrale prevista dalla concessione idroelettrica, sia prevista una migliore utilizzazione di portata e di salti rispetto a quelli di concessione, non si procede a formale istruttoria se le innovazioni o varianti non sono sostanziali.

D. A. 29 gennaio 1931. Concessione Consorzi Emiliani di Bonifica. Derivazione dai torrenti Dolo e Dragone (Modena). Parere Cons. Sup. LL. PP., n. 3046 del 15 novembre 1928. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1932, pag. 1809).

288 – *Concessione idroelettrica - Sussidio - Detrazione dalla potenza sovvenzionata della energia corrispondente alle utenze precedenti.*

Dalla potenza di una centrale elettrica ammessa alla sovvenzione governativa deve essere dedotta quella corrispondente alle utenze legittime preesistenti, anche se di queste è tuttora pendente il riconoscimento.

(Come al Num. precedente, ivi, pag. 1810)

# NOTE E RIASSUNTI

## UN NUOVO RELAIS DI PROTEZIONE PER GENERATORI

La protezione di macchine elettriche si è avuta con tanti dispositivi, applicando in tutti il medesimo principio: il guasto è segnalato, oppure la macchina difettosa viene disinserita, in seguito allo spostamento dell'equilibrio fra la tensione, la corrente e la potenza. Abbandonando scientemente questo vecchio principio, col nuovo relais di protezione per generatori e motori si è raggiunto un vantaggio preziosissimo per l'esercizio, quello di rendersi completamente indipendenti da ogni eventuale variazione di tensione, di corrente oppure di potenza, evitando così disinserzioni intempestive, in cui cioè l'intervento della protezione non è desiderabile.

La protezione agisce secondo un principio nettamente meccanico e trova il suo punto di partenza nella constatazione del fatto che in ogni macchina elettrica si sviluppa calore nel punto guasto e che questo calore decompone il dielettrico in quel punto: un arco fra parti metalliche decompone l'olio, un corto circuito metallico fra spire, ove non si può formare un arco, provoca un riscaldamento nell'avvolgimento fino a tanto che l'isolamento di carta o di cotone si gasifica; in una bruciatura nel ferro è l'isolamento di carta fra i lamierini che va distrutto ed i prodotti di decomposizione salgono sotto forma di bolle di gas nella massa d'olio.

Questo principio conosciuto da anni in tutti i paesi del mondo ed applicato nella più larga misura ai trasformatori di tutti i tipi e di tutte le potenze, si è dimostrato così efficace e vantaggioso per la protezione dei trasformatori, che l'idea della sua applicazione alla protezione di apparecchi senza isolamento in olio lasciava intravedere dei vantaggi analoghi. Naturalmente il problema della protezione di apparecchi elettrici senza isolamento in olio è assai più difficile, giacchè non si tratta di rilevare delle bolle di gas in un liquido, un fenomeno cioè facilmente controllabile, ma di rilevare soltanto elementi di decomposizione mescolati nella corrente d'aria, i quali per di più vi si trovano assai diluiti, a causa della grande massa d'aria di raffreddamento che i generatori elettrici richiedono. I principi sui quali la protezione dei generatori si potrebbe basare sono numerosi, perchè più di un sistema ha dato risultati favorevoli in laboratorio. Si è visto però che di tutti questi sistemi uno solo può vantare un reale valore pratico, perchè si serve di uno strumento indicatore di grande sensibilità che dà anche affidamento di durata. È appunto questo nuovo apparecchio di protezione col quale l'aria di scarico del generatore viene esaminata nella sua trasparenza, che descriveremo ora diffusamente.

La fig. 1 *a*) mostra l'apparecchio di protezione e la fig. 1 *b*) ne presenta una sezione schematica. L'apparecchio risulta costituito essenzialmente da un tubo del diametro di circa cm 25, diviso da un settore longitudinale in due camere distinte; ad un capo del tubo vi è una sorgente luminosa, costituita da una lampada a filamento metallico che lavora sempre a carico ridotto, per cui ha lunga durata, come lo richiede l'uso pratico dell'apparecchio. L'altro capo è chiuso da una custodia, nella quale è montato il ricevitore termico sul quale le radiazioni della lampada vengono concentrate mediante uno specchio concavo.

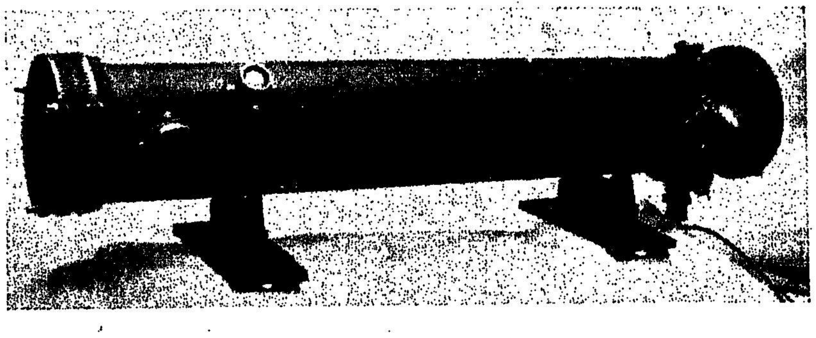


Fig. 1 *a*). - Vista del relais di protezione.

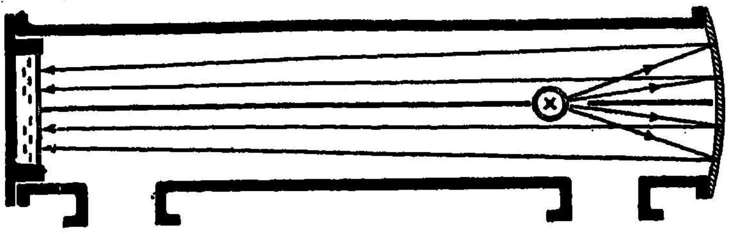


Fig. 1 *b*). - Sezione schematica del relais.

Il ricevitore termico (fig. 2) è costituito da sottili nastri di nichelio inseriti in serie fra di loro, i quali, sotto l'influenza delle radiazioni, si riscaldano e variano la loro resistenza proporzionalmente alla temperatura raggiunta. Queste resistenze di nichelio, distribuite egualmente nelle due camere del tubo in modo da avere in queste una uguale resistenza totale, costituiscono, assieme a due resistenze fisse indipendenti dalla temperatura, i quattro lati di un ponte di Wheatstone, nella cui diagonale vi è un relais galvanometrico, il quale, agendo su di un relais intermedio, mette in azione l'interruttore in olio del generatore, la diseccitazione automatica ed eventualmente un dispositivo di spegnimento d'incendio (v. schema fig. 3).

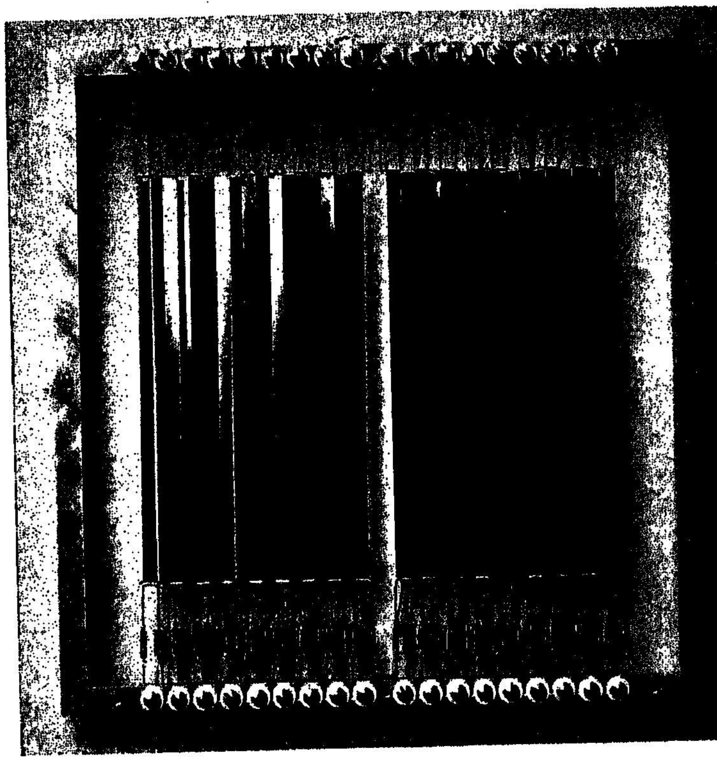


Fig. 2. - Il ricevitore termico.

Il funzionamento del dispositivo si basa su questo: finchè il generatore funziona normalmente, la sua aria di scarico non contiene in sospensione particelle di decomposizione, quindi la chiarezza e la trasparenza rimangono identiche a quella dell'aria atmosferica normale che riempie la camera di confronto del dispositivo e al ricevitore termico giungono perciò, attraverso le due camere, sempre uguali quantità di calore dalla sorgente irradiante. Le temperature delle due resistenze di nichelio si mantengono perciò sempre uguali e di conseguenza anche le loro resistenze e nel ponte di Wheatstone permane quindi l'equilibrio. Nessun mutamento nelle condizioni di esercizio del gene-

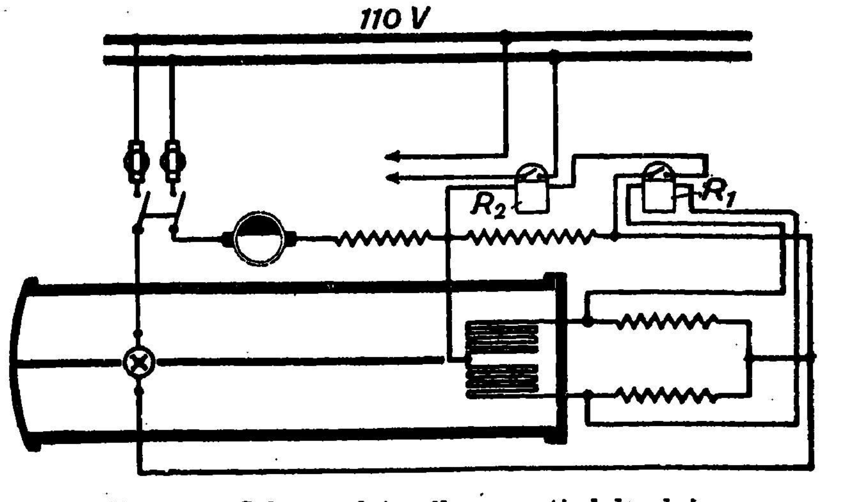



Fig. 3. - Schema dei collegamenti del relais.

ratore può avere influenza sull'equilibrio del ponte per via diretta, perchè non v'è nessun collegamento elettrico fra questo e gli avvolgimenti del generatore.

Anche le variazioni della tensione della batteria ausiliaria che alimenta il dispositivo, non hanno influenza sullo stato del medesimo, perchè il variare della tensione al ponte di Wheatstone non viene risentito, come è noto, nella diagonale. D'altro canto anche il variare della tensione d'alimentazione della sorgente luminosa non influenza le condizioni d'esercizio; è ben vero che la quantità di energia irradiante varia, ma la sua distribuzione sulle due metà del ricevitore non subisce spostamenti, cosicchè neppure l'equilibrio preesistente rimane turbato. Anche le oscillazioni della temperatura esterna o quelle della temperatura dell'aria di scarico del generatore influenzano sempre ugualmente ambedue le resistenze al ponte, dimodochè nell'esercizio normale l'apparecchio indicatore rimane costantemente tranquillo.

Se però in una parte qualunque del generatore avviene un guasto, il calore che si sviluppa distrugge l'isolamento in quel punto e le particelle di fumo che si convogliano nella corrente d'aria di raffreddamento, entrano anche in una delle due camere dell'apparecchio di protezione, dalle aperture visibili in figura: entrano, com'è naturale, in piccola parte (perchè l'aria di raffreddamento entra nel dispositivo soltanto per ca. l'1% del totale), sufficiente però per il funzionamento dell'apparecchio. Le particelle di fumo sospese nell'aria di scarico, come idrati di carbonio, fiocchi di fuliggine e simili, assorbono ora una parte delle irradiazioni che attraversano una delle due camere dell'apparecchio di protezione, dimodochè l'eguaglianza fra le irradiazioni nelle due camere viene a mancare; di conseguenza una delle resistenze si raffredda subito un pò, diminuisce la sua resistenza in proporzione ed il relais galvanometrico del ponte riceve corrente; l'equipaggio devia, chiude col suo contatto il circuito di azionamento di un relais intermedio e questo agisce sull'interruttore in olio del generatore.

A prima vista potrebbe sembrare che questo principio sia bensì tecnicamente applicabile, ma che dal lato pratico non permetta di raggiungere la sensibilità occorrente per la protezione completa di macchine così costose, come i generatori elettrici. Per questa ragione vogliamo dare qualche breve cenno su alcuni esperimenti che furono eseguiti con una macchina da 3000 kVA, fuori esercizio, allo scopo di esaminare a fondo l'efficacia della protezione in caso di guasti interni, riproducendo con la massima precisione le condizioni reali.

Nelle prove si cominciò anzitutto coll'esaminare il comportamento del relais Bucholz rispetto a quei guasti che più difficilmente si possono evitare con l'ausilio dei vari sistemi elettrici di protezione e contro i quali perciò, anche la maggior parte

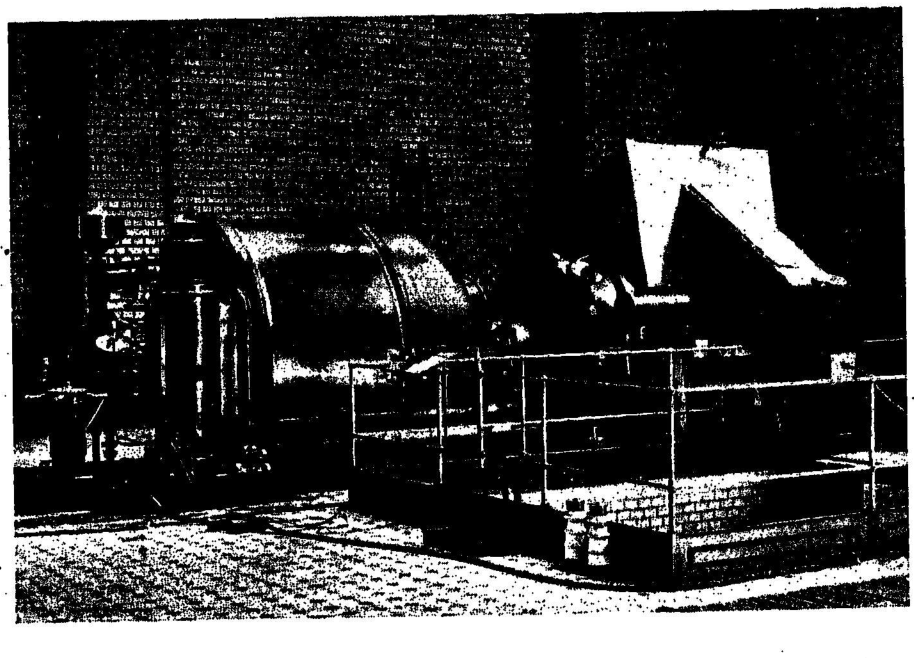


Fig. 4. - Applicazione provvisoria del relais di protezione ad un alternatore di kW 3000.

dei generatori che ne sono provvisti, rimangono indifesi. Questi sono i corti circuiti interni fra le spire della macchina. Più del 50% dei generatori elettrici, che vanno in riparazione, si sono guastati per corti circuiti interni fra le spire, e questo fatto conferma pienamente quanto tali guasti siano pericolosi.

La figura 4 mostra l'applicazione sperimentale e provvisoria dell'apparato di protezione sulla macchina, la quale ha un consumo di aria raffreddante di circa mc 2,5 al secondo. Il generatore non è collegato alla rete, per evitare a questa le influenze moleste delle prove, e l'apparecchio di protezione non viene fatto agire sull'interruttore in olio della macchina; esso aziona solo una lampada di segnalazione ed un interruttore automatico, per mezzo del quale viene messo in corto circuito il campo dell'eccitatrice. Speciali dispositivi di diseccitazione non ve ne sono, perchè si tratta di una macchina di tipo antiquato.

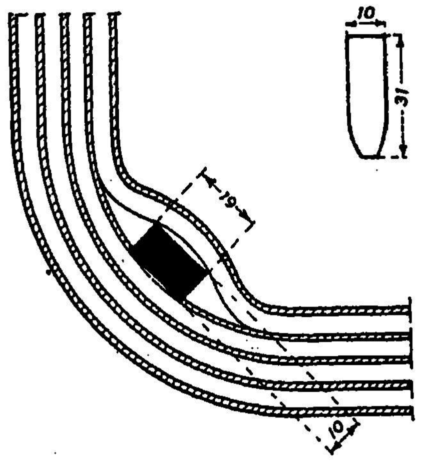



Fig. 5. - Guasto creato artificialmente con un cuneo di rame tra due spire.

In uno dei primi esperimenti si è constatato come si comporta l'apparecchiatura di protezione del generatore nel caso di un corto circuito metallico nell'interno della macchina.

A questo scopo si è asportato l'isolamento in un punto dell'avvolgimento della macchina e si è cacciato un cuneo di rame fra i due conduttori (v. fig. 5). Il punto di guasto, creato artificialmente in questo modo è stato rifasciato ed asperso accuratamente con colla isolante per ripristinare la rigidità d'isolamento primitivo. Si è portato poi la macchina lentamente alla piena velocità, col regolatore in derivazione. Il generatore è stato poi eccitato improvvisamente, levando il corto circuito al campo dell'eccitatrice. L'apparecchio di protezione è intervenuto ancor prima che la piena eccitazione fosse stata raggiunta e l'ha interrotto mettendo nuovamente in corto circuito il campo dell'eccitatrice.

Dalla macchina non usciva nessuna traccia di fumo, e presenza di fumo non si è constatata neanche quando, subito dopo il funzionamento dell'apparecchio, si è aperta la valvola di scarico del raffreddamento in ciclo chiuso. L'esistenza di un guasto interno veniva per contro segnalata dall'odore caratteristico della bruciatura. Il risultato di quest'esperimento fu poi confermato pienamente da ulteriori prove. La conferma più evidente del funzionamento sufficientemente rapido della protezione è dato dallo stato, in cui venne trovato l'isolamento, col quale il punto guastato artificialmente era stato bendato (vedi fig. 6).

Solo le prime spire del nastro isolante si ritrovarono leggermente annerite, mentre quelle dell'isolamento esterno invece vennero trovate ancora intatte.

Si fecero in seguito altri esperimenti, nei quali non si creò il corto circuito metallico in una sola spira, ma si misero in corto circuito diverse spire. Anche qui l'intervento della protezione fu sempre pronto ed il materiale isolante dell'avvolgimento in corto circuito non presentò danni notevoli. Le esperienze permisero anche di stabilire in qual modo, ed in quale grado, la ventilazione in ciclo chiuso, con la quale in caso di guasto l'aria si arricchisce continuamente di particelle di combustione, possa influire sull'azione dell'apparecchio. Il raffreddamento in ciclo chiuso potè venire sospeso aprendo la ventola di aspirazione e

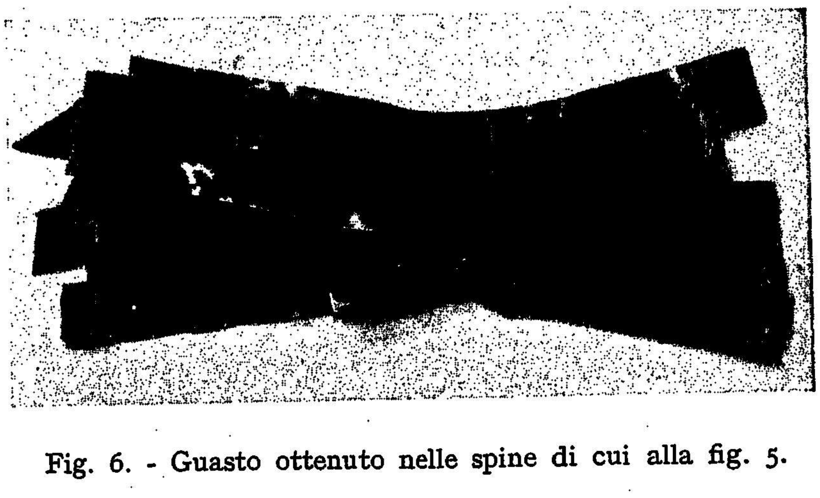


Fig. 6. - Guasto ottenuto nelle spine di cui alla fig. 5.

quella di scarico. Si constatò allora che quando la macchina funziona in ciclo chiuso, l'apparecchiatura di protezione entra in azione per un corto circuito fra spire in 8,5 secondi, funzionando invece a ciclo aperto, l'intervento per la protezione del medesimo guasto ha luogo dopo 19 secondi. Occorre poi notare

riguardo al valore assoluto di questa cifra che il guasto non si provocò a piena eccitazione, come sarebbe avvenuto nell'esercizio normale, ma ad eccitazione ridotta, dato che il generatore si eccitava lentamente; da misure eseguite, l'eccitazione normale si raggiungeva in quella macchina dopo 10 secondi circa, e questi sono già computati nei tempi sopra indicati.

In un'altra prova di questo genere, si provocò un corto circuito non metallico in una spira e si potè così sperimentare praticamente come la protezione funziona quando avvengono dei guasti causati da archi. La quantità di fumo che si produce in questi casi è così abbondante in confronto a quella provocata da corti circuiti nettamente metallici, che l'apparecchio di protezione entra in azione praticamente senza ritardo e cioè appena le prime traccie di fumo sono giunte all'apparecchio di protezione.

La fig. 7 mostra il punto del guasto nella prova. Si può vedere come l'arco formatosi nell'interno del collegamento abbia bruciato uno stretto canale nell'isolante, e come il guasto sia limitato a quel punto senza propagarsi alle parti vicine. Se il fatto fosse capitato in esercizio, si sarebbe dovuto rinnovare solo la matassa, nella quale il danno ebbe inizio.

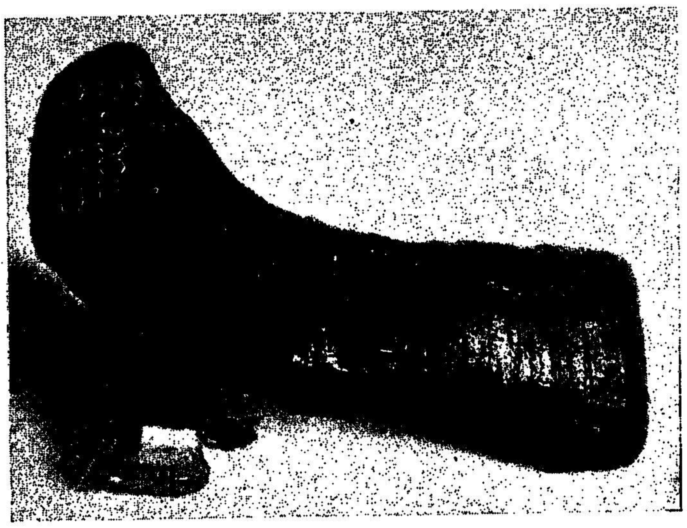


Fig. 7. - Guasto in una matassa limitato al punto in cui si è provocato il cortocircuito.

Dopo queste constatazioni il funzionamento dell'apparecchio di protezione si è ritenuto completamente chiarito per quanto riguarda gli archi ed i corti circuiti interni, tanto che non si è considerato assolutamente necessario d'eseguire ulteriori esperimenti, e si è passato senz'altro ad alcune prove destinate a rivelare il comportamento della protezione quando capitano delle terre interne accidentali.

Per riprodurre con la maggiore possibile fedeltà queste messe a terra, si è staccata una bobina dal resto dell'avvolgimento e per mezzo di un trasformatore di tensione se ne è provocata la perforazione verso massa. Si è ripristinato poi il collegamento della bobina col resto dell'avvolgimento, ed allora il generatore con un elemento guasto verso massa è stato rimesso in esercizio col neutro isolato; in queste condizioni la perforazione verso terra non si poteva praticamente manifestare. Si è messo poi a terra il neutro attraverso una resistenza ad acqua scelta opportunamente ed attraverso un riduttore di corrente per la misura della corrente di terra.

Nel primo di questi esperimenti si è riscontrato che nella bobina guasta non vi era stata una sola perforazione bensì due, e cioè fra l'isolamento di due spire vicine ad una staffa di sostegno.

Per questa ragione nell'istante in cui si è chiuso l'interruttore di messa a terra, si è formato oltre alla messa a terra artificiale di piccola intensità, anche un corto circuito fra spire con forte intensità di corrente, il quale ha provocato uno sviluppo notevole di fumo. Di conseguenza la protezione è intervenuta immediatamente, corrispondentemente a quello che era avvenuto nei precedenti esperimenti. Per il fatto che il dispositivo di cortocircuitazione del campo non ha funzionato, il generatore è rimasto eccitato anche dopo l'intervento della protezione e la manovra è stata effettuata a mano, solo dopo ca. 10-12 secondi. L'entità del guasto in questo caso non può essere quindi un criterio per giudicare del modo di funzionare dell'apparecchiatura. Il fatto rimane però sempre istruttivo, perchè dimostra che anche quando nell'interno del generatore si formano dei guasti così gravi, un ritardo di alcuni secondi non ha per conseguenza necessaria un propagarsi del guasto alle altre parti dell'avvolgimento, se si ha cura di prendere le necessarie precauzioni, perchè venga evitato l'ulteriore bruciarsi dell'isolamento. La staffa in questione è stata distrutta quasi completamente per una lunghezza di alcuni centimetri e tutte le varie spire delle sbarre sono rimaste fuse e l'isolamento si è bruciato. Si è potuto impedire però che l'isolamento bruciasse oltre, lanciando nel generatore dopo il manifestarsi del guasto, vapore fresco, col quale le fiamme si sono spente. Aperta la macchina, con sorpresa degli operatori, non si è potuto riscontrare nessuna conseguenza dell'immissione di vapore e nessuna traccia di umidità.

L'avvolgimento distrutto è stato levato dalla macchina e si è eseguito poscia un secondo esperimento. La rottura si è ottenuta questa volta a metà dell'intaglio ad una distanza di circa cm 10 dal canale di ventilazione della macchina. Il gruppo è stato fatto nuovamente funzionare col generatore con neutro isolato e il numero dei giri è stato portato al normale, però senza eccitazione. L'eccitatrice è stata inserita senza che si osservassero fatti anormali. La protezione non è intervenuta. Si è messo poi l'interruttore della messa a terra nella posizione di chiuso ed allora si è potuto misurare una corrente di circa 20 A. Anche in queste condizioni la macchina non ha dato nessun segno anormale. Il guasto non si è rivelato nè per odore, nè per rumore, nè per vibrazioni. Solo quando dopo tre minuti e mezzo aumentando l'eccitazione la corrente verso terra è aumentata a 25 A, si è potuto constatare dopo ulteriori 20 secondi, un rumore nettamente distinto, e subito dopo è avvenuto anche lo scatto con contemporanea uscita di fumo dalla macchina. L'esame del guasto, che è stato riscontrato nella posizione citata sopra, ha permesso di stabilire anche come a poco a poco l'avvolgimento vicino era stato intaccato, dimodochè in una cava si era potuto formare un corto circuito fra spire. I gas prodottisi nel punto del guasto avevano rotto colla loro fortissima pressione il tubo di micanite proprio in corrispondenza del canale di ventilazione, e da questo foro, che misurava circa 10 cm, sono passati nella corrente dell'aria della macchina. Guasti non se ne poterono riscontrare in nessun altro punto all'infuori di quello direttamente colpito. Anche il pacco di lamierini vicino rimase intatto.

Da queste esperienze si possono trarre a proposito del modo di funzionamento di questo nuovissimo dispositivo di protezione queste conclusioni:

1°) L'apparecchio di protezione è adatto specialmente per proteggere i generatori elettrici contro i corti circuiti tra spire. Questi guasti rappresentano la maggior parte di quelli che capitano in pratica e contro di essi le apparecchiature elettriche di protezione sinora conosciute sono impotenti, o per le meno imperfette e poco efficaci.

2°) Ad ogni guasto grave, ed in special modo a quelli che producono degli archi, corrisponde in un generatore lo sviluppo di quantità di fumo sufficiente perchè l'azione immediata dell'apparecchio sia assolutamente sicura.

3°) Nel caso di guasti interni di ogni specie il pronto intervento della protezione impedisce il propagarsi del guasto alle parti adiacenti; in nessuno degli esperimenti si riscontrò un guasto al di fuori del punto nel quale esso era stato provocato, nonostante le condizioni sfavorevoli nelle quali si era, per quanto riguarda l'eccitazione del generatore.

4°) Il ritardo col quale l'apparecchio funziona si adegua automaticamente all'importanza del guasto. Guasti leggeri e con limitata produzione di fumo non provocano uno scatto così immediato come i guasti gravi, nei quali l'avvolgimento corre rischio di rovinarsi completamente. In questi casi il ritardo dello scatto è minimo e corrisponde al tempo che i prodotti della combustione impiegano ad arrivare dal punto guasto all'apparecchio di protezione. L'aggravarsi di un difetto esistente e di poca importanza corrisponde ad una abbreviazione del tempo per lo scatto.

Questi esperimenti hanno dimostrato praticamente la possibilità di impiego dell'apparecchio di protezione, per quanto riguarda la sua sensibilità, per guasti effettivi. Dovrebbero interessare quindi anche alcune notizie sull'effettivo comportamento della protezione nelle più disparate condizioni di esercizio specialmente per quanto riguarda la sua sensibilità in casi speciali. I risultati dell'esercizio sono molto più importanti di quelli delle prove di laboratorio. Un dispositivo di protezione è stato allacciato ad esempio per alcuni mesi ad un gruppo turbo-alternatore da 10 000 kVA con circolazione chiusa. Il modo nel quale l'apparecchio era montato nella camera dell'aria fresca del generatore, è indicato nella fig. 8. Durante questo periodo il generatore ha subito una serie di corti circuiti nella rete ed è stato caricato nelle più svariate condizioni senza che l'apparecchio di protezione si sia spostato dalla sua posizione di riposo.

Ancora più interessanti sono le esperienze dell'esercizio di un generatore da 7 500 kVA, sul quale era montato un apparecchio di protezione; questo è rimasto inserito con una congrua sorveglianza per più di un anno. Notiamo che questo generatore lavora durante la stagione calda parzialmente in circuito chiuso,

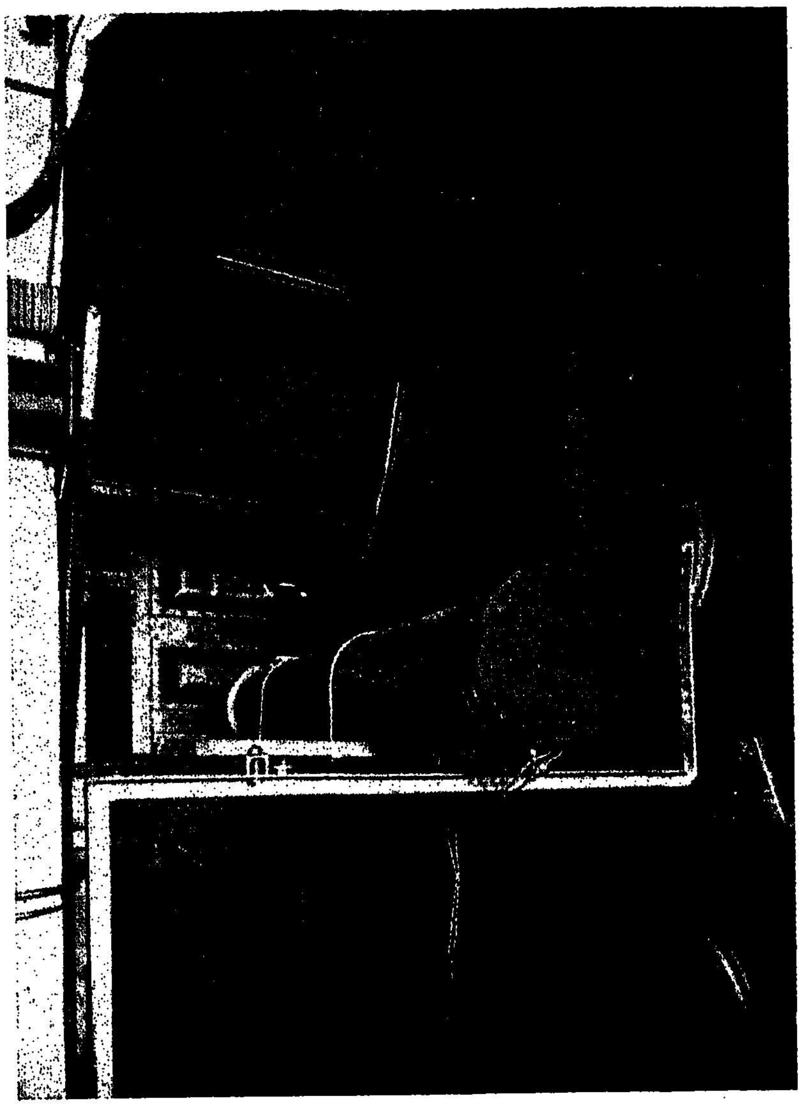


Fig. 8. - L'apparecchio di protezione è installato nella camera dell'aria fredda di un alternatore da kW 10 000.

e che d'inverno l'aria di raffreddamento viene impiegata per riscaldare la sala macchine. In tutte e due le condizioni di esercizio la protezione ha lavorato con i migliori risultati. Anche in corti circuiti esterni che sono capitati nella rete più di una volta durante il tempo nel quale la protezione era in funzione, essa non è intervenuta. La posizione di zero del dispositivo si è conservata tanto nei mesi freddi invernali ed a carico ridotto, quando nei mesi caldi d'estate a pieno carico, lo scatto non è avvenuto in nessuna condizione di esercizio. È rimasta dimostrata invece una volta di più anche in questa occasione la elevata sensibilità del dispositivo nel caso di guasti, nei quali effettivamente si è avuto la produzione di fumo e più precisamente in questo modo.

Il generatore che è del tipo ad asse verticale, viene frenato di solito con un dispositivo applicato al rotore dopo che la macchina messa fuori esercizio ha raggiunto una certa velocità ridotta. Per isbaglio però una volta si è posto mano al freno immediatamente dopo la messa fuori esercizio della turbina, ossia a piena velocità, anzichè attendere che la medesima diminuisse sino a un certo limite. L'apparecchio di protezione era naturalmente ancora in funzione, e funzionò dando la segnalazione d'allarme, anche se non poteva più azionare i dispositivi di scatto dell'interruttore perchè il generatore era già fuori esercizio e girava a vuoto.

Questo fatto dimostra chiaramente la grande sensibilità che questa protezione ha, quando si verificano effettivamente dei difetti, tanto più che anche questa volta non era stata osservata da parte del personale della centrale nessuna formazione di fumo.

I risultati dell'esercizio avutisi sino ad ora e quelli di numerosi esperimenti adattati alle condizioni d'esercizio, sinora eseguiti, lasciano dedurre che col dispositivo di protezione per generatori è dato ora agli ingegneri delle centrali un nuovo mezzo per condurre l'esercizio con maggiore sicurezza e continuità.

DOTT. ING. SCHWENKHOGEN.

---

## LA LINEA NOVARA-VERCELLI A 50 kV DELLA "OVESTICINO„

Coll'estendersi della sua zona di distribuzione e colle aumentate richieste di energia, la « Ovesticino » ha dovuto provvedere a sostituire la vecchia linea a 25 kV con doppia terna di conduttori in rame da 28 mmq, montata su pali di legno con isolatori rigidi, che collegava le cabine di Novara e di Vercelli, con una più rispondente alle nuove esigenze dell'esercizio. E data l'importanza del collegamento, e tenendo conto delle condizioni del terreno da attraversare, si è progettato una linea a 50 kV con due terne di conduttori di rame (treccia) da mmq 38, con isolatori sospesi (le catene erano di 4 elementi sui pali semplici e

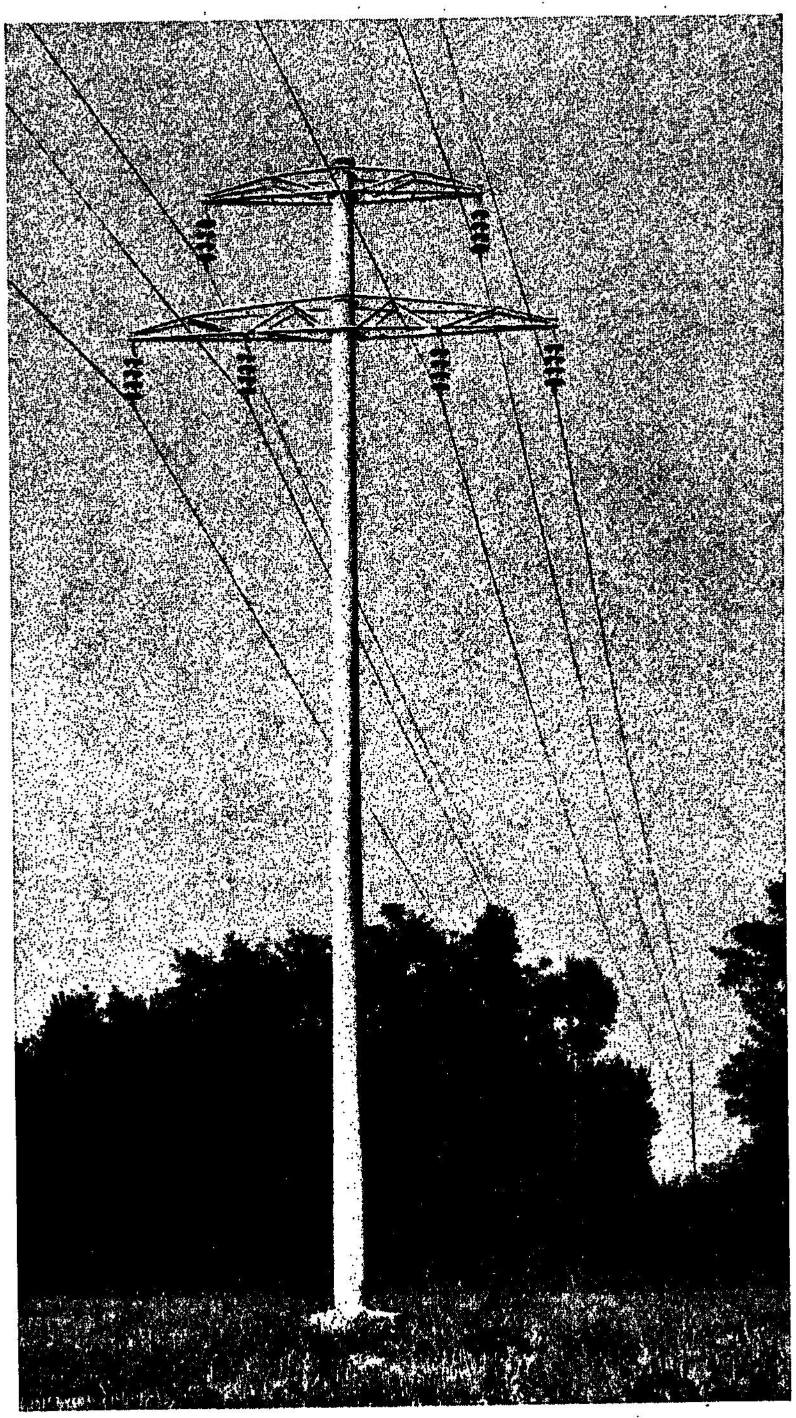


Fig. 1. - Palo normale della linea a 50 kV, Novara-Vercelli.

di 5 sui pali di ancoraggio) e con pali del tipo in cemento armato centrifugato (Scac).

Le caratteristiche del palo normale della Novara-Vercelli (fig. 1) sono: lunghezza totale m 16, diametro alla base 47 cm, diametro in cima 26 cm, peso medio di 2 700 kg, sforzo in cima 700 kg, coefficiente di sicurezza 3. La campata normale è di m 160 e si ottenne impiegando due sole mensole al posto di tre, alzando in tal modo il conduttore più basso, e sopraelevando il blocco di cm 70 da terra. Il franco minimo dei conduttori dal suolo risulta in tal modo di m 6,90.

Dato lo sforzo a cui era sottoposta la mensola inferiore (lunga m 2,75) con 2 conduttori, si dovette abbandonare l'idea dell'impiego di mensole di cemento armato, e furono adottate quelle in ferro, illustrate nelle figure riportate. La soluzione adottata, oltre a risparmiare circa m 1,80 di palo, ha il vantaggio di avere le due terne disposte lateralmente al sostegno e secondo i vertici di un triangolo. Le mensole di ferro, sia normali che speciali e di ammarro risultano leggere ed estetiche essendo verniciate con alluminio e quindi con tinta intonata a quella del palo.

Per mantenere anche per i sostegni a doppia sospensione la campata di m 160 e la distanza normale tra mensola e mensola, vennero adottati dei gioghi (bilancieri) speciali posti sopra le estremità delle mensole, come dimostrano chiaramente le fotografie delle figg. 2 e 3. Altra soluzione interessante è stata quella adottata dalla fornitrice dei pali per la prima volta nelle mensole dei sostegni d'angolo, per tener conto del fatto che i conduttori tendono ad avvicinarsi al palo nel caso delle corde esterne all'angolo stesso, per mantenere la distanza normale tra il palo ed i conduttori le mensole vennero costruite con braccio più lungo esternamente all'angolo mentre il palo stesso venne

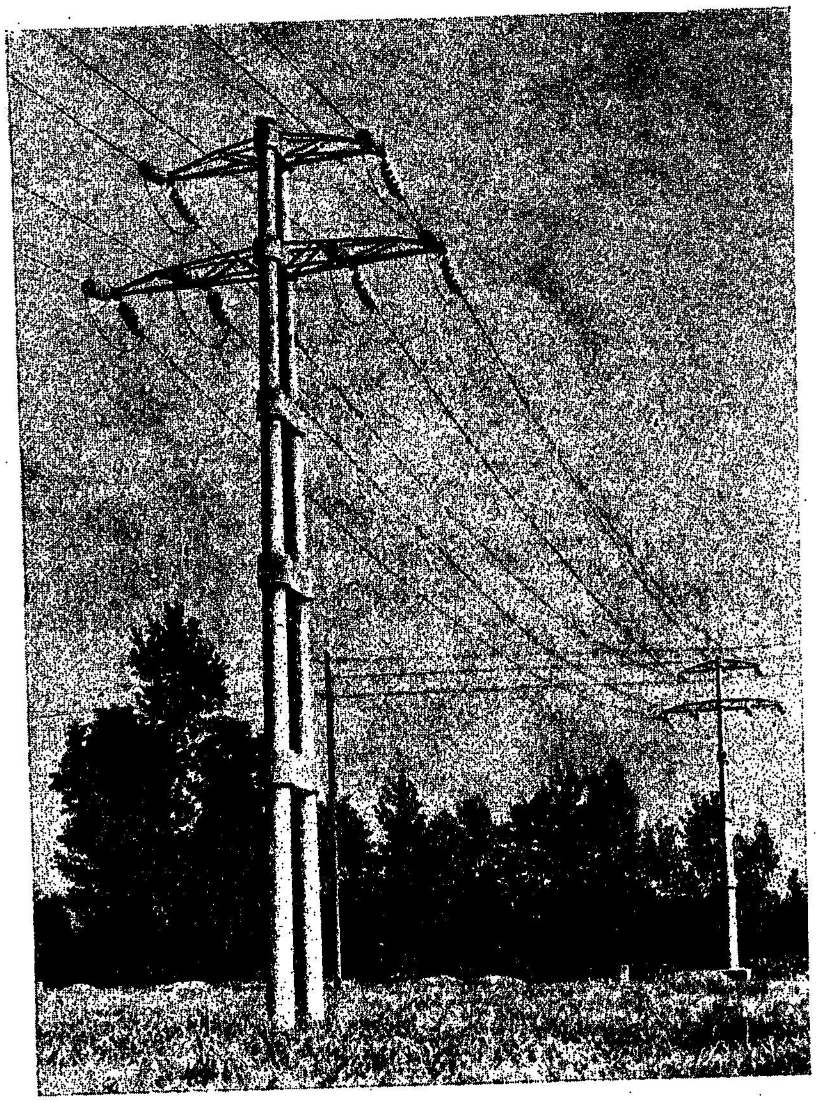


Fig. 2. - Attraversamento telegrafico.

spostato di altrettanto rispetto al vertice della linea. La figura 4 illustra chiaramente il concetto seguito.

Le mensole dei sostegni abbinati d'ammarraggio (fig. 3) vennero fissate ai giunti in cemento armato a mezzo di bulloni passanti.

Le fondazioni dei pali, sia normali che speciali, vennero tenute, come detto, 70 cm fuori terra, mentre per la parte interrata, per tener conto della poca consistenza del terreno nel periodo di coltivazione a risaia e marcita, vennero costruite con dimensioni maggiori in modo da offrire una maggiore superficie di appoggio e così maggiore stabilità al sostegno. Il volume del blocco di calcestruzzo per il palo normale risultò di 5 mc.

La Ditta costruttrice dei pali eseguì anche lo studio e il rilievo del tracciato, lo studio delle pratiche con relativi calcoli e disegni da presentare alle Autorità ed agli Enti interessati sia per la concessione dell'intera linea, sia per le concessioni dei diversi attraversamenti della linea con altre telegrafiche, telefoniche, elettriche, con strade ferrate, strade nazionali e con canali demaniali; le pratiche di esproprio per pali e percorrenze, la posa in opera dei sostegni, la tesatura, la liquidazione per taglio di piante e per danni.

Così mentre si dava mano alla costruzione e spedizione dei

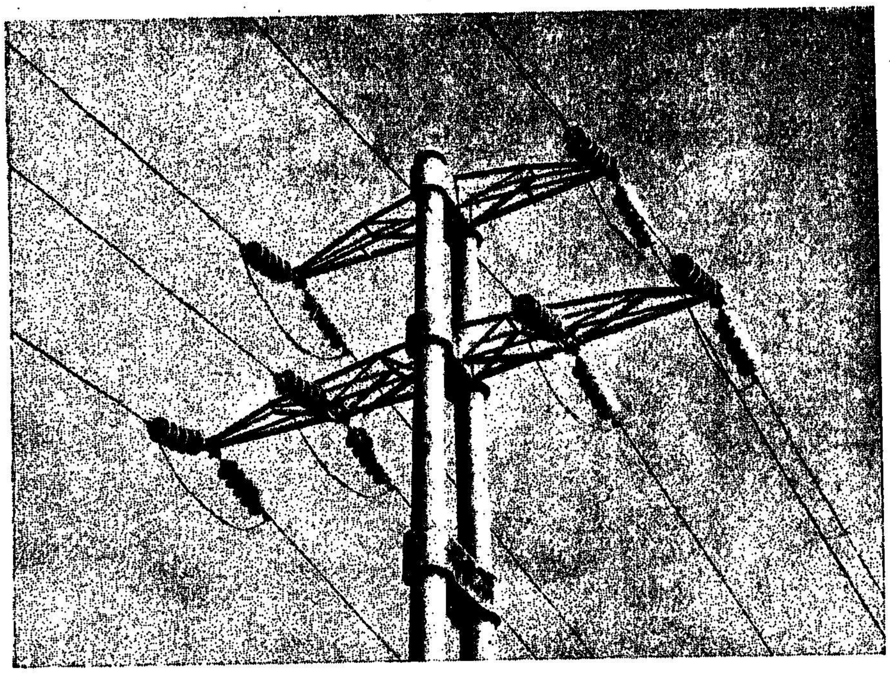


Fig. 3. - Dettaglio di mensole d'ammarraggio.

pali, a Novara veniva organizzato un Cantiere per lo studio del tracciato definitivo, non facile per i numerosi attraversamenti d'ogni genere e per i tronchi di circonvallazione delle due città di Novara e Vercelli.

Infatti su una lunghezza della linea di circa 25 km, si incontrarono:

3 attraversamenti di ferrovia con rispettive linee telegrafiche,
1 attraversamento tranviario,
8 attraversamenti telefonici e telegrafici,
19 attraversamenti di linee elettriche ad alta e a bassa tensione,
1 attraversamento di strada nazionale,
3 attraversamenti di strade provinciali,
2 attraversamenti di fiumi (Sesia e Agogna),
5 attraversamenti di canali derivati dal Canale Cavour,

oltre gli attraversamenti di strade comunali e di canali privati ed i due tronchi di circonvallazione che superano il terzo della linea.

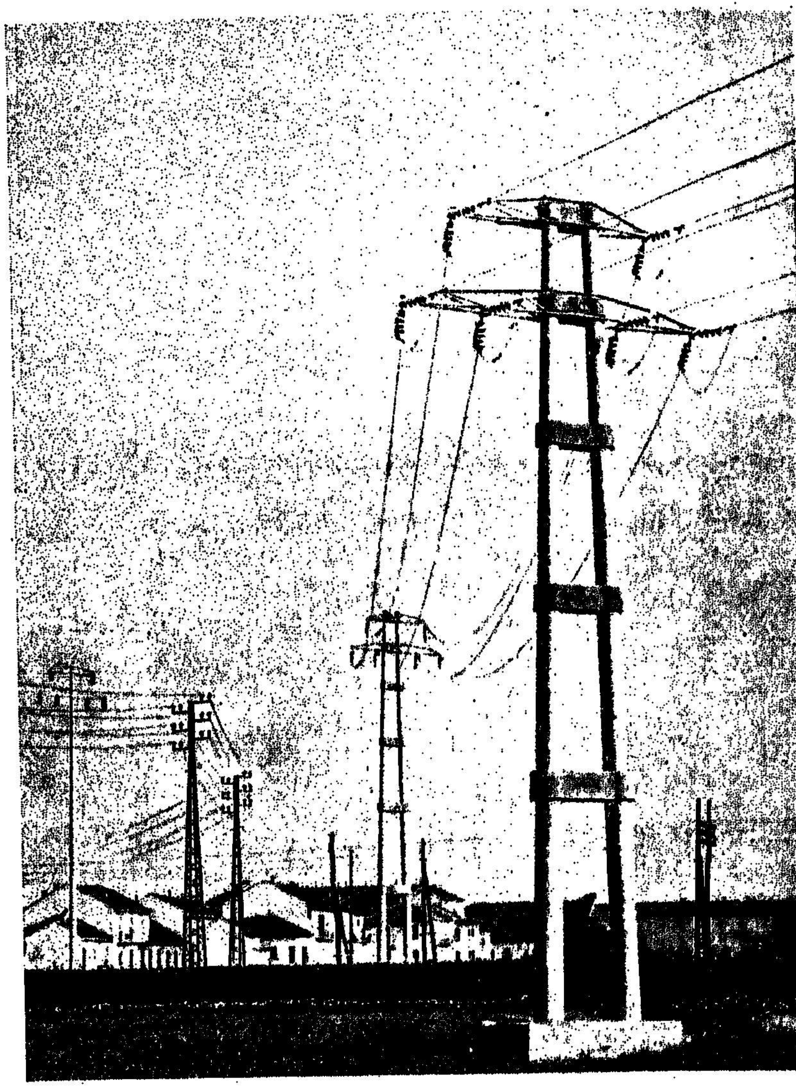


Fig. 4. - Attraversamento ferroviario con pali d'angolo (mensole più sporgenti verso l'esterno).

Le pratiche di esproprio si presentarono di difficile attuazione e per completarle si dovette ricorrere per alcuni sostegni all'espropriazione forzosa.

La Società appaltatrice iniziando il tracciato in ottobre, quasi un mese dopo il raccolto del riso e del frumento, riuscì con la sua organizzazione ad ultimare quasi tutta la linea, compresa la tesatura, entro l'aprile seguente e cioè prima dell'immissione dell'acqua nelle risaie. Mentre ancora erano in corso gli espropri, squadre di operai accudivano agli scavi e al getto dei blocchi di calcestruzzo per fondazioni, le quali si possono costruire per i pali in cemento armato centrifugato senza la necessità di rizzare nel contempo il sostegno. Altre squadre con traini e cavalli ben attrezzati, curarono il trasporto dei pali dalle stazioni ferroviarie ai picchetti di linea; altre, a maturazione dei blocchi di calcestruzzo, procedettero al rizzamento dei pali e al montaggio delle mensole, seguite a loro volta dalla squadra di tesatura, che ultimò il suo lavoro a solo quattro giorni da quelle.

Così una linea di 25 km di lunghezza con un totale di 162 sostegni in cemento, che variano fra i 16 e 29 metri di altezza, dei quali ben 29 sono abbinati, avrebbe potuto esser pronta per l'esercizio a soli 6 mesi dall'inizio del tracciato; le difficoltà di esproprio sopra cennate e i ritardi che dava l'evasione delle pratiche, rimandarono, purtroppo, l'ultimazione dei lavori fin verso la metà dell'agosto.

ING. LUIGI LANZINGHER.

# RASSEGNA TECNICA

## a) L'ENERGIA IDROELETTRICA DEL MASSICCIO CENTRALE E LA SUA UTILIZZAZIONE NEI GRANDI CENTRI DI CONSUMO

*Le Génie Civil*, 2 luglio 1932. – Ing. V. SABOURET.

I fiumi della parte occidentale del Massiccio Centrale — la regione che comprende i monti d'Auvergne e di Limousin estendentesi fino alle rive del Rodano — si prestano per la creazione e sfruttamento di grandi salti per la produzione di energia destinata all'elettrificazione di una gran parte della Francia. Infatti:

1) la produzione di energia che si prevede di ricavare dai bacini del Massiccio Centrale raggiungerà la cifra di 3,5 miliardi di kWh e il suo principale sbocco sarà la regione parigina, dopo di aver soddisfatte le richieste della Compagnie d'Orleans, vicina.

2) il collegamento delle reti del Massiccio Centrale, con quelle delle centrali termiche della zona di Parigi, consente un aumento della attuale capacità di produzione di queste ultime, che può raggiungere il 60 %.

Da quanto sopra si prevede un arresto nello sviluppo delle centrali termiche della regione parigina, con una connessione più intima di tutte le fonti di produzione facenti capo nella zona.

*Caratteristiche del Massiccio Centrale.*

La zona, essenzialmente montuosa, è contornata da importanti centri abitati ed è solcata da numerosi corsi d'acqua con distribuzione a ventaglio, così si hanno: 1° verso la Loire: la Vienne e il suo affluente Taurion, la Creuse e il suo affluente la Gartempe, il Cher e il suo affluente la Tarde, il Sioulet; 2° verso la Dordogna, i suoi affluenti di destra: il Chevanon, la Diège, la Trionzone, la Luzège e il Doustre. La Vézère ed il suo affluente la Corrèze si uniscono alla Dordogna oltre il Massiccio. La Dordogna ha le sue origini presso il M. Dore e dopo un percorso di 500 km si unisce alla Garonna per formare la Gironda. Il percorso più interessante della Dordogna, dal punto di vista delle utilizzazioni idrauliche, è rappresentato nel profilo schematico, che riporta altresì l'insieme delle centrali idroelettriche concesse alla Compagnie du Chemin de fer d'Orleans, le quali consentono una produzione media annuale di 800 milioni di kWh.

Si ha infine la Truyère che presenta una pendenza irregolarissima, e consente di creare notevoli salti come quello di 260 metri che da luogo ad una centrale sotterranea, quella di Brommat, con una potenza installata di kW 167 000.

*Variazioni stagionali e annuali.*

Il regime pluviometrico varia molto da una stazione all'altra e da un fiume all'altro, secondo l'orientamento e l'altitudine. Così la piovosità unitaria è sensibilmente minore nel bacino della Truyère che in quello dell'Alta-Dordogna e nel primo sui bacini degli affluenti di sinistra. Inoltre dal punto di vista delle variazioni stagionali si può ammettere che i corsi d'acqua del Massiccio Centrale ricevono i tre quarti circa delle piogge annuali nei sei mesi d'inverno, e l'altro quarto nei sei mesi d'estate. Dalle osservazioni fatte poi si è trovato che le variazioni di portata tanto mensili che annuali sono molto elevate; è possibile pertanto ottenere una regolarizzazione mensile soddisfacente creando grandi serbatoi di riserva e stabilendo una connessione fra il Massiccio Centrale e le Alpi le cui portate sono sensibilmente complementari. La regolarizzazione annuale però è realizzabile solo col concorso delle centrali termiche cui corrispondono nel caso attuale quelle della regione parigina. Il grafico relativo al consumo di energia nella zona di Parigi, in una giornata d'inverno presenta oscillazioni fortissime e l'energia idraulica può alimentare le due punte marcate, permettendo alle centrali termiche di aumentare di oltre la metà la produzione corrispondente alla parte bassa

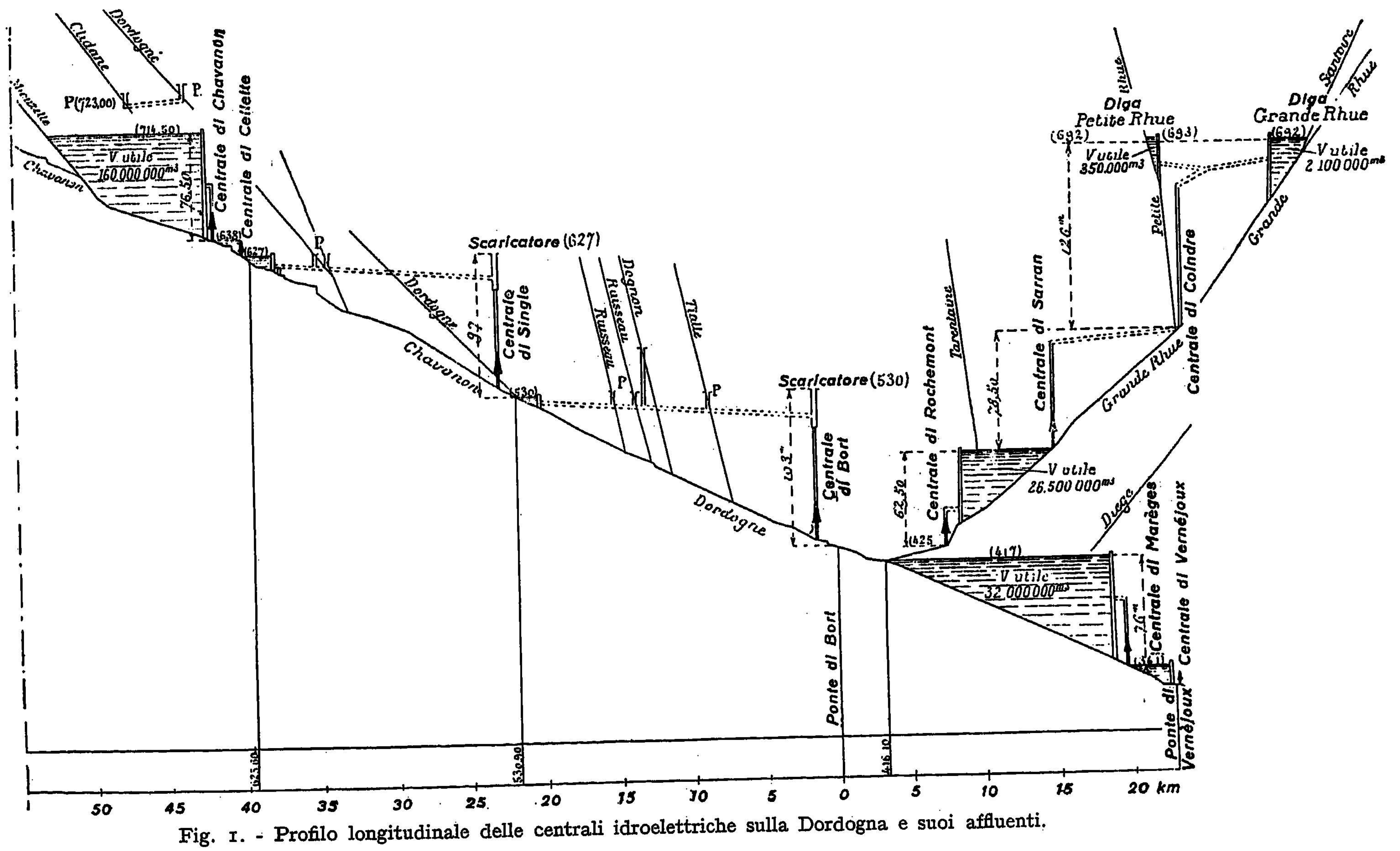



Fig. 1. - Profilo longitudinale delle centrali idroelettriche sulla Dordogna e suoi affluenti.

Tab. I. – QUADRO COMPARATIVO DELLE CENTRALI COSTRUITE O IN COSTRUZIONE NEL MASSICCIO CENTRALE.

| Centrali | Eguzon | Coindre | La Cellette | Marèges | Val-Beneyte (Roche-le-Peyroux) | La Mativie | Laval-de-Cère | Sarrans | Brommat |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anno di messa in servizio | 1926 | 1927 | 1936 | 1935 | 1927 | 1928 | 1931 | 1935 | 1932 |
| Concessionari | Union Hydro-Electrique | Compagnie du Chemin de fer de Paris à Orléans | | | Sté Hydro-Electrique de la Diège | Société Hydro-Electrique de la Cère | | Société des Forces motrices de la Truyère | |
| Corso d'acqua | Creuse | Rhue | Chavanon | Dordogna | Diège | Cère | Cère | Truyère | Truyère Bromme |
| Salto massimo lordo m | 58,70 | 126 | 77 | 77 | 130,50 | 138,50 | 94,50 | 95 | 260 |
| Bacino km² | 2400 | 550 | 280 | 2540 | 485 | 830 | 930 | 2400 | 2400 \| 125 |
| Portata media annuale l/s.km² | 13 | 22,5 | 18 | 25 | 20 | 19 | 18 | 16,5 | 17,5 |
| Portata media annuale utilizzabile m³/s | 31 | 12,4 | 5 | 63,5 | 9,5 | 16 | 16,5 | 40 | 44 |
| Potenza media annuale kW | 12500 | 11500 | 2600 | 37000 | 8500 | 16000 | 11500 | 29000 | 90000 |
| Energia producibile in media ogni anno kWh | 110×10⁶ | 100×10⁶ | 23×10⁶ | 325×10⁶ | 75×10⁶ | 140×10⁶ | 100×10⁶ | 250×10⁶ | 800×10⁶ |
| Potenza installata kW | 55000 | 24000 | 45000 | 128000 | 24000 | 25000 | 20000 | 102000 | 175000 |
| Potenza massima corrispondente mc/sec | 130 | 25,5 | 75 | 220 | 25 | 29 | 30 | 135 | 84 |
| Sbarramenti: | | Gde Rhue \| Pte Rhue | | | | | | | Truyère \| Bromme |
| Tipo | a gravità | a gravità \| a gravità | a gravità | ad arco | a gravità | a gravità | a gravità | a gravità | a gravità \| ad arco |
| Altezza m | 61 | 49 \| 32 | 84 | 100 | 35 (sul livello del fiume) | 4 | 4 | 105 | 25 \| 40 |
| Volume della muratura mc | 210000 | 25000 \| 7000 | 300000 | 190000 | | » | » | 450000 | » \| » |
| Zona utile altezza m | 15 | 11 \| 12 | 38 | 21 | 14,50 | » | » | 23 | 6 \| » |
| Zona utile volume mc | 30×10⁶ | 2,5×10⁶ \| 0,3×10⁶ | 150×10⁶ | 30×10⁶ | 7×10⁶ | » | » | 172×10⁶ | 0,6×10⁶ \| 0,2×10⁶ |
| Canale di carico: Tipo | non | in carico (pozzo d'equilibrio) | non | 2 gallerie in carico (2 pozzi di equilibrio) | forzato (pozzo d'equilibrio) | sotterranea a deflusso libero | sotterr. a deflusso libero | non | forzato (2 pozzi di equilibrio) |
| Sezione mq | esiste | 7,80 \| 4,15<br>9,62 | esiste | 2×32 | 13 \| 10 | 12 | 12 | esiste | 28,9 \| »<br>41 |
| Lunghezza m | | 4,09 \| 3,02<br>746 | | 122 e 148 | 900 \| 1720 | 13000 | 8000 | | 5700 \| »<br>1700 |
| Condotte forzate: Numero | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| Diametro m | 4 | 1,55 | 2,50 | 4,40 | 1,55 | 1,55 | 1,75 | 3 | da 4 a 2 |
| Lunghezza m | 90 | 181 | 70 | 127 a 146 | 250 | 295,50 a 306,50 | 200 | 80 | 250 |
| Centrale: Numero e potenza dei gruppi principali kVA | 5×12500 | 3×9500 | 3×17640 | 4×37500 | 4×9000 | 4×7500<br>2×2500<br>1×1250 | 4×9250 | 3×40000 | 6×32500 |
| Posto di trasformazione: Tensione kV | 10,5/90 | 5,5/90 | 12/90 | 12/220 \| 12/90 | 5/70 \| 70/90 \| 70/20 | 5,5/65 \| 5,5/45 \| 60/90 | 8,2/66 | 15/220 | 15/220 \| 15/150 |
| Numero dei gruppi | 2 | 3 | 3 | 2 \| 1 | 5 \| 1 \| 2 | 5 \| 1 \| 2 \| 3 | 3 | 3 | 6 \| 1 |
| Potenza di un gruppo kVA | 24000 | 9300 | 17650 | 75000 \| 37500 | 9000 \| 12000 \| 1500 | 7500 \| 2500 \| 1250 \| 27000 | 12500 | 40000 | 33000 |

TAB. II. - QUADRO COMPARATIVO DELLE CENTRALI IN PROGETTO.

| Richiedente o concessionario | Corsi d'acqua | Nomi delle Centrali | Salto lordo massimo | Potenza normale disponibile (*) | Volume della riserva utile | Altezza massima di ritenuta al disopra del fondo del thalweg |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | m | kW | milioni di mc | m |
| Compagnie de Chemin de fer de Paris à Orléans | Dordogna .... | Singles.............. | 95 | 5000 | » | » |
| | — | Bort................. | 100 | 8000 | » | » |
| | Rhue ....... | Sarrans ............. | 80 | 6500 | » | » |
| | — | Rochemont........... | 62,5 | 7500 | 25 | 57,50 |
| Enérgie électrique de la Media Dordogna | Dordogna .... | L'Aigle .............. | 82 | 34000 | 162 | 84 |
| | — | Le Chambon ......... | 39 | 20000 | 25 | 40 |
| | — | Argentat-aval ........ | 6 | 3000 | » | » |
| | — | Argentat-amont ...... | 40 | 20000 | » | » |
| | Dordogna .... | Brivezac ............. | 13 | 8000 | » | » |
| | — | Betaille .............. | 15 | 10000 | » | » |
| | Maronne .... | Saint-Pierre .......... | » | » | 90 | 59,50 |
| | — | Saint-Geniez.......... | 120 | 7500 | » | » |
| | — | La Roquebrie ....... | 55 | 4000 | » | » |
| Société hydro-eléctrique de la Cère | Cère ......... | Saint-Etienne-Cantalès. | 57 | 5400 | 75 | 55 |
| | Truyère ...... | Pradal .............. | 65 | 8000 | 150 | 67,50 |
| | — | Lanau ............... | 30 | 4500 | » | » |
| | — | Couesques........... | 55 | 14000 | » | » |
| | — | Entraygues........... | 12 | 3500 | » | » |
| Société des Forces Motrices du Lot | Lot ......... | Nayrac ............... | 60 | 11000 | » | » |
| | — | Espayrac ............ | 10,5 | 5000 | » | » |
| | — | Vieillevie ............ | 10,5 | 5000 | » | » |
| | — | Saint-Parthès ........ | 11 | 6000 | » | » |
| | | TOTALE.............. | | 195900 | | |

(*) La potenza normale disponibile ha per espressione 7 Q H, supponendo un rendimento convenzionale globale (meccanico ed elettrico) di 0,7; per quanto sia notorio che si arrivi a valori superiori come 0,80 e 0,85.

del grafico. Il Massiccio Centrale può accettare infatti l'enorme elasticità che gli impone questa collaborazione perchè le sue vallate si prestano segnatamente alla creazione di grandi bacini

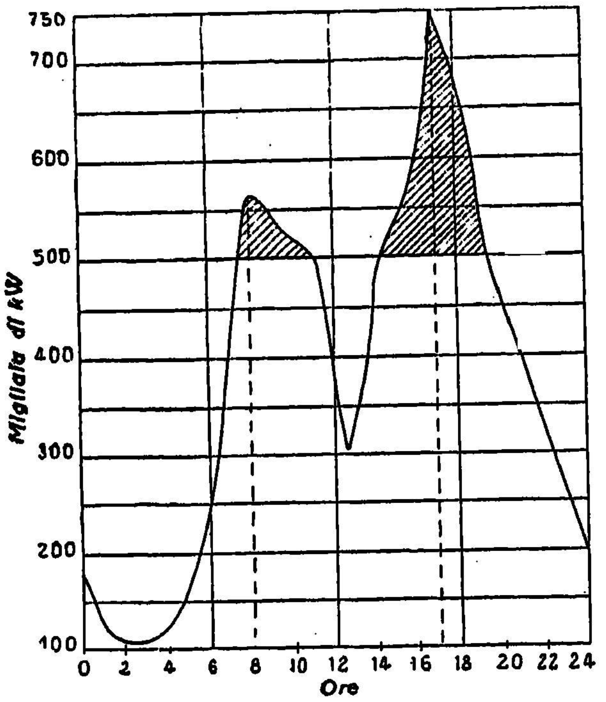



Fig. 2. - Grafico del consumo giornaliero di energia a Parigi, in inverno.

di compenso; in base a ciò, e disponendo le centrali di gruppi generatori in eccesso, risulta possibile di concentrare su qualche ora la produzione di una giornata di alcuni impianti.

*Utilizzazione delle cadute del Massiccio Centrale.*

Da oltre una diecina d'anni è in corso la valorizzazione dei vari salti, il cui sviluppo è però disciplinato dalle esigenze del consumo dell'energia. Le principali centrali ora in servizio sono: quella di Eguzon sulla Creuse funzionante dal 1926; quelle di Coindre e di Rochele-Peyroux dal 1927; quella di La Mativie dal 1928 e quella di Laval-de-Cère dal 1930. Sono in corso di costruzione quelle di Brommat e di Sarrans sulla Truyère, di Marèges sulla Dordogna e di La Cellette sullo Chavanon. Numerose altre centrali sono in progetto.

Le caratteristiche degli impianti funzionanti e di quelli in corso di utilizzazione, sono riportate nel quadro comparativo di cui alla Tab. I. La Tab. II invece si riferisce agli impianti in progetto.

*Collegamenti con i grandi centri di produzione e di consumo.*

Numerose importanti linee assicurano l'afflusso dell'energia ai centri di consumo, oltre quelle che portano nella regione parigina. Alcune di queste sono già in esercizio, altre sono in costruzione. Fra le prime vanno menzionate: la rete che collega il bacino della Dordogna con Parigi; una linea a 220 kV della Compagnie d'Orleans passante per Eguzon, collega il bacino della Truyère con la zona di Parigi, con una capacità di trasporto di 100 000 kW; un'altra linea pure a 220 kV collega il Massiccio Centrale con l'Ovest della Francia. Inoltre è in progetto la rete generale ad alta tensione che collegando i vari impianti alimenterà tutte le regioni della Francia. Sono poi in corso linee per gli scambi fra il Massiccio Centrale, regione a regime fluviale con magra estiva, e le Alpi che sono a regime glaciale con magra invernale. Con questi scambi naturalmente la funzione regolatrice dei serbatoi del Massiccio Centrale verrà spostata al periodo invernale, specie nei mesi di ottobre e febbraio che si presentano con scarse precipitazioni, e in ogni caso migliorando le regolazioni estive nei periodi di fortissime magre.

Ru.

---

## LA DIGA DI HOGAN PER LA REGOLAZIONE DEL FIUME CALAVERAS

*Eng. News Rec.*, Vol. 107, N. 2, 9 luglio 1931, pag. 46.
*Die Bautechnik*, 19 febbraio 1932.

In vicinanza della città di Stockton (California) è stata recentemente ultimata una diga alta m 42,50 sul piano di fondazione il cui scopo è quello di creare un invaso atto alla regolazione del fiume Calaveras.

Si tratta di una diga ad arco a raggio variabile, cui fa seguito, sulla sponda destra, una diga rettilinea a gravità. Nel corpo della diga sono ricavate 9 aperture a quota variabile di 2 m di diametro, ed una in profondità di 90 cm di diametro. Tutte le aperture sono provviste di gargami per potervi allogare, in un secondo tempo, delle paratoie di manovra ed utilizzare l'invaso anche a scopi irrigui.

Nella fig. 1 è visibile la forma caratteristica della diga che ha il coronamento sporgente al disopra della base verso valle in mezzaria e verso monte alle imposte. Detto coronamento ha un raggio di 109 m ed uno sviluppo di m 187. Sulla sponda sinistra la diga termina in uno sbarramento a direzione circa tangenziale a quella degli archi ed è del tipo a gravità. Sulla sponda destra invece essa è impostata su un contrafforte costituito da un blocco in muratura. Su questo blocco e da esso separata da un giunto di dilatazione, si intesta una seconda diga ad arco che

termina in una parte rettilinea e a gravità (fig. 1) cui fa seguito un argine in terra. La forma finale dello sbarramento è dovuta a successive modifiche che risultarono necessarie in sede di lavoro per la natura del terreno di fondazione.

Gli archi orizzontali sono calcolati in modo che ciascuno di essi è capace di resistere all'intero carico idrostatico senza superare uno sforzo massimo di compressione di 44 kg/cm² e senza essere sollecitato a trazione.

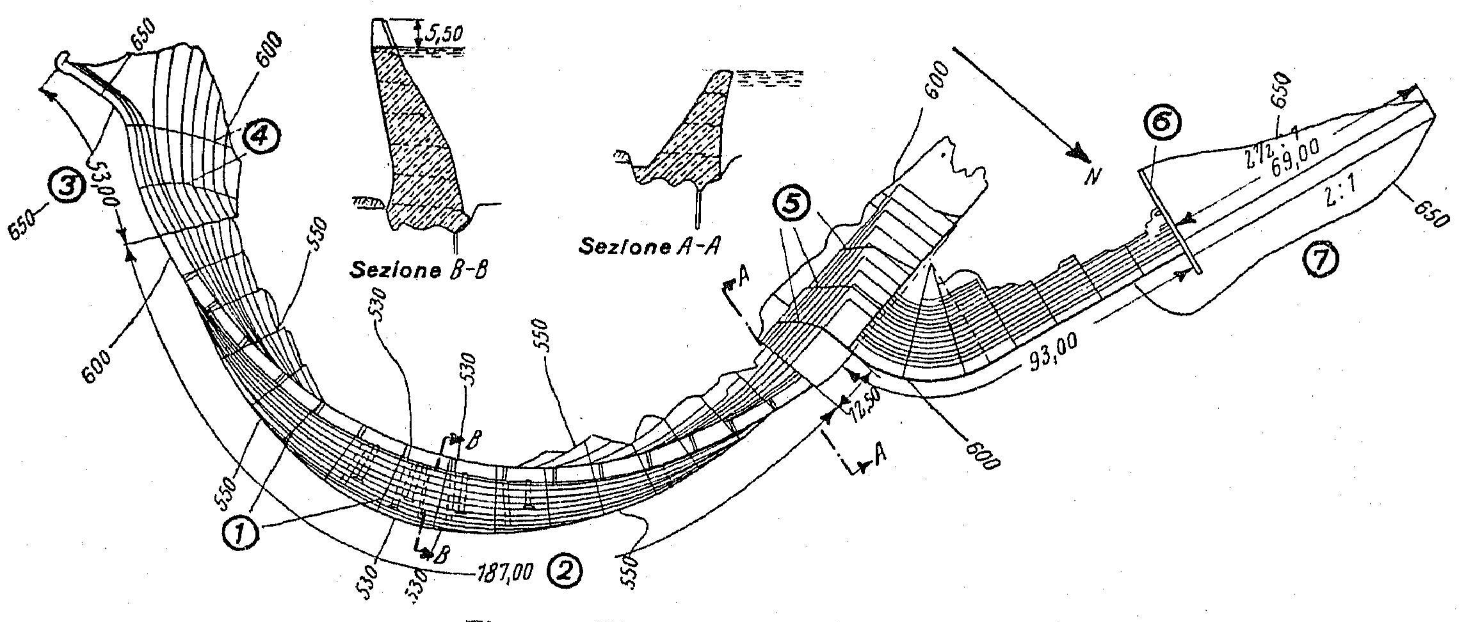



Fig. 1. - Pianta della diga di Hogan.

1) Giunti di dilatazione. 2) Diga ad archi sovrapposti. 3) Spalla. 4) Giunti con incastri a cassettoni verticali e orizzontali. 5) Giunti con incastri a cassettoni verticali. 6) Muro di appoggio. 7) Argine in terra.

Lo strapiombo del coronamento nel mezzo della diga e verso valle è di m 5,20. Alle spalle, come si è detto, lo strapiombo del coronamento è verso monte ed in questo punto la risultante del peso esce dal terzo medio della base. Perciò in queste posizioni bisogna poter contrastare lo sforzo di trazione con speciale cura. Ogni 12 m circa l'arco è tagliato con giunti di dilatazione eseguiti con opportuni incastri sulle pareti affiancate in modo da impedire eventuali scorrimenti. Questi giunti, ad assestamento avvenuto, possono essere iniettati di cemento. Alle spalle tali giunti hanno addirittura degli incastri a cassettoni (fig. 2) per poter meglio resistere agli sforzi di taglio.

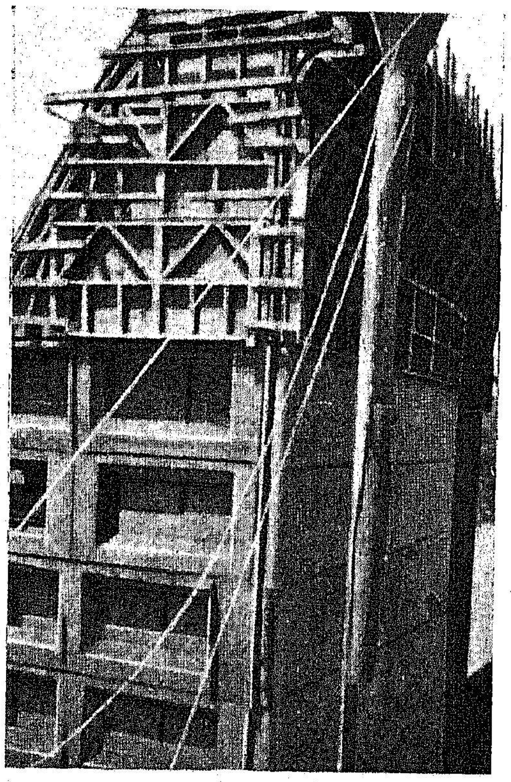


Fig. 2. - Diga di Hogan. Giunto di dilatazione verso le imposte.

La portata complessiva delle dieci aperture viene stimata di 465 m³/sec. Inoltre nella parte centrale della diga, e precisamente per uno sviluppo di m 105, esiste uno sfioratore di superficie la cui soglia è a m 3,50 al di sotto del piano del coronamento. Lo strapiombo della parete della diga verso valle fa sì che anche in caso di tracimamento l'acqua non possa erodere il piede del manufatto.

G.R.M.

---

## LA DIGA DI HOOVER ED IL RAFFREDDAMENTO DEI CALCESTRUZZI

*La Revue Industrielle*, agosto 1932. – Ing. E. Marcotte.

L'andamento della temperatura del calcestruzzo, durante la presa ed i primi giorni dell'indurimento, forma oggetto del massimo studio, specialmente nel caso di grandi sbarramenti costruiti in zone ove la temperatura ambiente ha già valori elevati, come accade per alcune regioni dove essa si mantiene al disopra di 40° per parecchi mesi dell'anno.

Le precauzioni più usate riflettono l'impiego di moderatori di presa come il gesso, il cloruro di calcio, ecc. o l'adozione di cemento magro meno sensibile agli effetti di temperatura, costituito com'è noto da cemento puro e sabbia finissima. Fra tutti gli inconvenienti il maggiore, che forma l'oggetto della nota del Marcotte, è dato dalla variazione di volume del calcestruzzo conseguente alla variazione della temperatura: in particolare il ritiro può avere conseguenze gravissime per alcune opere. Per queste considerazioni gli Americani, hanno escogitato opportuni rimedi per evitare gli effetti dannosi nel caso dello sbarramento di Hoover, in costruzione nel Colorado, con una temperatura estiva di circa 40°. Per essi il raffreddamento del calcestruzzo verrà effettuato durante la presa e per il periodo più critico di stagionatura.

La diga è costituita da grossi blocchi collegati a mezzo di iniezioni di malta di cemento, nei giunti di costruzione; il raffreddamento si otterrà facendo circolare dell'acqua fresca entro appositi tubi opportunamente inseriti nel conglomerato. È questo il primo tentativo fatto di raffreddare grandi masse di calcestruzzo durante la presa e l'indurimento, allo scopo di evitare le fessurazioni delle murature.

Nel caso in esame i blocchi verranno disposti in modo da formare delle colonne distinte, con una base di mq 15×15. Il lavoro procederà contemporaneamente su più colonne, così un giorno si eseguirà una gettata di m 1,50 di altezza su di una colonna, il giorno successivo si passerà ad un'altra colonna, lasciando passare 72 ore avanti di ritornare alla prima; in 30 giorni non si debbono eseguire gettate superiori a m 10,5 di altezza. Man mano che la costruzione avanzerà si disporranno i tubi per la circolazione dell'acqua, la quale verrà immessa 6 giorni dopo la gettata, alla temperatura ambiente, e sarà poi ridotta a 22°, progressivamente, in 54 ore; si avranno circa 250 km di tubi di circolazione. I giunti dei blocchi saranno dentellati, presentando le superfici di contatto normali agli sforzi principali, e a ritiro completo verrà iniettato il cemento per il collegamento.

La resistenza del calcestruzzo è stata prevista di 175 kg/cmq, con un lavoro unitario limitato a 32 kg/cmq alla compressione, e 8 kg/cmq a trazione.

Le gettate verranno eseguite a mezzo di benne della capacità di 6 mc, le quali deporranno il conglomerato direttamente in posto.

I lavori verranno eseguiti previa costruzione di 4 gallerie per la deviazione delle acque del fiume, del diametro di m 15 e lunghe m 1200, e di due dighe provvisorie di cui una a monte dello sbarramento, alta m 25, e l'altra a valle, per impedire il ritorno delle acque. I cantieri assumeranno un aspetto grandioso se si pensa all'imponenza dei lavori per i quali verranno impiegati 3500 uomini, che costituiranno un paese nella regione deserta distante 40 km dalla più vicina città: Las Vegas (Nevada). La diga Hoover avrà un'altezza di 22 m e formerà un lago artificiale di 160 km di lunghezza e di 37 miliardi di mc. Esso risponderà ai seguenti quattro scopi: contenimento delle piene; produzione di forza motrice; irrigazione di vaste zone desertiche e fornitura d'acqua potabile alla città di Los Angeles. La spesa, compresa la centrale che avrà un milione di HP installati, è valutata a 120 milioni di dollari; la durata dei lavori è prevista di 7 anni.

Data l'importanza dell'argomento riportiamo integralmente la bibliografia citata dall'A.

Ru.

1) *Journal of American Concrete Institute*, vol. 2, n.° 5, Genn., 1931, pag. 385: « Properties of mass concrete ».
2) *Concrete and Constructional Engineering*, vol. 26, n.° 5, Maggio 1931, p. 311: « Temperature of maturing of concrete with rapid-hardening cement ».
3) *Engineering News Record*, vol. 93, n.° 24, Dic. 11, 1924, p. 964: « Taking concrete temperature dam during process of setting ».
4) *Eng. News R.*, vol. 99, n.° 24, Dic. 15, 1927, pag. 955: « Heat changes during setting of allumina and portlands cements ».
5) *Western Construction News*, vol. 6, n.° 15, Agosto 10, 1931, p. 411: « Setting heat and concrete temperature ».
6) *Conc. and Constr. Eng.*, vol. 26, n.° 10, Ott. 1931, p. 572: « Temperature rise of concrete ».
7) *Pit and Quarry*, vol. 23, n.° 10, Febb. 10, 1932, p. 77: « Temperature influence on setting of cements ».
8) *Concrete*, vol. 26, n.° 6, Giugno 1925, p. 197: « Factors in cement setting ».
9) *Beton Strasse*, vol. 3, n.° 5, Maggio 1, 1928, p. 130: « Heat variations during the setting of alumina and Portland cements ».
10) *Eng. News R.*, vol. 102, n.° 23, Giugno 6, 1929, p. 913: « Setting temperatures in concrete bridge piers ».
11) *Journ. of Am. Conc. Ins.*, vol. 2, n.° 4, Dic. 1930, p. 102: « Reactions during setting and hardening process of cement ».
12) *Bulletin* 26, University of Texas Eng. Res. Series, Austin, Texas, 1928: « Relation between strength of Portland Cement Mortar and its temperature at time of test ».
13) *Great Britain Dep. of Science and Int. Res.*, Build. Res. Spec. Rep. n.° 13, H.M.S. Office, 1929: « Effect of temperature on the setting times of cements ».
14) *Conc. and Const. Eng.*, vol. 25, n.° 10, Ott. 1930 p. 571: « Effects of temperature and shrinkage on concrete ».
15) *C. and C. Eng.*, vol. 25, n.° 10, Ott. 1930, p. 566: « Temperature and cement ».
16) *Eng. News R*, vol. 102, n.° 8, Febb. 21, 1929, p. 323: « Effect of temperature on Strength of Concrete ».
17) *Washington University Experiment Station Series*, n.° 43, 1927: « Comparison of the effect of high temperatures on concrete, etc. ».
18) *Cement and Cement Manufacture*, vol. 3, n.° 3, Marzo 1930, p. 430: « The behavior of cement, aggregates and concrete at high temperatures ».
19) *Eng. News R.*, vol. 102, n.° 5, Genn. 31, 1929, p. 179: « Effect of temperatures on strength of concrete ».
20) *Ingenieria*, vol. 33, n.° 4, Apr. 1929, p. 163: « Effects of temperature in concrete masses ».
21) *Cement and Cement Manufacture*, vol. 2, n.° 6, Giugno, 1929, p. 159: « Effect of temperature on cement ».
22) *Pit and Quarry*, vol. 13, n.° 6, Dic. 22, 1926, p. 55: « High temperature on hardened cements ».
23) *Eng. News R.*, vol. 94, n.° 8, Febb. 19, 1925, p. 320: « Early high temperatures in alumina cement concrete ».

---

## d) UN PROCESSO DI COSTRUZIONE DEL CALCESTRUZZO NELLA STAGIONE INVERNALE

*Der Bauingenieur*, 22 marzo 1932. – K. A. Pohl.

Si tratta di un nuovo procedimento proposto dall'Ing. Ginsburg e sperimentato in Russia. In questa nazione si manifestano ancor più sensibilmente gli inconvenienti che si presentano un po' ovunque per i lavori in calcestruzzo e cemento armato durante la stagione invernale, inconvenienti che possono consigliare, nella pluralità dei casi, la sospensione del lavoro durante il periodo di gelo.

È notorio che, se durante la presa del cemento interviene il gelo, la presa stessa viene arrestata per il congelamento dell'acqua di impasto. Se il fenomeno si ripete per qualche volta tutta la gettata di calcestruzzo si sgretola in una massa priva di consistenza. Ginsburg ha osservato che se, prima di iniziare il fenomeno di presa, si fa congelare l'impasto già pronto nelle forme, esso può rimanere in quello stato latente per tutto l'inverno e cominciare la presa durante la primavera successiva, senza per questo aver di molto diminuite le sue proprietà di resistenza.

Il processo deve avvenire con speciali avvertenze:

I) Dimensionamento delle varie strutture.

Siccome il congelamento dell'acqua di impasto nel seno della massa porta inevitabilmente ad una minor compattezza del materiale bisognerà ridurre i carichi ammissibili del 10÷12%.

Inoltre, siccome uno strato superficiale del conglomerato può deteriorarsi, bisogna prevedere un maggior spessore di cm 0,5 in tutte le direzioni della struttura.

II) Procedimento esecutivo.

*a) Materiali.* – Il materiale deve tutto essere di ottima qualità, asciutto e assolutamente privo di impurità. La temperatura del materiale solido non deve superare al momento dell'impasto $+ 10°$ e quella dell'acqua $+ 5°$.

*b) Armature.* – I ferri devono essere solidali fra di loro e previsti sufficientemente distanti da quelli contigui per permettere un buon costipamento del materiale.

*c) Casseri.* – Devono essere molto robusti e atti a portare tutte le strutture formate di materiale che, non avendo ancora fatto presa, è pressochè incoerente.

*d) Esecuzione dell'impasto e della gettata.* – La preparazione e la gettata del calcestruzzo deve avvenire con continuità e rapidamente. Ogni 35 cm di spessore di nuovo impasto gettato bisogna provvedere ad un energico costipamento.

Se per forza maggiore occorresse interrompere il lavoro, alla ripresa occorre ravvivare la superficie della gettata già eseguita con acqua bollente in modo che questa penetri per uno spessore di 3-5 mm e successivamente la parte superficiale va asportata.

*e) Trattamento durante la presa in primavera.* – Il fenomeno della presa avviene in primavera in un periodo di 2-3 settimane. Il materiale, opportunamente coperto di un manto di sabbia protettiva va abbondantemente innaffiato e la sabbia che lo riveste ha lo scopo di distribuire l'acqua con uniformità. Tale innaffiatura viene contenuta finchè l'acqua sgocciola al disotto della struttura. Dopo 24 ore viene ripresa allo stesso modo.

Trattandosi di strutture verticali, l'innaffiamento viene fatto sui fianchi, oppure, meglio ancora, prevedendo dei fori nella massa in modo da poterla impregnare di acqua dall'interno verso l'esterno. Questi fori poi a presa ultimata possono venir chiusi con cemento fluido. Durante la presa bisogna proteggere il calcestruzzo dall'irraggiamento diretto del sole.

*f) Controlli del conglomerato.* – I controlli vengono eseguiti facendo avvenire la presa direttamente su provini formati con l'impasto impiegato e confrontandoli sia con quelli ottenuti facendo congelare la massa prima di far avvenire la presa, che con quelli mantenuti congelati tutto l'inverno prima di far avvenire la presa in primavera.

III) Considerazioni sulle condizioni del calcestruzzo.

*a) La porosità* resta naturalmente aumentata.

*b) La impermeabilità* può essere ottenuta aggiungendo all'acqua circa il 5% in volume di materia calcare.

***

L'autore dell'articolo osserva però che, contro i dati ottimistici comunicati dalla Russia per un impianto sperimentale costruito nel 1930 a Kostantinowsk (si trattava di uno stabilimento statale per la lavorazione dello zinco, costruito con temperature oscillanti tra i $-5°$ e $-20°$) sta il fatto che il metodo è irto di pericoli e difficoltà.

Anzitutto se in primavera si hanno degli sgeli seguiti da nuovi congelamenti bisogna isolare termicamente la gettata se non si vuole incorrere in spiacevoli conseguenze. In secondo luogo l'avere tutta una massa incoerente e per tutto l'inverno entro casseri non è certo un procedimento privo di difficoltà tecniche.

Dalle prove comunicate della citata costruzione russa la resistenza del calcestruzzo era di soli 127 kg/cm² dopo 28 giorni dall'inizio della presa. Tuttavia i risultati non sono stati osservati con sufficiente esattezza e tutto il processo a tutt'oggi può considerarsi più una curiosità tecnica, fonte di futuri perfezionamenti, piuttosto che un sistema acquisito della pratica.

G. R. M.

---

## e) APPARECCHIO PER LA MISURA DELLA VELOCITÀ DELL'ACQUA

*Wasserkraft und Wasserwirtschaft*, 2 marzo 1932. – Tschebotarew.

La misura della velocità dell'acqua in un corso naturale può presentare in alcuni casi delle particolari difficoltà. Durante le magre dei fiumi, l'acqua corre abbastanza veloce sulle soglie naturali esistenti negli alvei, ma in compenso la lama può avere una profondità tanto ridotta da rendere le misure col mulinello assai difficili. Viceversa laddove il letto del fiume è profondo ed incassato, l'acqua ha una velocità così piccola da non poter essere facilmente determinata con approssimazione sufficiente. Infatti i mulinelli hanno una inerzia propria che richiede al-

meno una velocità di 3÷6 cm/sec per muoversi e 5÷9 cm/sec per dare delle letture attendibili.

Onde aumentare la sensibilità del mulinello, l'Autore ha proposto di istallare quest'ultimo nella sezione contratta di un venturimetro. Infatti in tal modo la velocità dell'acqua viene aumentata in misura analiticamente prevedibile.

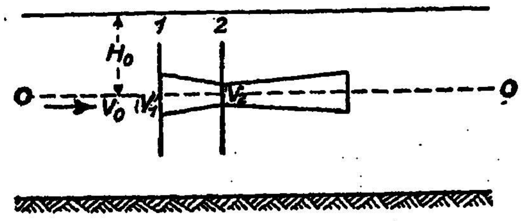



Fig. 1. - Venturimetro.

Dette $w_1$ e $w_2$ la sezione di ingresso e quella contratta del venturimetro, $v_0$ la velocità da misurare dell'acqua, $v_1$ e $v_2$ quelle all'imbocco e nella sezione contratta del venturimetro, (fig. 1) dalla equazione generale di Bernoulli e supposto di riferirsi ad un sistema di coordinate cartesiane giacenti in un piano passante per l'asse e con l'origine su di esso, si ha

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} \qquad (1)$$

Nel presente caso è $\frac{P_1}{\gamma} = H_0$ e $Z_1 = Z_0 = 0$.

Inoltre si può porre $v_1 = \beta v_0$ dove $\beta$ è un coefficiente di contrazione e

$$v_2 = \beta v_0 \frac{w_1}{w_2}$$

Risulta in definitiva che dalla (1) si ricava

$$H_0 - \frac{P_2}{\gamma} = \frac{(\beta v_0)^2}{2g} \left[ \left( \frac{w_1}{w_2} \right)^2 (\alpha_2 + \varphi) - \alpha_1 \right] \qquad (2)$$

Nel politecnico di Cracovia fu sperimentato un mulinello del tipo descritto allogato in un venturimetro la cui sezione contratta aveva un diametro di 5 cm. La sezione d'ingresso stava a quella contratta nel rapporto 4 a 1 e la sezione d'uscita aveva cm 10 di diametro.

Per velocità da 6 a 17 cm/sec dell'acqua, l'aumento di velocità massima entro il venturimetro era del 60%. Con un semplice calcolo analitico si è dedotto essere $\beta = 0{,}40$ e la perdita di carico in altezza piezometrica di cm 0,145.

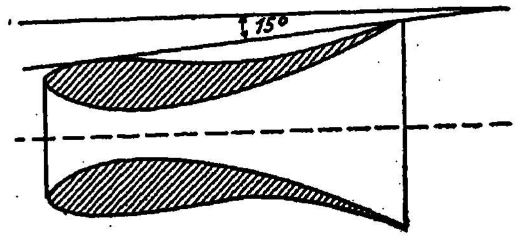



Fig. 2. - Venturimetro modificato secondo Ewiring.

Se fosse stato $\beta = 1$, l'incremento di velocità massima entro il venturimetro sarebbe aumentato nel rapporto da 1 a 4 e la perdita di carico in altezza piezometrica sarebbe diventata di cm 0,908. Onde migliorare i valori di $\beta$ il Dott. Ewiring ha dato al venturimetro la forma segnata nella fig. 2 dove appunto $\beta$ si avvicina all'unità. Con tale accorgimento sono possibili le misure di velocità fino ad un decimo di cm/sec.

G. R. M.

## f) CORROSIONE DOVUTA A CAVITAZIONE IN UN DIFFUSORE

*V. D. I.*, 21 maggio 1932, n.° 21. – H. SCHRÖTER.

Come è noto, si forma il fenomeno di cavitazione in un condotto percorso da un liquido, tutte le volte che la pressione del liquido stesso è minore della tensione del suo vapore. Conseguenza di questo fenomeno è, non solo un peggioramento del coefficiente di rendimento, ma altresì la rapida corrosione del materiale costituente le pareti del condotto. Queste corrosioni intaccano i materiali butterandoli e rendendone la superficie spugnosa ed il progredire del fenomeno è talvolta così inspiegabilmente rapido, che non può essere giustificato nè ammettendo un processo puramente chimico ed elettrico, nè uno puramente meccanico. Una teoria vera e propria in proposito non esiste ancora. Può essere un contributo al problema insoluto l'esposizione dei risultati sperimentali ottenuti operando sull'ugello della fig. 1 le cui pareti possono essere eseguite con materiali intercambiabili. Nella citata figura sono visibili la pianta e una sezione dell'ugello; ne è però mancante la parte di chiusura superiore, il cui profilo è identico

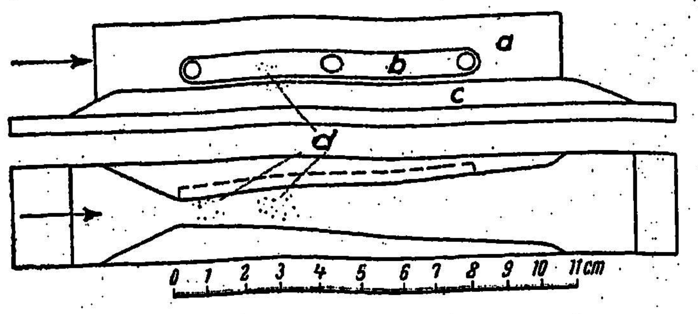
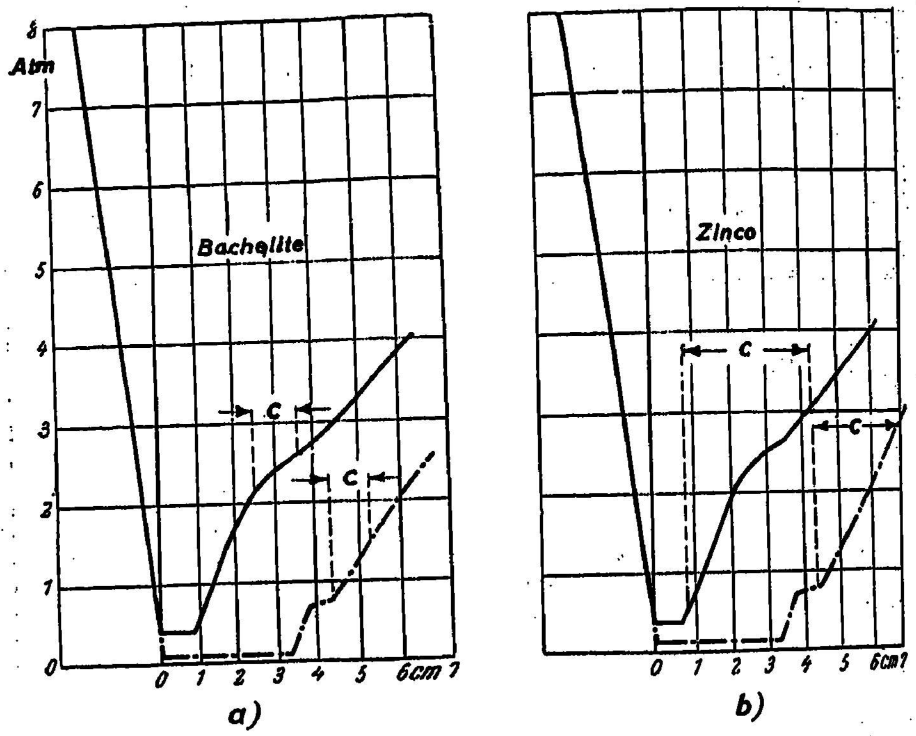



Fig. 1. - Ugello sperimentale.

*a*) Pareti in ferro. *b*) Pareti intercambiabili. *c*) Fondo in zinco. *d*) Corrosioni.

a quello delle pareti. La sezione di massima contrazione è di cm² 1.5. Per accelerare il fenomeno di corrosione è stato immesso un getto d'acqua alla pressione di 8 atm. in modo da raggiungere una velocità massima nella zona contratta di 44 m/sec (1).

Si è constatato che l'effetto della cavitazione aumenta con l'aumentare della pressione dell'acqua.




Figg. 2 *a*), *b*). - $C$ = zona di corrosione.

Dall'analisi del fenomeno, di cui alcuni casi sono illustrati nelle figure 2*a*), *b*) si vede come la cavitazione si verifichi laddove la pressione diminuisce rapidamente. Nel tratto successivo la pressione risale pure rapidamente e questo aumento non è regolare ma oscilla attorno a valori medi che sono appunto quelli indicati nei diagrammi. La corrosione delle pareti si manifesta per l'appunto dove la pressione risale e precisamente nel primo tratto di questa fase.

Furono fatte numerose esperienze con materiali diversi quali la ghisa, lo zinco, la bakelite. Si è potuto constatare che l'effetto della corrosione dovuto a cause elettrolitiche è minimo. Le esperienze più interessanti furono quelle eseguite con bakelite che è un materiale praticamente non attaccabile dagli agenti chimici che si liberano durante lo svolgimento dell'esperienza. Anche meccanicamente la sua resistenza è superiore a quella del vetro che in casi simili si corrode assai più rapidamente (2). Orbene anche la bakelite dopo 8 ore di durata ha mostrato le caratteristiche erosioni a forma di piccoli crateri di esplosione. Lo zinco si corrode invece dopo circa 25 ore, la ghisa dopo 20÷30 ore. L'aspetto delle corrosioni sta a giustificare la teoria di Föttinger (2) e di Ackeret (3) secondo cui al martellamento superficiale del liquido in pressione fa seguito una serie di esplosioni nelle zone di depressione. Il liquido stesso viene lanciato

(1) Per maggiori particolari sulla installazione vedere *V.D.I. Förschungsheft* N.° 114. H. HOCHSCHILD.

(2) H. F. FÖTTINGER: *Hydraulische Probleme*. Berlino 1926.

(3) I. ACKERET: *Experimentelle und theoretische Untersuchungen ueber Hohlraumbildung* «Techn. Mech. Thermodyn.» Vol. I (1930) pag. 1.

entro piccoli fori o scanalature preesistenti o create dall'urto. In questi fori i gas compressi nel liquido sotto carico, in mancanza di una contropressione adeguata esplodono creando dei piccoli crateri. Questi preparano la via a corrosioni dello stesso genere ma che progrediscono con l'andare del tempo.

G. R. M.

---

## g) L'ELETTRIFICAZIONE DELLA REGIONE NORD-EST DEL TERRITORIO DELLA U.R.S.S.

*Electritchestvo*, gennaio 1932 e *Technique Moderne*, 15 luglio 1932.

La regione nord-est della Russia ha una superficie di 1 000 000 di kmq, senza considerare le isole dell'Oceano Glaciale, con una popolazione di appena 2 376 000 abitanti, concentrata sulle rive dei grandi fiumi. La zona, salvo la parte vicina al mare, è coperta da foreste; esse occupano una superficie di quasi 80 milioni di ettari, cioè una cifra sbalorditiva se si confronta con le regioni come la Finlandia, la Svezia e la Norvegia che passano per molto boschive, e dove la parte coperta da foreste

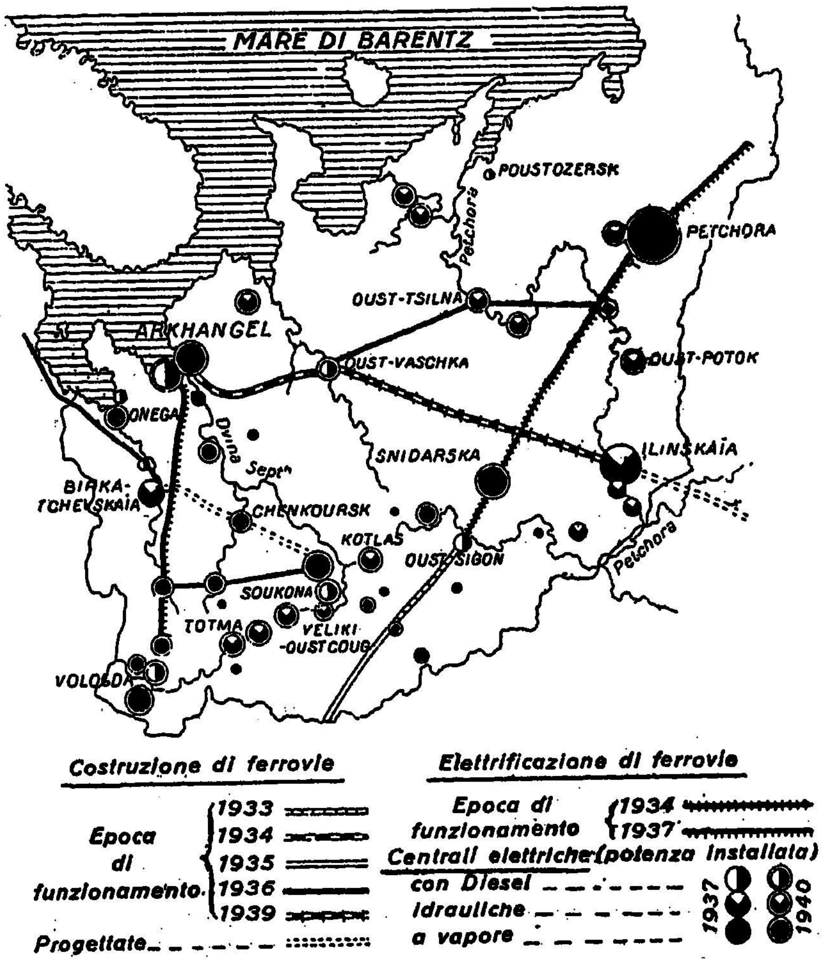



Fig. 1. - Piano di elettrificazione della zona nord-est della Russia.

raggiunge complessivamente i 56 milioni di ettari. Gli alberi che dominano sono i pini e gli abeti e il piano di sfruttamento prevede un ricavo di circa 60 milioni di mc di legno. La regione è ricca anche geologicamente, con giacimenti di gesso, quarzo, salgemma e poi giacimenti di ferro, di scisti bituminosi, carboni da coke, ligniti per 15 miliardi di tonn. ecc. Tutto ciò rappresenta una base potente per la creazione di industrie diverse, si comprende quindi l'importanza della elettrificazione, tenuto anche conto che le risorse idrauliche sono notevoli e così distinte: kW 100 000 ricavabili dal bacino dell'Onega, kW 121 000 dal Soukhona, kW 343 000 dalla Petchora superiore etc. Nè minori sono le sorgenti termiche fra combustibile solido, delle diverse qualità, e liquido.

I mezzi di comunicazione di cui dispone questa vasta regione sono ancora molto primitivi, e sono dati sopratutto dai fiumi che costituiscono le grandi vie di traffico, con uno sviluppo di km 94 253, di cui circa 75 000 navigabili, con tratti di quasi km 10 000 solcabili da piroscafi di grosso tonnellaggio. Tutti i fiumi sono diretti da nord a sud, fanno capo ad importanti porti e costituiscono delle potenti vie di comunicazioni marittime. Fra i porti citiamo quelli di: Arcangelo, libero di ghiacci per 205 giorni all'anno; di Onega, di Mezren e Petchora; altri sono in progetto. Le ferrovie attualmente comprendono l'unica linea Mosca-Arcangelo, lunga km 1136: numerose invece sono le linee in progetto di cui la maggior parte verrà elettrificata. Lo sviluppo stradale comprende km 32 356, con scarsissima circolazione di automobili; quello aereo è costituito da una sola linea che compie il tragitto Arcangelo Siktivkar.

Il progetto di valorizzazione riflette in un primo tempo la produzione di 1 232 000 kW, che saranno portati a 2 084 000 entro il 1940. Di questi: 932 000 kW saranno destinati alle industrie sorgenti e il rimanente verrà trasportato nella zona dell'Ural, che ne difetta. Una parte delle centrali sarà idroelettrica, l'altra termoelettrica, così suddivise: 802 milioni le prime, 1.282 milioni le seconde, con percentuali di 38,5 e 61,5 rispettivamente. Le centrali termiche utilizzeranno i combustibili locali, per un totale di 6 037 milioni di tonn., comprendenti torbe, ligniti e gli scarti derivanti dalla segatura delle foreste.

La potenza, delle maggiori centrali è così ripartita:

| | | |
|---|---|---|
| Petchora (alimentata con lignite) .... | kW | 400 000 |
| Snidarska (alimentata con torba) .... | » | 120 000 |
| Iiuskaia .............................. | » | 100 000 |
| Birkatchevkaia ........................ | » | 100 000 |

Seguono le centrali di media potenza da 20 000 a 84 000 kW installati, ed infine i piccoli impianti da 1 a 4000 kW destinati a fornire energia per scopi agricoli e per i lavori di taglio delle foreste, là dove non è economicamente conveniente estendere le reti di collegamento.

Questo progetto, partendo da un numero di ore di utilizzazione annua di 4850, prevede una produzione di 4,5 miliardi di kWh nel 1937 e 8,5 miliardi nel 1940.

Ru.

---

## h) ISOLATORI PASSANTI DIRETTIVE PER LA SCELTA DEI VARI TIPI

*Bulletin A.S.E.* N. 3, del 1932. - H. WIRTH.

*Il problema della costruzione dei passanti* si presenta sotto differenti aspetti negli impianti a bassa, media ed alta tensione. Nei primi l'isolatore deve soddisfare ad esigenze prevalentemente meccaniche; nei secondi vanno tenute presenti le più elementari qualità elettriche dell'isolante; negli impianti ad alta tensione, infine, il passante va calcolato sfruttando tutte le qualità elettriche dell'isolante e valutando le sollecitazioni dielettriche risultanti dalla distribuzione del campo elettrostatico. Le linee di forza, considerate come le tracce di superficie equipotenziali, danno un'idea chiara della ripartizione del potenziale nell'interno e lungo la superficie esterna dell'isolatore: la forma e le dimensioni di quest'ultimo devono essere scelte in modo da consentire una buona ripartizione del potenziale ed, a parità di altre condizioni, una diminuzione delle sollecitazioni dielettriche.

*Le qualità elettriche degli isolanti* hanno un'influenza di primo ordine sul comportamento dei passanti. Sono assai apprezzati

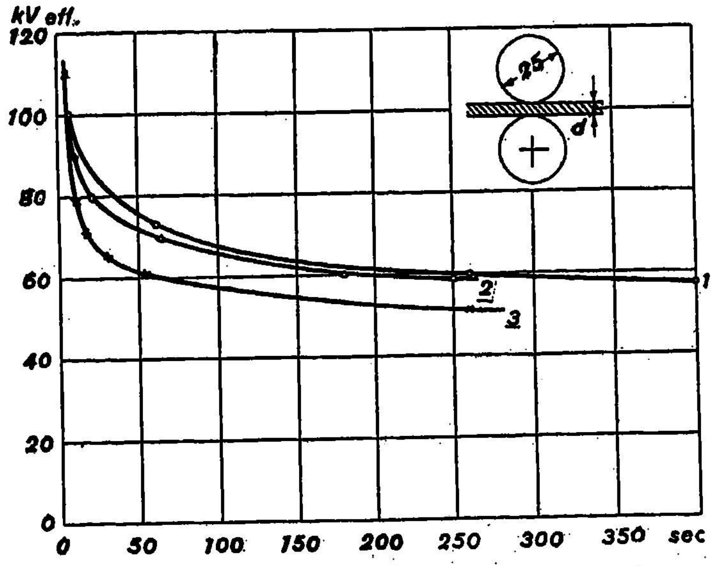



Fig. 1. - Tensioni di scarica per alcuni materiali (a 50 per/sec).
1 Ottima carta bachelizzata a 20° C, d = 2 mm
2 Sostanza fibrosa impregnata a 20° C } d = 3 mm
3 Sostanza fibrosa impregnata a 120° C }

sopratutto quei dielettrici solidi con perdite limitate e poco variabili con l'aumentare della temperatura, perchè posseggono una rigidità dielettrica elevata e poco influenzata dalla temperatura. La figura 1 dimostra che i materiali con piccole perdite ammettono, a freddo ed a caldo, tensioni di scarica elevate e relativamente poco decrescenti con l'aumentare della durata della prova.

Per tensioni di prova fino a 200 kV, trovano impiego *passanti massicci* caratterizzati da dimensioni e peso considerevoli a causa

della necessità di rimediare alla cattiva ripartizione del potenziale. La fig. 2 rappresenta alcuni passanti notevoli di questo tipo. Il più semplice *a*) è costituito da un tubo di carta bachelizzata che circonda il conduttore e porta, applicato sulla superficie esterna, il collare; l'isolatore *b*) in porcellana si presenta con superficie tondeggianti nelle zone di massima concentrazione delle linee di forza; il passante *c*) ha un anello connesso alla flangia ed incassato nel dielettrico solido, entro il quale si trova, pertanto, la zona di massimo gradiente; in *d*) è rappresentato, infine, un isolatore che possiede le seguenti caratteristiche: bordi in corrispondenza della flangia incassati in un dielettrico solido, forma studiata per ovviare sollecitazioni superficiali eccessive, collegamento in serie di materiali isolanti a diversa costante dielettrica.

La possibilità di ottenere tensioni di scarica assai elevate nei passanti massicci è stata realizzata con la costruzione *a condensatore*, la quale comporta, notoriamente, la suddivisione dell'isolatore ad alta tensione in un certo numero di passanti a bassa tensione collegati in serie. È possibile calcolare, per questi passanti, la distribuzione della tensione e ripartire la medesima fra i vari condensatori in modo da mantenere le sollecitazioni ai bordi entro determinati limiti. Si dimostra che una ripartizione radiale uniforme della tensione peggiora, in misura inammissibile, la ripartizione longitudinale e che, al contrario, una ripartizione longitudinale uniforme è compatibile con una buona ripartizione radiale.

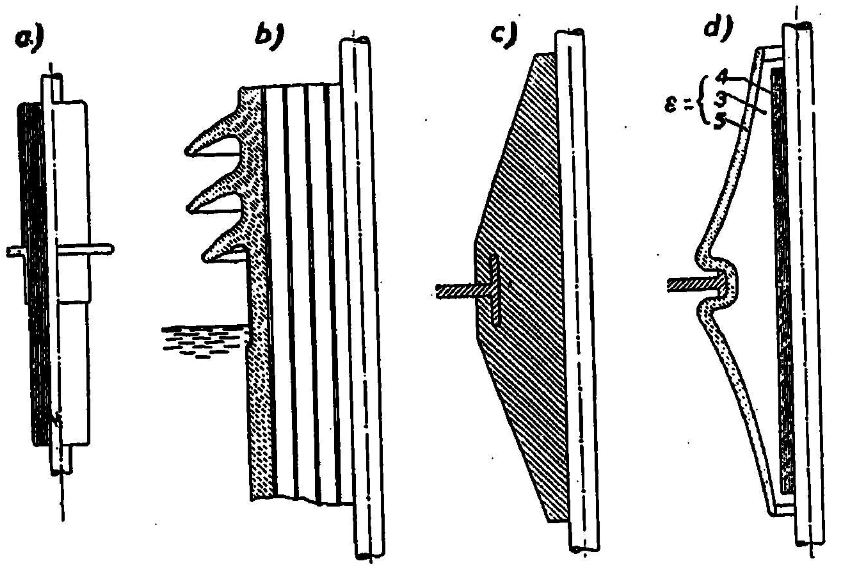



Fig. 2. - Passanti massicci.

Elementi caratteristici importanti degli isolatori passanti sono la « *tensione limite* » e la « *tensione di passaggio* ». La prima è la tensione massima che l'isolante può sopportare senza che la sua temperatura superi il valore massimo ammesso; la seconda separa il campo di stabilità da quello di labilità nell'equilibrio termico del dielettrico. La « tensione di passaggio » è messa in evidenza dall'andamento delle curve che esprimono le perdite in funzione del tempo; essa, come la « tensione limite », non dipende dalle dimensioni del passante ma soltanto dalla proprietà del materiale, dalle perdite dielettriche, dalla dipendenza di queste ultime dalla temperatura ed infine, dalla conducibilità termica del materiale. Per una determinata disposizione, la « tensione di passaggio » $V_k$ è una *costante dell'isolante* che si può esprimere matematicamente in funzione della conducibilità termica del materiale $\lambda$, delle perdite specifiche $p_t$ alla temperatura $t$ della flangia, del coefficiente $\beta$ che definisce l'incremento delle perdite in funzione della temperatura ($p_t = p_{40}\, e^{\beta(t-40)}$ per $t = 80 \div 100°$ C) e del coefficiente $k$ funzione del rapporto fra il diametro del conduttore interno e quello della flangia (per $d/D = 0{,}1 \div 0{,}3$, $k = 0{,}92 \div 0{,}81$), mediante la formula

$$V_k = 450\, k \sqrt{\frac{\lambda}{\beta\, p_t}}$$

I risultati sperimentali confermano che questa formula consente di ottenere valori molto prossimi a quelli reali.

Tipi di passanti che risultano dalla combinazione di vari materiali a costante dielettrica diversa sono rappresentati nella figura 3 in alto; i loro elettrodi sono circondati da un dielettrico fluido che consente una facile eliminazione del calore generato dalle perdite. In basso, in corrispondenza di ciascun passante, è rappresentata la ripartizione delle sollecitazioni in senso radiale, a partire dal collare, arrivando fino al conduttore centrale. Un passante a sollecitazione radiale ideale, corrispondente alle indicazioni della figura 3 *a*) non è evidentemente realizzabile per ragioni costruttive; si hanno invece esempi di esecuzione di passanti corrispondenti alla figura 3 *b*) (setti di carta bachelizzata, con o senza l'interposizione di armature metalliche, ed alla figura 3 *c*) (a condensatore con riempimento d'olio, tipo Micafil). È ovvio che una buona ripartizione del potenziale consente una razionale utilizzazione degli isolanti ed, a parità di tensione di prova, una accentuata diminuzione del peso dei passanti stessi. Questo risulta anche dal confronto seguente fra diversi tipi di isolatori per impianti all'aperto:

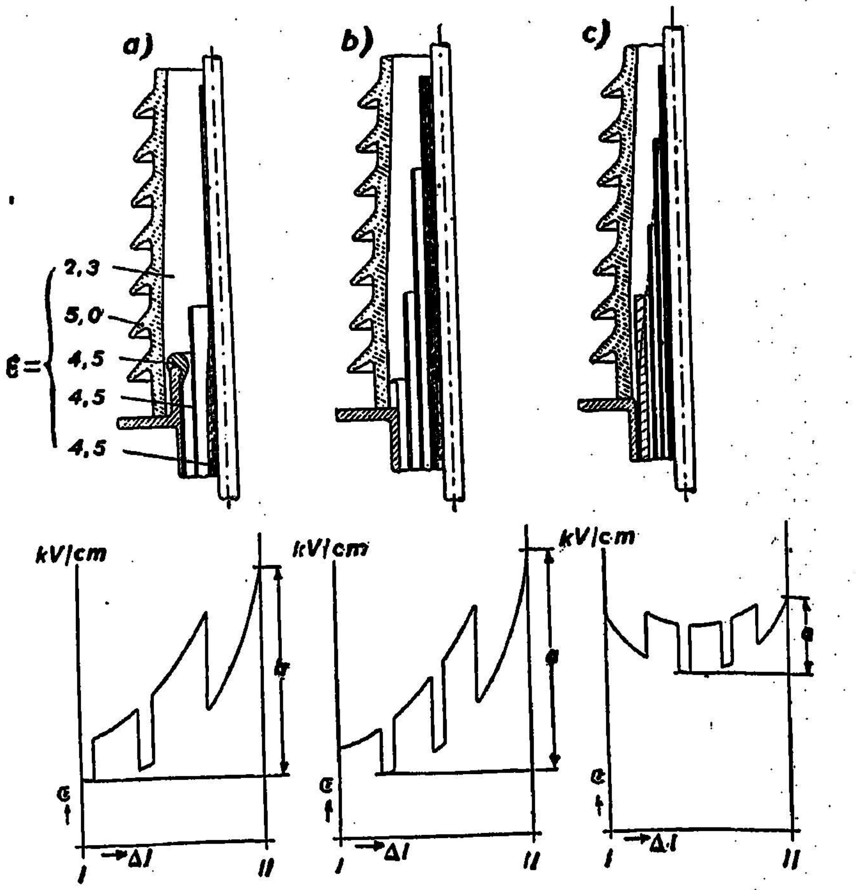



Fig. 3. - Passanti a riempimento d'olio.
*a*) Passante a sollecitazione ideale.
*b*) Passante comune.
*c*) Passante Micafil.

| | tensione di prova kV | peso senz'olio ca kg |
|---|---|---|
| passante a condensatore in olio per interruttore (fig. 3*b*)) | 450 | 1700 |
| passante a condensatore in olio per interruttore di tipo americano (fig. 3*b*)) | 500 | 1700 |
| passante a condensatore in olio, per interruttore (fig. 3*c*)) | 480 | 550 |
| passante a condensatore senz'olio | 500 | 480 |

Le *prove di tensione*, alle quali devono essere sottoposti i passanti, richiedono molta cura se si vogliono evitare le molteplici cause di errore. Sulla scorta di elementi forniti dall'esperienza, si ritiene opportuna, tanto a secco quanto sotto pioggia, una tensione di prova pari a $3{,}5 \div 2{,}3$ volte la tensione normale per la durata di $3 \div 5$ minuti. La formazione eventuale di scintille striscianti denota una cattiva ripartizione del potenziale. Per premunirsi contro gli inconvenienti derivanti dalle temperature elevate, i passanti massicci destinati a restare in servizio in ambiente a temperatura elevata (trasformatori) devono essere sottoposti ad una prova di durata con tensione uguale a $1{,}1 \div 1{,}3$ volte la tensione nominale. Sull'esecuzione di prove ad impulso mancano a tutt'oggi dati sufficienti.

Nell'esecuzione di prova di tensione sotto pioggia è necessario tenere presente l'influenza rilevante della resistenza specifica dell'acqua.

*La scelta* dei vari tipi di passanti può essere fatta sotto punti di vista diversi: fra questi l'A. cita i seguenti:

1) *Scelta secondo la tensione di prova.* - È opportuno attenersi alle seguenti norme:

| | | |
|---|---|---|
| per tensione di prova | $40 \div 50$ kV: | passante semplice, massiccio (fig. 2*a*)) |
| » » » » | da $50 \div 200$ kV: | passante massiccio, convenientemente studiato (figg. 2*b*), *c*), *d*)) |
| » » » » » | $50 \div 500$ kV: | passanti a condensatore, |
| » » » » » | $150 \div 500$ kV: | passanti a riempimento d'olio (fig. 3). |

Per tensioni di prova più elevate entrano in considerazione i passanti a condensatore in olio (figg. 3*b*), *c*)).

2) *Scelta da parte dei clienti.* - Le preferenze dei clienti, nella scelta dei passanti per alta tensione, sono assai varie e, secondo l'A., si possono così classificare:

*a*) I costruttori di apparecchi danno solitamente la preferenza ai passanti a condensatore, per motivi di ingombro.

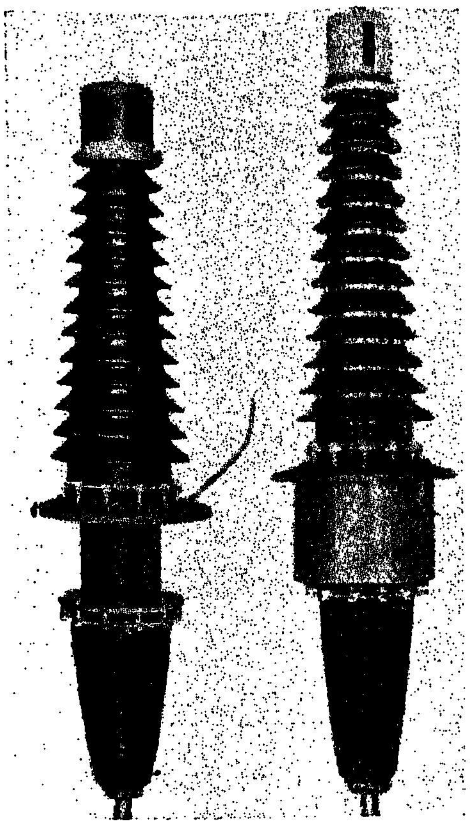


Fig. 4. - Passanti a riempimento d'olio per interruttori, 150/380 kV, con e senza riduttore di corrente.

*b*) Gli esercenti impianti elettrici preferiscono in parte i passanti a condensatore e per l'altra parte i passanti a riempimento d'olio.

*c*) Una piccola parte dei clienti compra soltanto i passanti di minor costo.

3) *Scelta in base alle esigenze della utilizzazione.* - Queste ultime esigenze rappresentano un fattore importante per la scelta del passante adatto. Come *passanti da parete* si scelgono isolatori di peso relativamente ridotto, facilmente maneggievoli e suscettibili di essere montati ovunque senza difficoltà. I *passanti per interruttori in olio* devono resistere alle sollecitazioni meccaniche che si verificano all'atto dell'interruzione dei corti circuiti; per piccoli interruttori a più poli occorrono isolatori di ingombro limitato. La fig. 4 rappresenta passanti a riempimento d'olio per 150/380 kV, uno munito e l'altro sprovvisto di riduttore di corrente. Per *trasformatori* si richiedono passanti aventi la parte inferiore di dimensioni ridotte e, generalmente, a tenuta. Alcuni esemplari a condensatore ed a riempimento d'olio sono visibili nella figura 5.

I *passanti terminali per cavi* sono sottoposti a sollecitazioni dielettriche accentuate dovute alle limitate dimensioni dei bordi, adeguate al diametro sempre relativamente ridotto del cavo. È necessario aumentare quest'ultimo diametro onde evitare un'eccessiva concentrazione del potenziale ai bordi del passante.

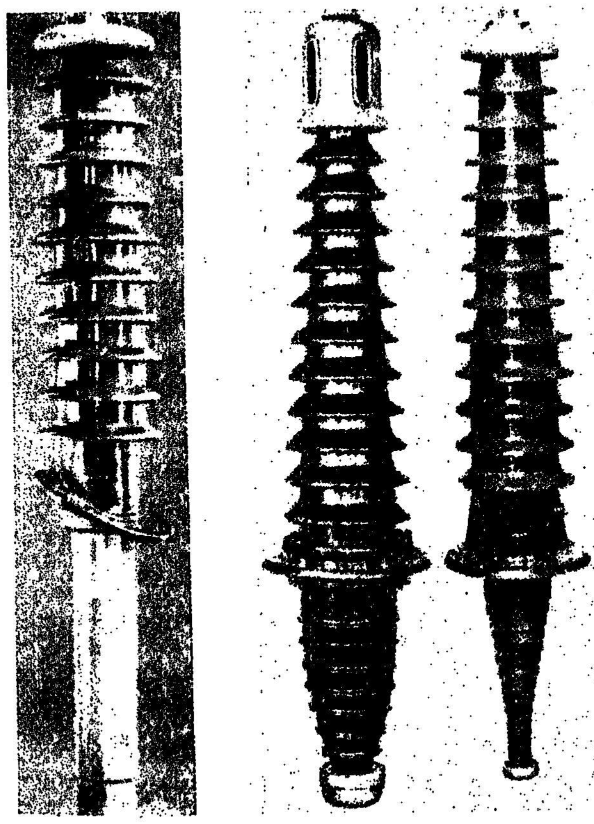


Fig. 5. - Passanti per trasformatori.

Per *scopi speciali* è sempre possibile l'esecuzione di passanti adatti ed appositamente calcolati; il tipo a condensatore è da preferirsi perchè più semplice ne è l'esecuzione, più limitato il peso, ecc.

Sussiste in ogni caso, come dimostra l'A., l'opportunità di seguire criteri uniformi nella scelta di una serie di passanti.

d. m.

---

**ALCUNI RECENTI PROGRESSI NEL PROGETTO DI RELAIS PER LA PROTEZIONE DEI CIRCUITI A CORRENTE ALTERNATA.**

*The Institution of Electrical Engeneers*, maggio 1932. – C. L. LIPMAN

I relais studiati sono tutti del tipo ad induzione e si possono considerare suddivisi in 4 gruppi:

1) gruppo I che comprende il più semplice tipo di relais,

2) gruppo II comprende i relais del tipo differenziale,

3) gruppo III si riferisce ad una categoria di relais in cui quello principale è servito da uno ausiliario,

4) gruppo IV comprende i tipi di relais che possono soddisfare alla condizione più gravosa di potere essere impiegabili in qualunque caso prevedibile.

GRUPPO I. – RELAIS NORMALI.

*Principi e meccanismo.*

I relais di questo gruppo constano essenzialmente di una armatura fissa e di un cilindro mobile di alluminio (fig. 1) nel cui interno sta un nucleo crociforme e fisso. L'avvolgimento principale $P$ genera il flusso $F_p$: quello secondario $S$ genera un flusso $F_c$. La resistenza $R$ rappresenta il carico sul secondario.

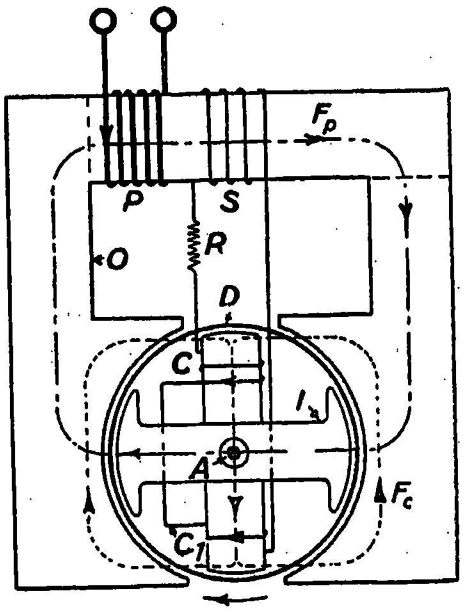



Fig. 1. - Circuiti elettrici e magnetici dei relais di sovraccorrente del gruppo I.

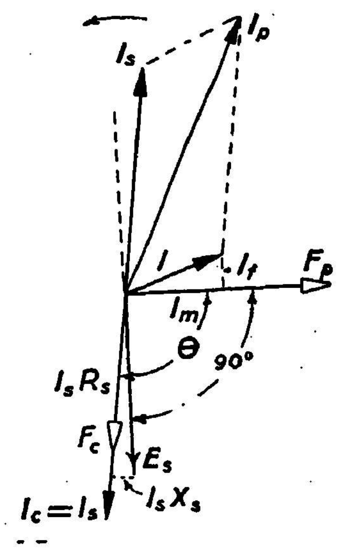



Fig. 2. - Diagramma vettoriale dei relais del gruppo I.

I flussi $F_p$ e $F_c$ risultano spostati fra di loro di un angolo $\Theta$ che è lievemente maggiore di 90°. Ciò si vede dalla fig. 2 dove $E_s$ è la f.e.m. indotta sull'avvolgimento secondario, $I_c$ è la corrente che percorre la spira $C$, che è manifestamente uguale a $I_s$, dell'avvolgimento $S$.

L'Autore dimostra che il momento motore è proporzionale a

$$I^2_p \text{ sen } \Theta$$

(Gli avvolgimenti $P$ ed $S$ sono in pratica concentrici e non affiancati). Il vantaggio di questo tipo di relais consiste nel fatto che l'equipaggio mobile è assai leggero, e il consumo in VA piccolissimo. Inoltre gli avvolgimenti $P$ e $S$ possono essere sia ampermetrici che voltmetrici, oppure l'uno può essere ampermetrico e l'altro voltmetrico. L'impedenza del circuito può essere piccolissima o grande a piacere.

*Applicazioni.*

Simile tipo si presta per la costruzione di

1) Relais istantanei per sovracorrenti.

Basta contrastare il tamburo mobile con una molla regolabile e munire il tamburo stesso di un'appendice che chiude un contatto ausiliario atto ad agire sugli interruttori. Il ritardo di funzionamento del relais può scendere a 0,02 sec e la prestazione a 0,2 VA.

2) Relais di sovraccorrente con caratteristica di tempo inversamente proporzionale al carico.

In questo caso si fa $F_c$ parallelo a $F_p$ (fig. 3) e si frena il tamburo di alluminio con una calamita $M$. Inoltre in $Z$ è prevista una serie di prese atte a far sì che l'assorbimento in VA sia pressochè costante per differenti intensità.

3) Relais di sovraccorrente a tempo costante.

Sono relais del tipo simile a quello descritto in 1) con l'aggiunta di un movimento di orologeria che è messo in azione dall'intervento del relais e che regola lo scatto dell'interruttore dopo il tempo voluto.

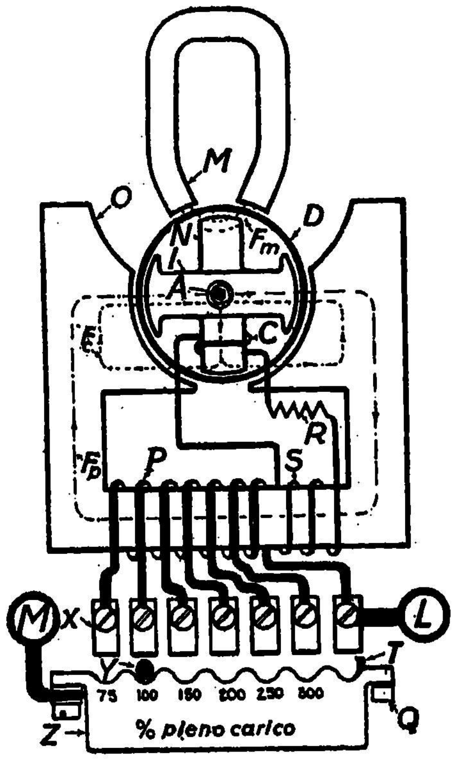



Fig. 3. - Relais a sovraccorrente con caratteristica di tempo inversamente proporzionale al carico.

4) Relais di sovraccorrente con caratteristica di tempo inversamente proporzionale al carico e con tempo minimo costante.

Questi apparecchi sono costruiti sul principio di quelli della fig. 3, con la variante che il nucleo è come nella fig. 4. La parte che sopporta l'avvolgimento principale e secondario è a sezione deficiente, in modo che il ferro, da un certo carico in su è saturo ed il tempo minimo di azione del relais rimane costante. La caratteristica tempo può essere aumentata di una quantità costante inserendo un settore dentato che ingrana su un pignoncino e che ritarda l'intervento dell'apparecchio.

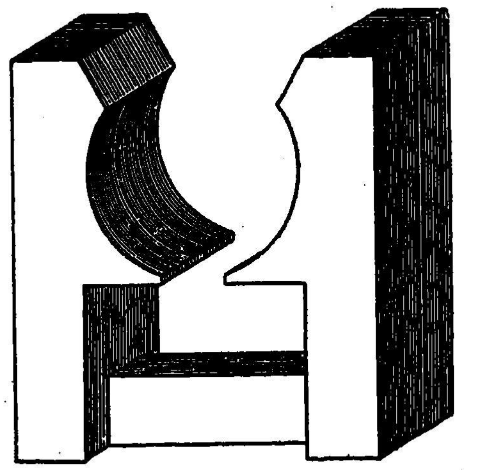


Fig. 4. - Nucleo magnetico per relais con caratteristica di tempo inversamente proporzionale al carico e con tempo minimo costante.

5) Relais per sovracorrenti verso terra.

Si è trovato essere più conveniente l'impiego di relais del tipo 4) anzichè del tipo 1).

6) Relais di sovratensione verso terra.

Sono ancora del tipo 4) con la variante che l'avvolgimento principale è voltmetrico e non ampermetrico. Lo schema di connessione del relais alla linea è solitamente quello della fig. 5 dove si osserva che il neutro dell'avvolgimento primario del relais è a terra.

7) Il relais wattmetrico istantaneo.

La fig. 6 indica schematicamente il relais wattmetrico istantaneo. L'avvolgimento voltmetrico V è alimentato da quello $S$ che funge da secondario dell'avvolgimento $P$. Gli altri avvolgimenti sono chiusi in c.c. e servono per le correzioni di fase.

Il momento motore è dato da $VA$ sen $(90° - \Theta) = VA \cos \Theta$ e ciò per il fatto che quando $V$ e $A$ sono in fase i flussi $F_p$ e $F_c$ sono in quadratura. La resistenza $R_1$ serve per la messa a punto di quest'ultima condizione.

La polarità di $C$ e $P$ è tale che, per un carico in un dato senso, l'equipaggio mobile può essere costretto contro un fermo; invece se il carico viene fornito in senso opposto il relais interviene subito. L'effetto dell'avvolgimento $V$ (che è direzionale) è tale da assecondare o contrastare quello di $C$. Perciò a voltaggio costante, quando l'effetto di $V$ è contrastante, il momento motore prodotto da $C$ deve crescere fino a superare il primo. In caso di c.c. quando il voltaggio precipita di colpo, l'azione del relais diventa perciò pressochè istantanea.

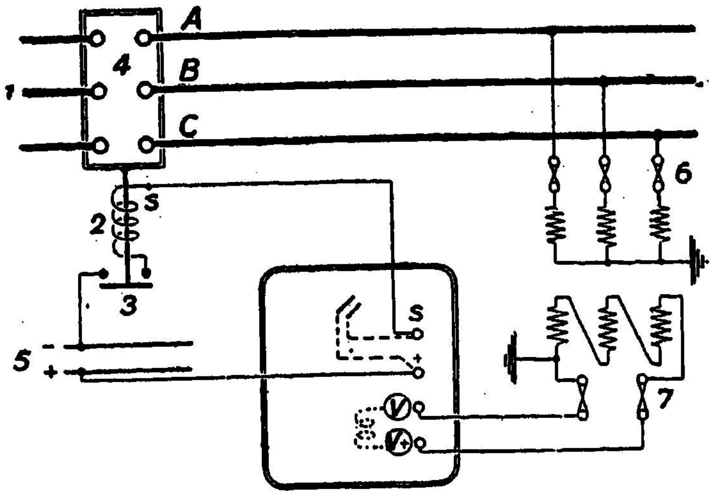



Fig. 5. - Relais per sovraccorrenti verso terra.

1) Sorgente di energia principale. 2) Elettromagneti. 3) Interruttore ausiliario. 4) Interruttore principale. 5) Sorgente energia ausiliaria.

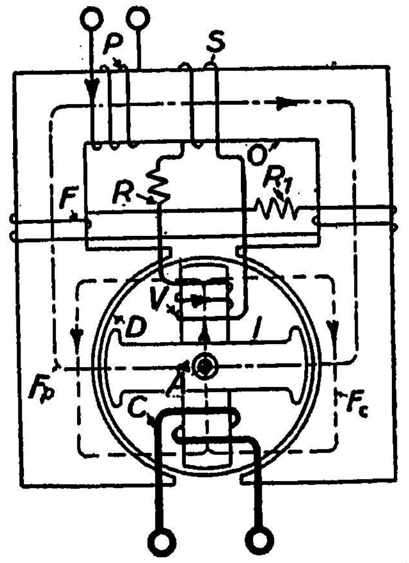



Fig. 6. - Relais wattmetrico con caratteristica di tempo inversamente proporzionale al carico.

8) Relais wattmetrico con caratteristica di tempo variabile.

Questi sono del tipo già descritto, con un ritardatore meccanico costituito da un disco dentato che ingrana in un pignoncino.

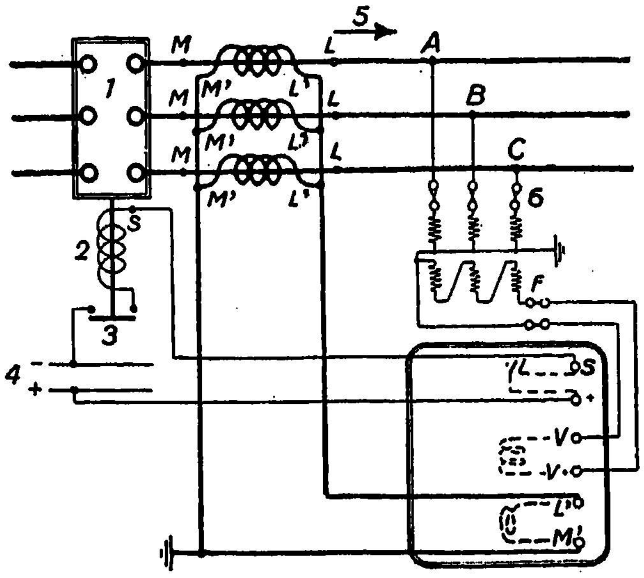



Fig. 7. - Connessioni del relais direzionale per c. c. a terra.

1) Interruttore principale. 2) Elettromagnete. 3) Interruttore ausiliario. 4) Corrente ausiliaria. 5) Direzione della corrente principale. 6) Valvole alta tensione.

9) Relais direzionale di sovracorrente.

Combinando il relais wattmetrico (che è direzionale) con uno a sovracorrente, sia questo istantaneo, a tempo minimo costante, a tempo inversamente proporzionale al carico o comunque, si ottengono tutte le combinazioni possibili dei relais direzionali.

10) Relais istantanei direzionali per c.c. a terra.

Il relais della fig. 6 inserito come nello schema della fig. 7 serve per le protezioni contro c.c. a terra delle fasi. Infatti quando le fasi sono isolate, sia la corrente che la tensione risultante addotta al relais sono nulle. Se una fase va a terra il relais interviene quando è favorevole la direzione del flusso.

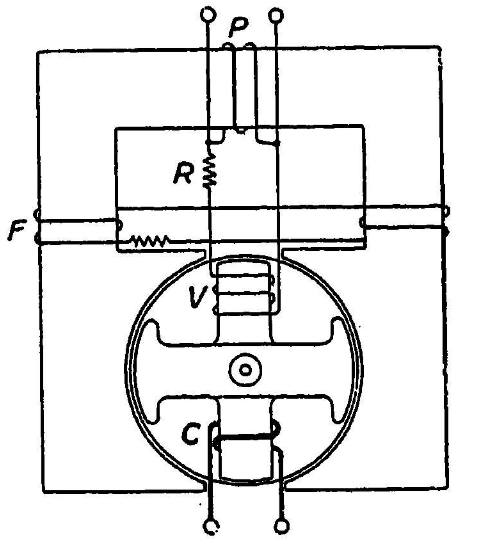



Fig. 8. - Circuito elettrico e magnetico di un relais direzionale ad impedenza.

11) Relais direzionale istantaneo ad impedenza.

Lo schema di questo relais è quello della fig. 8: in esso l'avvolgimento voltmetrico $V$ è derivato in parallelo da quello $P$ e la caratteristica di azione del relais è espressa da

$$V/I \cos (\Theta - \alpha)$$

dove $\Theta$ è l'angolo di ritardo della corrente sulla tensione e $\alpha$ è un angolo variabile di taratura.

Gruppo II. – Relais agenti sul principio differenziale.

*Principi e meccanismi.*

Questo tipo di relais agisce per effetto della differenza tra le azioni contrastanti di due opposti momenti motori agenti sullo stesso equipaggio mobile.

Praticamente si ottiene tale effetto mediante un nucleo della foggia di quello della fig. 5. L'equipaggio mobile è un rotore cilindrico, solidale con un rotore a disco che si muove entro la scanalatura della parte ausiliaria del nucleo (fig. 9) e che è ad angolo retto con quella principale. In tal modo è possibile, con due distinti avvolgimenti far sì che l'uno imprima un certo momento motore in un senso al cilindro e l'altro in senso opposto al disco. Il movimento del relais risulterà dall'azione differenziale dei due.

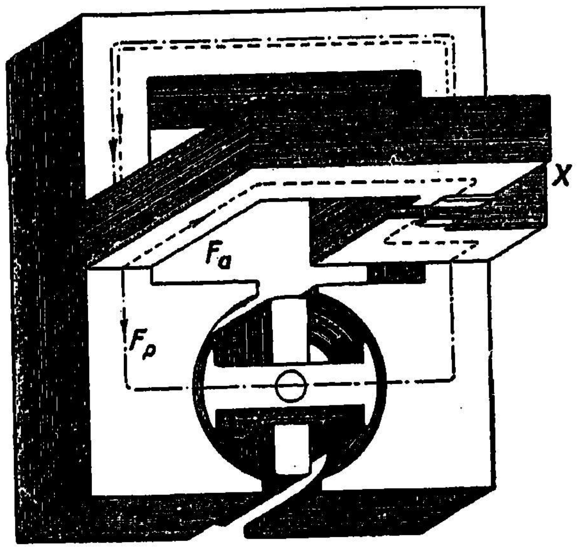



Fig. 9. - Nucleo magnetico per relais differenziali.

*Applicazione.*

1) Relais a reattanza.

Lo schema della fig. 10 mostra come un simile genere di relais possa essere utilizzato per la protezione di una linea. Tale relais interviene istantaneamente quando la reattanza scende al di sotto di un certo valore che corrisponde ad una porzione definita della lunghezza del tronco protetto. Per un guasto al di fuori di questa zona il tempo di ritardo di intervento del relais dipende dalla velocità con cui si muove il reostato della fig. 10 che inserisce una resistenza gradualmente crescente finchè avviene l'intervento del relais. Nella fig. 10 per semplicità l'equipaggio mobile è segnato di fianco al nucleo e precisamente

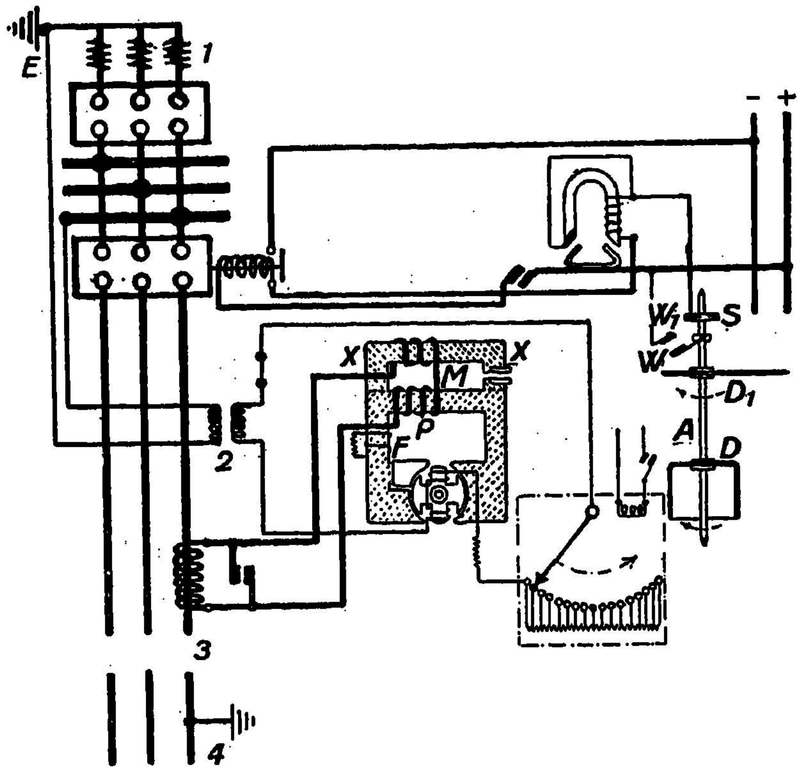



Fig. 10. - Connessioni di un relais a reattanza.
1) Trasformatore di potenza. 2) Riduttore di tensione.
3) Conduttore protetto. 4) Conduttore guasto.

in $A$ e le parti $M$ e $P$ del nucleo stesso sono segnate in un piano. Con questo sistema protettivo si ha un funzionamento rigorosamente indipendente dalla corrente di guasto.

2) Relais per protezione di un cavo a mezzo di filo pilota.

I relais, montati al solito modo sulla fase che essi devono proteggere vengono installati a ciascuno dei due estremi del cavo principale. I due relais hanno gli avvolgimenti secondari in serie fra di loro a mezzo di un filo pilota.

Per effetto del carico nella fase protetta si generano sul relais due momenti motori che agiscono in senso contrario, l'uno sul rotore cilindrico e l'altro su quello a disco e che si equilibrano. Durante un guasto il filo pilota è percorso da corrente e questa passando in un avvolgimento del relais crea un flusso sfasato di circa 90° rispetto a quello principale atto ad azionare il relais stesso.

3) Relais direzionale a tensione compensata.

Se in un relais del tipo descritto si connettono gli avvolgimenti come in fig. 11, allora il flusso $F_a$ tende a stabilizzare la

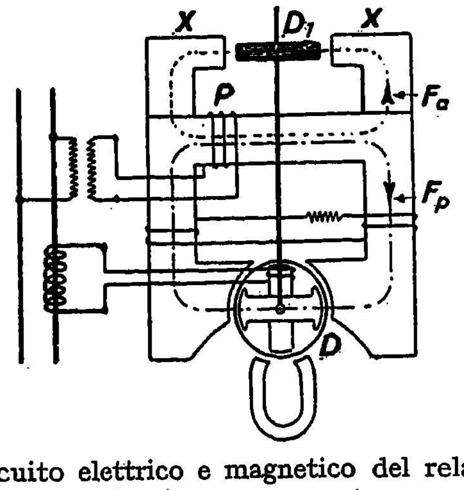



Fig. 11. - Circuito elettrico e magnetico del relais direzionale a tensione compensata.

posizione di $D_1$ (composto questa volta di un pacchetto di materiale magnetico anzichè di un disco di alluminio). Con ciò si provvede ad una specie di controllo magnetico che è varia-

bile colla tensione applicata. Esiste poi una molla a spirale che tende a riportare a zero l'equipaggio mobile.

4) Relais a squilibrio di corrente.

Per la protezione di due condutture trifasi provenienti da un unico sistema di sbarre ed in cui non sia possibile inversione di fornitura di corrente, si può adottare lo schema della fig. 12 dove a carico equilibrato i relais sono bilanciati ed immobili.

Detto $G$ l'angolo di votazione del nucleo su cui è avvolta la bobina $C$ (fig. 1) e supposto $\Theta$ = cost, il nuovo momento torcente sarà proporzionale a

$$F_p\ F_c\ \mathrm{sen}\ G$$

Variando $G$ con una certa legge, varia notevolmente il momento torcente.

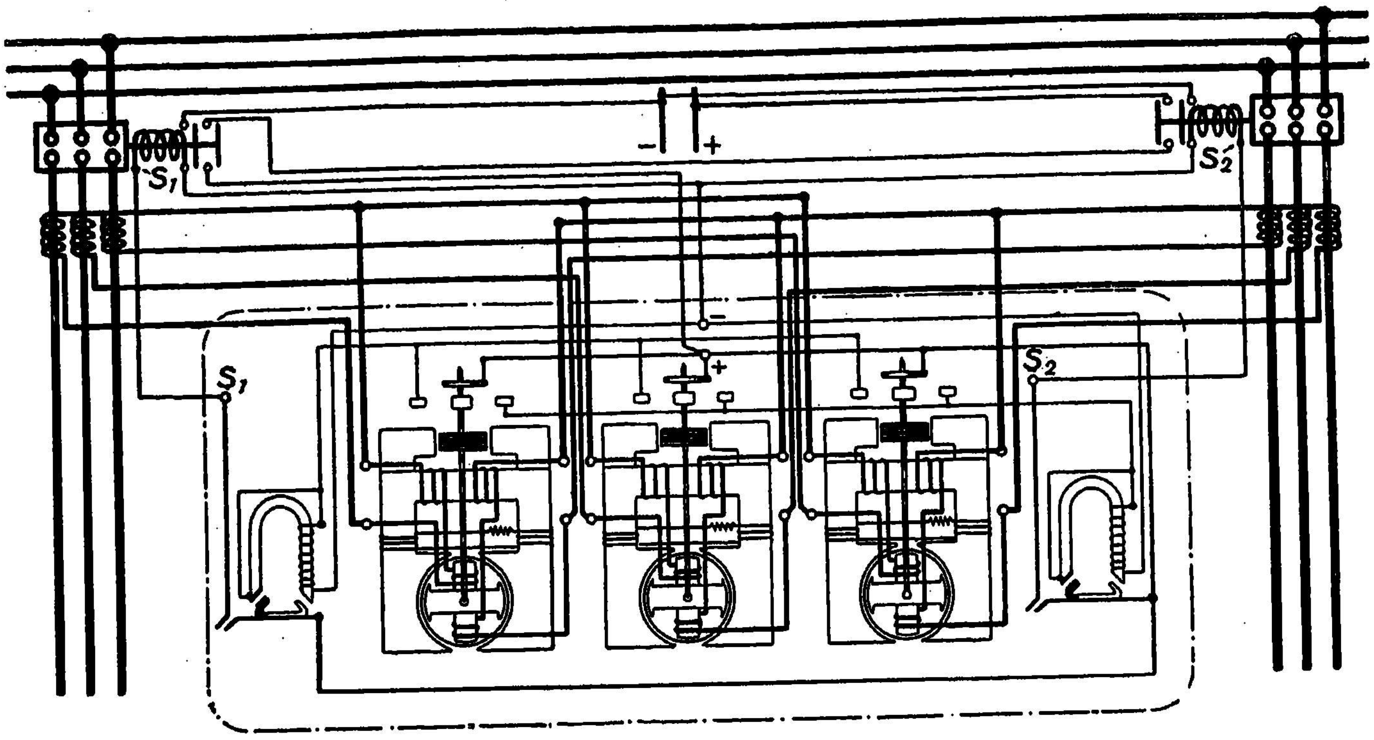



Fig. 12. - Connessioni dei relais per protezione contro squilibri di corrente.

A carico squilibrato, su una delle fasi interviene il relais opportuno. Gli avvolgimenti sono previsti in modo che il relais ruota in un senso nel caso di squilibrio sulle sbarre di sinistra e nell'altro per quelle di destra. In tal modo i relais risultano selettivi.

5) Relais direzionali a squilibrio di corrente.

Se l'energia nelle condutture trifasi del caso precedente può invertire la direzione, bisogna combinare i predetti relais con elementi direzionali atti a permettere la selettività anche in questo caso.

### Gruppo III. – Relais muniti di relais ausiliari.

*Principi e meccanismi.*

Nel circuito magnetico principale di un relais del tipo più semplice descritto nel gruppo I è ricavato un'apertura a forma di *U* nel quale viene attratta un'ancora che può aprire o chiudere dei contatti. Quest'àncora può essere libera o contrastata da una molla tarata.

*Applicazioni.*

1) Relais combinato di sovracorrente e di eccezionale sovracorrente.

Ad uno dei relais descritti per sovracorrente con caratteristica a tempo minimo costante si può sostituire un relais del gruppo III quando occorra proteggere l'impianto da sovracorrenti particolarmente intense. È questo il caso di un sistema di sbarre alimentante più derivazioni. Ciascuna derivazione è prevista con un interruttore a modesta capacità di rottura che agisce normalmente sotto il comando del relais opportuno. In caso di una sovracorrente eccezionale il relais descritto attrae un'ancoretta e questa chiude una serie di contatti che bloccano il relais stesso e quindi l'interruttore di linea e aprono invece l'interruttore principale ad alta capacità di rottura che si trova sulle sbarre.

### Gruppo IV. – Relais universali.

*Principi e meccanismi.*

Questi relais, che dovrebbero servire in ogni caso, hanno il nucleo magnetico crociforme che si trova tra le espansioni polari che abbracciano l'equipaggio mobile, esso pure mobile e comandato da un movimento ad orologeria o da un mezzo esterno qualunque.

Nel relais del gruppo I, il momento motore agente sull'equipaggio mobile era proporzionale a

$$F_p\ F_c\ \cos\ \Theta$$

*Alcune applicazioni.*

1) Relais per sovracorrente con caratteristica di tempo inversamente proporzionale al carico.

Detto $T_q$ il momento resistente della molla che trattiene l'equipaggio mobile sarà per l'equilibrio

$$T_q = k\ F_p\ F_c\ \mathrm{sen}\ G$$

Ed essendo $G$ funzione del tempo $t$ sarà

$$\frac{T_q}{k\ F_c\ F_p} = \mathrm{sen}\ G = k'\ t$$

Poichè $F_c$ e $F_p$ sono proporzionali al momento motore, si vede come il relais ha caratteristica di tempo inversamente proporzionale al carico. Naturalmente il periodo della funzione sen $G$ può variare a piacere.

È sottinteso che anzichè aver reso mobile il nucleo crociforme di un relais del gruppo I lo si può fare ad es. ad un relais del gruppo III quando occorrono protezioni più complesse.

2) Relais di sovraccarico con caratteristica di tempo inversamente proporzionale al carico e con ritardo minimo costante.

Basta far sì che per un certo angolo di rotazione del nucleo mobile, l'equipaggio mobile sia bloccato. Per il resto si segue il concetto esposto nel precedente paragrafo.

3) Relais direzionale per sovracorrente a grande sensibilità.

Questo relais interviene solo quando:

*a*) la corrente supera un certo valore,
*b*) quando il sovraccarico persiste per un certo tempo e
*c*) quando il flusso di energia ha una data direzione.

Si tratta di un relais del tipo di quello indicato nella fig. 6, combinato con uno del gruppo IV.

G. R. M.

## INFORTUNI DOVUTI ALLA CORRENTE ELETTRICA VERIFICATISI NEL 1930 E NEL 1931 NELLA SVIZZERA

*Bulletin ASE*, 18 marzo 1932, N. 6. – Rapporto dell'« Ispettorato degli impianti elettrici ».

Questo interessante rapporto fa seguito a quello pubblicato dalla stessa Rivista per il 1929, nel N. 13 del luglio 1930, da noi riassunto nella nostra (1). È una raccolta, fatta con molta cura, dei dati sugli infortuni dovuti alla corrente elettrica, che può essere utilissima a chi vive nell'esercizio delle Centrali, delle

(1) V. *L'Energia Elettrica* del novembre 1930, pag. 1011 e segg.

sottostazioni e negli impianti di distribuzione di energia elettrica.

Gli infortuni considerati non riguardano gli impianti di trazione: per questi si riportano i dati seguenti rilevati dal rapporto del Consiglio Federale per la gestione delle ferrovie:

| | Feriti | | Morti | | Totale | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 | 1930 | 1931 |
| Impiegati nelle ferrovie | 13 | 12 | 8 | 9 | 21 | 21 |
| Viaggiatori e terzi .... | 6 | 13 | 3 | 6 | 9 | 19 |

La tabella I che segue si riferisce al numero di infortunati avutisi negli ultimi 10 anni, 1922-'931, ripartito secondo i rapporti che le vittime avevano rispetto alle Società elettriche e secondo la tensione (A. T. e b. t.) dell'impianto dove è avvenuto l'infortunio. Nella tabella si rileva che il numero d'infortunati, per il personale d'esercizio delle Centrali, tende a diminuire ogni anno, mentre per l'altro personale, per gli installatori e per i terzi si ha un continuo e notevole aumento. Il numero degli infortunati è superiore al numero degli infortuni, perchè in diversi di questi sono state colpite più persone insieme. Degli infortuni del 1930 e del 1931 ve ne sono rispettivamente 22 e 17 che non possono attribuirsi all'influenza diretta della corrente elettrica sul corpo della vittima, e sono invece dovuti al calore generato da archi, che hanno prodotto sul corpo delle bruciature soltanto. Riferendosi alla ripartizione degli infortunati secondo la tensione si rileva un grande aumento di vittime colla bassa tensione: 67 feriti nel 1930 su 39 di media relativi all'ultimo decennio, pochi morti, relativamente, 14 su 16 di media del decennio; 49 feriti nel 1931, poco più della media, tanti morti invece, 25 morti su una media decennale di 16. I numeri di infortunati coll'alta tensione sono prossimi ai valori medi decennali.

Nella tabella II si ha la classificazione per gli anni 1930 e 1931 delle vittime secondo la tensione e la parte dell'impianto dove l'infortunio si è verificato. (La tensione indicata per ogni infortunio è la tensione effettiva alla quale la vittima è stata esposta: perciò un infortunio avvenuto su una rete a 220/380 V con neutro a terra, è da considerarsi nella classe fino a 250 V se la vittima ha avuto contatto con un solo conduttore di fase, nella successiva da 251÷1000 V se il contatto si è avuto con due conduttori di fase diversa).

Dalla tab. II si rileva che nel 1930 su un totale di 27 infortuni mortali, inferiore a quello degli anni precedenti, un terzo è di infortuni verificatisi negli impianti fino a 250 V; nel 1931 gli infortuni mortali causati da tensioni fino a 250 V si sono più che raddoppiati rispetto all'anno precedente e rispetto al totale dei morti dell'anno (39) sono la metà: questi infortuni si verificarono sopratutto negli impianti interni e sulle linee a bassa tensione.

TABELLA I.

| ANNO | Personale per l'esercizio delle centrali | | Altro personale delle centrali e installatori elettricisti | | Terze persone | | TOTALI | | | Bassa tensione | | Alta tensione | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | feriti | morti | feriti | morti | feriti | morti | feriti | morti | totale | feriti | morti | feriti | morti |
| **1931** .......... | **9** | **3** | **30** | **15** | **25** | **21** | **63** | **39** | **102** | **49** | **25** | **14** | **14** |
| **1930** .......... | **2** | **5** | **46** | **11** | **36** | **11** | **84** | **27** | **111** | **67** | **14** | **17** | **13** |
| 1929 .......... | 9 | 2 | 26 | 9 | 34 | 17 | 69 | 28 | 97 | 49 | 22 | 20 | 6 |
| 1928 .......... | 14 | 3 | 31 | 10 | 28 | 17 | 73 | 30 | 103 | 49 | 20 | 24 | 10 |
| 1927 .......... | 10 | 8 | 19 | 7 | 22 | 14 | 51 | 29 | 80 | 37 | 16 | 14 | 13 |
| 1926 .......... | 15 | 5 | 14 | 4 | 24 | 15 | 53 | 24 | 77 | 38 | 15 | 15 | 9 |
| 1925 .......... | 16 | 2 | 17 | 5 | 15 | 11 | 48 | 18 | 66 | 32 | 10 | 16 | 8 |
| 1924 .......... | 3 | 5 | 16 | 6 | 16 | 15 | 35 | 26 | 61 | 24 | 19 | 11 | 7 |
| 1923 .......... | 10 | 3 | 15 | 6 | 17 | 14 | 42 | 23 | 65 | 22 | 10 | 20 | 13 |
| 1922 .......... | 20 | 9 | 10 | 8 | 9 | 12 | 39 | 29 | 68 | 19 | 13 | 20 | 16 |
| **Medie** 1922-'31 | 11 | 4 | 22 | 8 | 23 | 15 | 56 | 27 | 83 | 39 | 16 | 17 | 11 |

TABELLA II.

| PARTE DELL'IMPIANTO | TENSIONE: fino a 250 V | | 251 ÷ 1000 V | | 1001 ÷ 5000 V | | 5001 ÷ 10000 V | | oltre 10000 V | | TOTALI | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | feriti | morti | feriti | morti | feriti | morti | feriti | morti | feriti | morti | feriti | morti | Totale |
| **1930** | | | | | | | | | | | | | |
| Centrali elettriche e grandi sottostazioni .......... | 1 | — | 1 | — | 2 | — | 2 | 1 | 1 | 3 | 7 | 4 | 11 |
| Linee .......... | 10 | 3 | 3 | 2 | — | — | 3 | 1 | 3 | 4 | 19 | 10 | 29 |
| Cabine di trasformazione .......... | 3 | — | 3 | — | — | — | 2 | 3 | — | 1 | 8 | 4 | 12 |
| Laboratori di prova .......... | 4 | — | 4 | — | 1 | — | — | — | 3 | — | 12 | — | 12 |
| Imprese industriali .......... | 4 | — | 12 | — | — | — | — | — | — | — | 16 | — | 16 |
| Motori trasportabili .......... | 5 | 1 | 2 | 1 | — | — | — | — | — | — | 7 | 2 | 9 |
| Lampade portatili .......... | 3 | 2 | — | 1 | — | — | — | — | — | — | 3 | 3 | 6 |
| Apparecchi medicali .......... | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | — | 1 |
| Altri impianti interni .......... | 8 | 3 | 3 | 1 | — | — | — | — | — | — | 11 | 4 | 15 |
| Totali .......... | 39 | 9 | 28 | 5 | 3 | — | 7 | 5 | 7 | 8 | 84 | 27 | 11 |
| | 48 | | 33 | | 3 | | 12 | | 15 | | 111 | | |
| **1931** | | | | | | | | | | | | | |
| Centrali elettriche e grandi sottostazioni .......... | — | — | — | — | 1 | — | 4 | 1 | 3 | 2 | 8 | 3 | 11 |
| Linee .......... | 6 | 6 | 3 | 1 | — | — | 2 | 2 | — | 3 | 11 | 12 | 23 |
| Cabine di trasformazione .......... | — | — | 4 | — | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 8 | 5 | 13 |
| Laboratori di prova .......... | — | 1 | 4 | — | — | 1 | — | — | — | — | 4 | 2 | 6 |
| Imprese industriali .......... | 6 | — | 8 | 3 | — | — | — | — | — | — | 14 | 3 | 17 |
| Motori trasportabili .......... | 7 | 2 | 2 | 1 | — | — | — | — | — | — | 9 | 3 | 12 |
| Lampade portatili .......... | — | 2 | — | 1 | — | — | — | — | — | — | — | 3 | 3 |
| Altri impianti interni .......... | 6 | 8 | 3 | — | — | — | — | — | — | — | 9 | 8 | 17 |
| Totali .......... | 25 | 19 | 24 | 6 | 2 | 3 | 8 | 5 | 4 | 6 | 63 | 39 | 102 |
| | 44 | | 30 | | 5 | | 13 | | 10 | | 102 | | |

Nella tab. III si ripartiscono le vittime secondo la professione: anche qui i dati si riferiscono soltanto agli infortuni verificatisi negli anni 1930 e 1931. Uno sguardo alle cifre riportate ci mette subito sott'occhio l'elevato numero di infortuni che si ha per la categoria degli installatori e aiuto-installatori di imprese elettriche e di ditte private; seguono gli operai delle fabbriche e quelli edili. Gran parte del personale di queste categorie non considera abbastanza il pericolo che presentano gli impianti a bassa tensione, sopratutto quando ci si trovi in condizioni sfavorevoli di isolamento.

TABELLA III.

| PROFESSIONE | 1930 feriti | 1930 morti | 1930 totale | 1931 feriti | 1931 morti | 1931 totale |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ingegneri e tecnici ....... | 4 | — | 4 | 3 | 3 | 6 |
| Macchinisti e sorveglianti di officina ............... | 2 | 5 | 7 | 8 | 3 | 11 |
| Installatori ed aiuto installatori di Società elettriche e di ditte private ......... | 32 | 11 | 43 | 19 | 12 | 31 |
| Altri operai di Società elettr. | 10 | — | 10 | 2 | 2 | 4 |
| Operai delle fabbriche ...... | 23 | 1 | 24 | 19 | 4 | 23 |
| » edili ............ | 6 | 3 | 9 | 6 | 6 | 12 |
| Agricoltori e giardinieri ... | 2 | 5 | 7 | 1 | 1 | 2 |
| Pompieri e militari ....... | — | — | — | — | — | — |
| Domestici .............. | — | 1 | 1 | — | 1 | 1 |
| Bambini ............... | 1 | — | 1 | — | 2 | 2 |
| Altre persone ........... | 4 | 1 | 5 | 5 | 5 | 10 |
| Totali ........... | 84 | 27 | 111 | 63 | 39 | 102 |

Segue un'altra tabella in cui si classificano gli infortuni non mortali, in base al periodo di tempo di incapacità al lavoro della vittima e della sua relazione con le Società elettriche. Questa tabella che si riferisce agli infortuni degli anni 1930 e 1931 ed è molto interessante, compare per la prima volta in questo rapporto statistico: in essa si tien conto delle conseguenze degli infortuni non mortali. Tra l'altro si rileva dalla tabella, 2900 giorni di incapacità al lavoro nel 1930, 2400 giorni nel 1931, con una media di 36 giorni per infortunato, che sale a 43 se non si tien conto di 23 infortunati che non furono resi incapaci al lavoro.

e, per quanto estese, queste lesioni guariscono facilmente; invece col passaggio della corrente si hanno lesioni più estese e più profonde che non si manifestano subito e richiedono poi molto tempo per la cura; queste lesioni portano di solito all'invalidità. Nel 1930 si sono avuti 7 casi di invalidità parziale: alcuni hanno richiesto amputazioni di falangi o di intere dita, gli altri hanno portato all'irrigidimento o alla paralisi di arti; nel 1931 si sono avuti 3 casi più gravi di invalidità completa, perchè hanno richiesto l'amputazione di parti intere del corpo.

Sapere come si verificano gli infortuni, per prevenirli e per evitarli, è necessario in particolar modo per tutto il personale addetto agli impianti elettrici e per quello alle dipendenze di installatori privati: accenneremo perciò a' principali infortuni e, considerandone le cause e le condizioni in cui si sono verificati, trarremo da ognuno quell'insegnamento che servirà ad evitare l'infortunio in casi analoghi.

Il personale delle Centrali e delle sottostazioni pare che perda col tempo ogni nozione del pericolo, è poco prudente e spesso intraprende di sua testa dei lavori pericolosi che non entrano nel campo delle sue mansioni; talvolta è il personale di uno stabilimento, che non è del mestiere e che pure essendo stato istruito e prevenuto del pericolo, tocca e si avvicina troppo a parti sotto tensione.

Di infortuni mortali nelle *centrali* e *sottostazioni* nel 1930 è 1931 ve ne sono stati 7, di cui 6 dovuti quasi tutti a disattenzioni delle vittime; nell'altro caso l'operaio, che faceva pulizia in una sottostazione a 50 kV, era seduto sopra una intelaiatura metallica, nella quale si scaricò, in seguito ad una accidentale messa a terra sulla rete, una corrente ad alta tensione; preso da spavento, ha perduto l'equilibrio ed è caduto a terra, rompendosi la nuca.

Sulle *linee aeree ad alta tensione* tre infortuni si sono verificati mentre le vittime lavoravano e i conduttori della linea erano sotto tensione. In un caso si procedeva alla sostituzione di pali guasti di una linea a 45 kV sotto tensione, segando i pali a fior di terra e spostandoli lateralmente per togliere la parte infissa nel terreno e per allargare il foro per il palo nuovo; questo veniva poi sollevato da 4 operai a mezzo di forche che servivano anche a guidare il palo perchè non toccasse i conduttori sotto tensione; ad un dato momento il palo ha vacillato ed ha toccato i fili; il palo era stato impregnato da poco e si era anche bagnato colla pioggia, per cui il caposquadra che lo abbracciava alla base è morto colpito dalla corrente, senza che sul suo corpo si avessero tracce di bruciature. L'impresa addetta ai lavori ha preso subito misure di precauzione più severe, vietando al suo personale di toccare i pali con le mani quando questi sono

TABELLA IV.

| DURATA DEL PERIODO DI INCAPACITÀ AL LAVORO | Personale per l'esercizio delle centrali: N.° feriti B (1) | N.° feriti A (1) | N.° giorni d'invalidità B | N.° giorni d'invalidità A | Altro personale delle centrali e installatori elettricisti: N.° feriti B | N.° feriti A | N.° giorni d'invalidità B | N.° giorni d'invalidità A | Terze persone: N.° feriti B | N.° feriti B | N.° giorni d'invalidità B | N.° giorni d'invalidità A | TOTALE: N.° feriti B | N.° feriti A | N.° giorni d'invalidità B | N.° giorni d'invalidità A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1930** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 giorni ............. | — | — | — | — | 6 | 2 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 10 | 6 | 0 | 0 |
| 1 a 15 giorni ......... | 1 | — | 7 | — | 12 | 1 | 113 | 14 | 12 | — | 92 | — | 25 | 1 | 212 | 14 |
| 16 a 31 gilrni ......... | — | 1 | — | 28 | 6 | 4 | 147 | 96 | 6 | — | 142 | — | 12 | 5 | 289 | 124 |
| 1 a 3 mesi ........... | — | — | — | — | 7 | 2 | 384 | 148 | 4 | — | 222 | — | 11 | 2 | 606 | 148 |
| oltre 3 mesi .......... | — | — | — | — | 4 | 2 | 529 | 294 | 5 | 1 | 577 | 120 | 9 | 3 | 1106 | 414 |
| Totali ........ | 1 | 1 | 7 | 28 | 35 | 11 | 1173 | 552 | 31 | 5 | 1033 | 120 | 67 | 17 | 2213 | 700 |
| Totali (complessivi) | 2 | | 35 | | 46 | | 1725 | | 36 | | 1153 | | 84 | | 2913 | |
| **1931** | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 giorni ............. | — | — | — | — | 2 | — | 0 | — | 5 | — | 0 | — | 7 | — | 0 | — |
| 1 a 15 giorni ......... | — | — | — | — | 9 | 3 | 97 | 23 | 13 | 1 | 118 | 3 | 22 | 4 | 215 | 26 |
| 16 a 31 giorni ........ | — | 2 | — | 39 | 8 | — | 191 | — | 3 | — | 81 | — | 11 | 2 | 272 | 39 |
| 1 a 3 mesi ........... | — | 2 | — | 91 | 4 | 2 | 195 | 100 | 2 | — | 120 | — | 6 | 4 | 315 | 191 |
| oltre 3 mesi .......... | — | 2 | — | 490 | 1 | — | 180 | — | 1 | — | 190 | — | 2 | 2 | 370 | 490 |
| Casi d'invalidità completa | — | 2 | — | * 290 | 1 | — | * 170 | — | — | — | — | — | 1 | 2 | * 170 | * 290 |
| Totali ........ | — | 8 | — | 910 | 25 | 5 | 833 | 123 | 24 | 1 | 509 | 3 | 49 | 14 | 1342 | 1036 |
| Totali (complessivi) | 8 | | 910 | | 30 | | 956 | | 25 | | 512 | | 63 | | 2378 | |

(1) B e A significano bassa ed alta tensione.

* Sono i giorni trascorsi nell'ospedale.

Bisogna tener presente che le bruciature possono essere prodotte da arco o da corrente che attraversa una parte o più parti del corpo: nel primo caso si hanno delle lesioni elettriche, caratterizzate da una calcinazione della pelle, che offre una certa resistenza al passaggio della corrente e ne diminuisce l'intensità,

sollevati per 45° e ordinando di legare la cima del palo con corde per evitare che tocchi i fili sotto tensione.

Un elettricista applicando un dispositivo di messa a terra e di corto circuito su una linea ad alta tensione che, per inavvertenza, non era stata interrotta, pur avendo notato che la

linea era ancora in servizio, si allontanò dal palo senza inconvenienti, ma accingendosi a saltare una siepe in filo di ferro, ad una diecina di metri dal palo, venne colpito dalla corrente formatasi nel filo a causa della differenza di potenziale creatasi tra il filo della siepe e il suolo in seguito alla messa a terra. Altri infortunii che si hanno purtroppo tutti gli anni, si sono verificati durante lo stendimento di una linea o di altri fili, al disotto di linee ad alta tensione: un elettricista incaricato di stendere un nuovo filo in una rete secondaria, non si curò di mettere fuori servizio la linea ad alta tensione che sovrastava la rete secondaria; e toccò col suo filo i conduttori ad alta tensione e ne ebbe la morte. Altrettanto è accaduto ad un elettricista alle dipendenze di un istallatore privato, nel tirare una linea telefonica che incrociava con un'altra a 8000 V; e due contadini nello stendere un filo di ferro sotto una linea a 10 000 V, per azionare da lontano un sonaglio destinato a far spaventare gli uccelli, pur trovandosi su terreno umido, non ebbero che ferite leggere, perchè il contatto del filo coi conduttori ad alta tensione è durato un istante. In un cantiere per la costruzione di un ponte era stata montata una grande gru mobile: la rotaia su cui si muoveva era disposta sotto una linea a 15 000 V che, per essere bassa, impediva il movimento della gru; quando si volle provare la gru, e la linea ad alta tensione non era stata ancora sopraelevata, l'estremità del braccio, alla fine di una prova, venne a contatto dei conduttori sotto tensione: si ebbero così due morti, un terzo, colpito da una forte spinta, potè distaccarsi dalla gru e andare a salvare il caposquadra che non riusciva a staccarsi dalla base del pilastro. Altri due infortuni si sono avuti in condizioni analoghe e le vittime erano due operai edili incaricati di collocare delle impalcature in prossimità di una zona pericolosa attraversata da linee ad alta tensione, prima del previsto spostamento di queste: un giovane di 18 anni, che per spacconeria era salito su un palo a traliccio di una linea a 38 000 V, ed un altro di 17 anni che per uccidersi è salito su un palo a traliccio di una linea a 50 000 V, sono morti entrambi per elettrocuzione. Meno grave è stato l'infortunio accaduto ad una donna che innaffiava delle piante da frutta, servendosi di un tubo di bambù lungo m 4, prolungato con un metro di tubo metallico: spostando il tubo verticalmente da un albero all'altro, toccò coll'estremità del tubo e anche coll'acqua che usciva dal tubo, il conduttore più basso di una linea ad alta tensione che, in quel punto, era a m 6 dal suolo; questo contatto di breve durata elettrizzò la donna e la fece cadere e cadde anche una giovane che teneva il tubo.

Gli infortuni che si sono avuti nelle *sottostazioni* sono relativamente pochi e poco gravi, se si escludono due casi da attribuirsi a suicidio. In altri due casi non sono state chiarite le cause dell'infortunio: un capo-operaio entrò, nel pomeriggio di una domenica (non si sa per quale ragione), nel locale ad alta tensione d'una importante sottostazione e toccò, probabilmente per inavvertenza, due conduttori a 8000 V; si formò un corto-circuito che fece aprire l'interruttore nella Centrale e la vittima potè così liberarsi dal contatto; in seguito, tutto barcollante egli uscì dalla sottostazione e chiamò soccorso, rientrato poi nel locale dei trasformatori si accasciò lungo il corridoio di servizio; l'altro caso si verificò sulla torretta in ferro di una sottostazione, dove un operaio era intento a collegare una linea ad alta tensione disinserita: si suppone che la vittima sia stata colpita da una scarica, benchè il suo corpo non avesse nessuna di quelle tracce caratteristiche che lascia sulla pelle la scarica di un fulmine.

Un tecnico e due operai omisero di verificare se la corrente era stata tolta da parti d'impianto ad alta tensione, prima di intraprendere il lavoro a dette parti: il tecnico aveva manifestamente dimenticato di aprire i sezionatori del pannello ove egli doveva lavorare; un operaio aveva creduto che l'interruttore della sottostazione fosse rimasto aperto, perchè la sottostazione non era in servizio e il lavoro che aveva iniziato il giorno precedente non era stato terminato; l'altro operaio era obbligato ad aprire e chiudere a più riprese, durante un temporale, la linea che collegava un trasformatore su palo; sopraggiunta la notte e ritornando in fretta a ripetere la manovra, salì sul palo e manovrò dalla parte dell'alta tensione, senza essersi assicurato prima della posizione dell'interruttore di linea. Un altro infortunio, verificatosi in una grande sottostazione, può attribuirsi con probabilità a istruzioni non abbastanza precise date agli operai: procedevano questi a lavori di pulizia e di riparazione nei tre piani inferiori della sottostazione messi fuori servizio, mentre l'impianto del piano superiore, dov'erano gli scaricatori a corna, era ancora sotto tensione, quando un operaio, approfittando dell'assenza del capo servizio, salì al piano degli scaricatori, senza essere visto dai suoi compagni di lavoro e, a contatto di un conduttore a 8000 V prese delle bruciature forti che lo condussero alla morte dopo tre giorni di sofferenze. L'infortunio poteva essere evitato se tutti gli operai fossero stati avvertiti che l'impianto del piano superiore era sotto tensione e se al principio della scala fosse stata collocata una sbarra che impediva il passaggio e portava anche un cartello d'avviso.

Gli infortuni riportati nella Tab. II, che sono avvenuti in cabine di trasformazione e sono dovuti a corrente a bassa tensione, sono nella maggior parte causati da archi di corti-circuiti: in due casi gli operai, eseguendo lavori su parti d'impianto sotto tensione, senza conoscere il loro stato d'inserzione, provocarono corti-circuiti che produssero però bruciature leggere.

Su 18 infortuni dell'anno 1930 e 16 dell'anno 1931 avvenuti su *reti a bassa tensione*, ve ne sono 3 di poca gravità, causati da *cavi sotterranei*: in due casi le vittime lavoravano su linee sotto tensione e la corrente ha attraversato tutto il loro corpo, nel terzo degli operai addetti a lavori stradali, affondarono un paletto di ferro nel macadam d'una strada, danneggiando un cavo a 500 V, disposto a 90 cm di profondità; l'operaio che teneva il paletto è stato colpito dalla corrente, ma è stato subito liberato dalla sua pericolosa posizione da un altro operaio (questi operai non si erano informati prima della posizione esatta dei cavi). La maggior parte degli infortuni su *linee aeree* ha avuto conseguenze più gravi e in generale c'è stata la manovra errata o la negligenza di terze persone: un capo-squadra, che era poco al corrente della disposizione della rete a bassa tensione nella quale doveva eseguire de' lavori, errò nell'aprire l'interruttore del settore di lavoro e l'operaio che fidava dell'assicurazione del capo squadra di avere tolto la corrente, salendo sul palo e toccando due fili a 380 V, morì in conseguenza dell'errata manovra eseguita dal capo; un apprendista lavorava su una linea aerea a 380 V messa fuori servizio e un operaio per errore metteva la linea sotto tensione: l'apprendista colpito dalla corrente ebbe delle bruciature alle mani e conservò per fortuna ogni conoscenza; sul tetto di un garage, ricoperto da poco con cemento, passava ad una distanza di m 2 una linea a 220 V, per la quale era previsto lo spostamento, e vi lavorava un muratore; questi maneggiando un ferro dell'armatura toccò la linea e morì. Altri quattro infortuni si sono avuti durante i lavori sulle reti a bassa tensione. Fra tutti merita di essere ricordato questo: sugli stessi pali di una linea trifase a 250 V dovevano montarsi due conduttori di una linea per luce; questo era stato fatto su due pali, quando un operaio ha voluto tirare uno dei fili che erano a terra e il filo ha oscillato toccando la linea superiore che era sotto tensione; quello che ha tirato il filo è morto e due operai che tenevano lo stesso filo in mano sono stati gettati a terra senza farsi male. Il contatto di linee a bassa tensione sotto corrente provoca spesso forti bruciature, che portano a lunga incapacità al lavoro o addirittura all'amputazione di arti.

Un numero elevato d'infortuni è dato dalle linee aeree di allacciamento delle case: sette operai elettricisti e sei muratori sono stati vittime di queste linee negli anni 1930 e '31. In generale il contatto con i fili non dovrebbe portare a conseguenze gravi, ma è la caduta di una scala, da un tetto, ecc. che provoca la morte. Un gruppo d'operai toccarono dei fili di allacciamento, perchè non avvertiti del pericolo: due di essi pagarono l'imprevidenza colla propria vita. Infine un giovane contadino, caricando un carro di fieno, toccò i due fili di una linea molto bassa che collegava due case vicine e morì subito.

Nei *laboratori di prova* si sono avuti 18 infortuni, tutti, ad eccezione di uno, accaduti durante le prove ed attribuiti in generale a mancanza di prudenza; due soli casi, verificatisi nel 1931, ebbero come conseguenza la morte delle vittime; altri casi, malgrado le tensioni più elevate, ebbero conseguenze meno gravi.

Negli *impianti industriali* nessun infortunio mortale nel 1930, tre nel 1931; in 12 casi il cattivo uso di interruttori di motori, di valvole, di lampade, ecc. provoca fiamme pericolose che bruciano le mani, il viso, ecc.

Molti infortuni hanno dato i ponti mobili, anche dei casi di morte. In diversi impianti le messe a terra insufficienti, la mancanza di un contrassegno per il neutro, la connessione sbagliata di prese di corrente, la rottura dell'isolamento dei cavi, ecc. hanno sempre dato luogo ad infortuni ed hanno portato talvolta anche alla morte della vittima, questi infortuni ci dicono come sia necessario essere prudenti nell'uso del neutro per la messa a terra e con quanta cura bisogna verificare le connessioni dopo un nuovo allacciamento.

Gli impianti di *motori trasportabili* hanno dato luogo negli anni 1930 e '31 a 21 infortuni con 5 casi mortali, di cui 4 in aziende agricole; in tre di questi casi la messa a terra della carcassa dei motori a 500 V era insufficiente. In due casi l'armatura metallica de' cavi era sotto tensione; in altri due era la costruzione difettosa delle prese di corrente.

Le *lampade portabili* che non sono adatte all'uso speciale a cui sono destinate sono sempre la causa di infortuni gravi: i 6 casi mortali, registrati negli anni '30 e '31, sono dovuti all'uso

di portalampade ordinari; 3 casi mortali si sono verificati in cantine, gli altri in una scuderia, in una formaggeria e in un cortile umido. L'uso di lampade appropriate avrebbe evitato certamente questi infortuni.

Con *apparecchio medicale* è stato vittima un medico che aveva un gabinetto radioscopico : l'interruttore del circuito di alimentazione dell'apparecchio a 220 V, aveva la forma di pera ed era ricoperto da un inviluppo metallico diviso in due parti, collegate alla terra; facendo funzionare l'interruttore, tenendolo in mano, le due parti dell'inviluppo si sono distaccate, una restando collegata a terra e l'altra mettendosi in contatto con una parte sotto tensione. Il passaggio di corrente attraverso la mano del medico gli procurò delle bruciature leggere.

Altri infortuni si sono avuti negli altri *impianti interni*, che è bene far rilevare in quali circostanze si sono verificati. Il proprietario di un frutteto per impedire che gli rubassero la frutta, collegò la rete metallica che copriva il frutteto alla linea luce a 145 V; un domestico sordo-muto, che non aveva sentito, ma non era stato nemmeno prevenuto, è morto toccando la rete. Nel giardino di un albergo stendevano dei fili nudi tra gli alberi a non più di m 2,50 di altezza, e vi attaccavano delle lampade in occasione della festa annuale; durante una di queste feste sopraggiunse un temporale e un cliente premuroso prese un banco lungo 3 m per portarlo nell'albergo, ma col banco toccò i fili nudi dell'impianto luce, e li ruppe e ne rimase ingarbugliato ed elettrizzato; una signora che voleva liberarlo da quei fili ha avuto la stessa sorte ed, essendosi ritardato a chiudere l'interruttore dell'impianto, entrambi i clienti sono morti. Un manovale volle cambiare in una cantina la lampada in un portalampade che non aveva la ghiera protettrice; toccò la parte metallica filettata interna sotto tensione del portalampade e morì. Un elettricista addetto alla posa dei contatori, credeva di poter inserire un contatore alla rete a 250 V, senza aprire l'interruttore principale, perchè poggiava su un pavimento di legno abbastanza secco: il pavimento però era un buon conduttore, perchè il locale nel quale installava il contatore aveva servito come deposito di sale. In un impianto che utilizzava energia per uso termico si erano collegate le valvole principali al contatore con i tre conduttori di fase e per il neutro si era collegato il contatore della luce e quello dell'energia termica; l'elettricista, volendo modificare l'impianto luce aveva tolto le due valvole principali di questo circuito, ma riceveva lo stesso corrente dal contatore termico; la scossa inattesa da lui ricevuta lo fece cadere mortalmente da una scala alta m 4. Così un apprendista elettricista in un impianto privato a 110 V, per eseguire un lavoro aveva tolto soltanto le valvole dei 3 conduttori attivi e non aveva distaccato il neutro, perchè credeva che non potesse essere sotto tensione; a causa di un difetto sulla linea esterna, il neutro aveva una tensione di 100 V verso terra e questa fu fatale per l'apprendista che si trovava in traspirazione e su suolo umido. Altri due infortuni, di cui uno mortale, sono stati causati da scalda-acqua trasportabili in camere da bagno; in un caso si trattava di un apparecchio di costruzione primitiva, nell'altro un difetto di isolamento. Un caso che ha determinato la morte di un bambino di quasi 2 anni, è quello dovuto alla messa sotto tensione di spirali metalliche protettrici per cordoni utilizzati per apparecchi di riscaldamento: la mamma del bambino, dopo aver adoperato un fornelletto, ha distaccato da questo il cordone, e non dalla presa, sicchè il cordone era sotto tensione ed aveva anche l'armatura metallica sotto tensione per un difetto d'isolamento: il bambino giocando col cordone, avendo in una mano la spirale protettrice e toccando per caso uno degli alveoli di contatto della presa, venne attraversato dalla corrente e morì.

Molte bruciature sono provocate da termofori non isolati e qualche volta si hanno anche infortuni mortali: un uomo ammalato s'era messo a letto con un termoforo sul petto; s'addormentò e durante il sonno colle mani spiegazzò il termoforo e in alcune parti questo, essendosi surriscaldato, distruggeva l'inviluppo protettore; il termoforo non aveva una protezione impermeabile e s'impregnò anche colla traspirazione dell'ammalato; dopo due ore la moglie sentì dei gemiti, corse a sollevare la coperta del letto, il termoforo s'infiammò e il povero malato non tardò a morire. Le ferite riscontrate sulla vittima fanno supporre che il suo corpo abbia avuto contatto colla resistenza del termoforo e che la sua morte sia dovuta al passaggio di corrente (la tensione era di 220 V). Il termoforo era fornito di regolatore di temperatura e non ha funzionato perchè era lontano dalle parti surriscaldate.

A circostanze analoghe sono dovuti tanti altri infortuni avvenuti negli impianti interni che bisognerà evitare usando materiale bene isolato e le massime precauzioni nell'uso di apparecchi elettrici.

f. j.

# Pubblicazioni

*DI TUTTE LE PUBBLICAZIONI INVIATE ALLA RIVISTA IN DOPPIO ESEMPLARE VERRÀ FATTO UN CENNO BIBLIOGRAFICO.*

*Il primo centenario di vita della Compagnia Italo-Argentina di Elettricità.*

La Compagnia I. A. ha pubblicato un bellissimo opuscolo commemorativo del ventennio della sua fondazione (1911). Essa fu creata per iniziativa e sotto la direzione di italiani.

Essa ottenne dal Comune di Buenos Ayres la sua prima concessione nel 1912. Il servizio fu inaugurato il 19 agosto 1914, cioè allo scoppio della guerra mondiale, con la Centrale « Melo ».

Alla fine del 1916 fu inaugurata la Centrale principale « Pedro Mendoza », con tre turbo alternatori di una potenza complessiva di 18 750 kVA: questa fu in seguito portata a 100 000 kVA.

Nel 1926 la Società ottenne una concessione che gli permetteva di estendere le sue reti all'importante distretto di Avellanada presso Buenos Ayres. La popolazione servita salì per tal modo a 2 500 000 abitanti.

Alla fine del 1930 le reti della Società avevano una estensione di km 3 721, tutti in cavo. Gli utenti erano 82 000.

Fra poco entrerà in esercizio la supercentrale di « Nuevo Puerto », che possiede una prima dotazione di generatori per 112 500 kVA: la pressione del vapore impiegato è di 38 kg/cmq e la temperatura di 450° C. Potrà funzionare tanto con olio minerale che con carbone.

Per l'importanza dei suoi impianti, per la precisione del servizio la Compagnia Italo-Argentina non ha nulla da invidiare ai maggiori impianti europei. È ragione di orgoglio per noi italiani che essa, fondata e diretta da connazionali, con impianti in gran parte eseguiti con macchinario e prodotti italiani, abbia conquistato uno dei primi posti dell'Industria elettrica Sud-Americana.

Alla consorella argentina l'Industria elettrica italiana manda nella lieta ricorrenza un fraterno saluto e l'augurio di sempre maggiore prosperità.

# Libri ricevuti

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI: *Livellazioni di precisione per il rilievo altimetrico dei corsi d'acqua*. Pubblicazione n.° 12 dell'Ufficio Idrografico del Po. – Fascicolo V: *Oglio, Sarca, Mincio* (con una carta corografica). – Roma (1932-A. X). Libreria del Provveditorato generale dello Stato.

***

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI: *Ricerche sull'ablazione glaciale nel versante meridionale del Monte Rosa*. Memoria del prof. U. MÒNTERIN. Pubblicazione n.° 10 dell'Ufficio Idrografico del Po. – Fascicolo VI. – Roma (1931-IX°). Libreria del Provveditorato generale dello Stato.

***

UFFICIO IDROGRAFICO DEL R. MAGISTRATO ALLE ACQUE DI VENEZIA (Sezione geologica). SILVIO VARDABASSO: *Studio geoidrografico del Bacino dell'Avisio* (*Valli di Fassa, Fiemme e Cembra*). – Padova, Soc. Cooperativa Tipografica.

***

BRUNO CASTIGLIONI: *Il gruppo della Civetta* (Alpi Dolomitiche). – Padova, Soc. Cooperativa Tipografica.

# Necrologio

A Milano, l'11 Settembre, la Signora Esterina Poletti Norsa, consorte del Sig. Giuseppe Poletti, Direttore Amministrativo della Società per le Forze Idrauliche di Trezzo sull'Adda.

SEN. PROF. O. M. CORBINO, *Direttore* ARTI GRAFICHE E. CALAMANDREI & C. - MILANO Fotoincisioni della « ZINCOGRAFICA » - MILANO ING. ETTORE CESARI, *Redattore-Capo responsabile*

MILANO
Settembre 1932 - Anno X

Fascicolo IX
Volume IX

# L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTICHE (FENAGRIEL)
*Direttore:* SENATORE O. M. CORBINO

Le opinioni espresse dagli autori e dai redattori non impegnano nè la Direzione, nè le Associazioni di cui la Rivista è l'organo

ING. ALBERTO TACCANI
DIRETTORE DELLA SOC. IDROELETTRICA DEL BARBELLINO

## Gli impianti idroelettrici ed il gelo (1)

Se si eccettuano poche applicazioni, quali ad esempio il raffreddamento del macchinario e la produzione dell'ossigeno liquido destinato a formare miscele esplosive, si può quasi sempre considerare il freddo come un agente sfavorevole nella costruzione e nell'esercizio degli impianti idroelettrici. Per gli impianti alpini, in modo particolare, esso appare fonte di danni non indifferenti sia dal lato tecnico che da quello economico.

Questo insidioso nemico, nella stagione invernale, muove all'assalto dei nostri impianti e prendendo di mira ora una parte, ora l'altra di essi, li danneggia, prima durante il periodo di costruzione, costringendo a forzate soste di lavoro, poi durante l'esercizio, immobilizzando talvolta il funzionamento di un intero impianto.

Appare quindi interessante passare in rassegna tutti i vari inconvenienti a cui il freddo può dar luogo, ed esaminare quali mezzi abbiamo a nostra disposizione per difenderci.

### Il freddo e la costruzione degli impianti.

Quando si progetta e si preventiva un impianto idroelettrico, noi siamo ormai abituati, per tener conto del freddo e delle sue conseguenze, ad applicare al fattore tempo un coefficiente di maggiorazione che è variabile a seconda della ubicazione del nostro impianto; e tanta è la forza dell'abitudine, che certamente pochi progettisti hanno pensato di ricercare il valore economico di questa forzata maggiorazione.

In alcuni impianti ad altissima quota, come per esempio il Careser, per citare uno fra i più importanti, la stagione lavorativa, a causa del freddo e dei suoi inevitabili seguaci, il gelo e la neve, si riduce a solo 4 mesi dell'anno: s'incominciano a riaprire i cantieri verso la metà di giugno e a metà ottobre la loro attività è già completamente sospesa.

Ma anche prescindendo da questi casi speciali, che pure non son pochi, noi vediamo che anche negli impianti meglio situati, una sospensione di lavoro di due o tre mesi durante l'inverno è quasi sempre necessaria.

Facciamo una media, un po' empirica se si vuole, ma non per questo molto lontana dalla realtà; e possiamo dire che la stagione lavorativa media per gli impianti idroelettrici non dura più di sette od otto mesi ogni anno.

Questo significa che un impianto che si potrebbe costruire in due anni, richiederà invece un periodo di costruzione di circa tre anni, a causa del freddo.

E, supposto che il totale della spesa sia egualmente ripartito durante il periodo di costruzione, se ne trae la conseguenza che in media la spesa complessiva dell'impianto è stata sborsata con un anticipo di circa 6 mesi rispetto a quello che si sarebbe potuto fare (a parità di data di ultimazione) senza la presenza del nostro nemico: il freddo.

Se il denaro occorrente per la costruzione del nostro impianto costa il 9%, noi avremo speso circa il 4½% in più.

Il valore di ricostruzione degli impianti idroelettrici italiani è stimato oggi a circa 15 miliardi, dei quali certamente parecchie centinaie di milioni sono state spese per colpa del freddo.

Questo semplicissimo computo non ha certamente la pretesa di essere esatto, poichè, scendendo da una trattazione generale ad un esame dettagliato, si potrebbero trovare molti elementi di correzione, ma esso serve però abbastanza bene a rendere evidente l'importanza di un fenomeno, le cui conseguenze sono senza dubbio degne della nostra considerazione.

### *Costruzioni in calcestruzzo durante i periodi di gelo.*

Sfogliando la letteratura tecnica che tratta della costruzione degli impianti idroelettrici, noi troviamo qua e là l'accenno a qualche tentativo diretto alla risoluzione di questo problema, e si trova anche qualche traccia di risultati pratici raggiunti.

Durante la costruzione delle opere idrauliche, in special modo, il freddo colpisce, da un lato, i materiali e, dell'altro, la mano d'opera.

Circa la mano d'opera, pure diminuendo il proprio rendimento, possiamo dire che essa resiste già bene all'azione del freddo, poichè è ancora possibile, nei riguardi dell'elemento uomo, proseguire i lavori anche quando il termometro è sceso di parecchi gradi al disotto dello zero.

Invece i materiali e i mezzi d'opera di cui oggi disponiamo non consentono di eseguire opere murarie, con probabilità di buona riuscita, al disotto di tale limite: in prima linea fra questi materiali che soffrono il freddo è l'acqua, che entra sempre a far parte delle miscele agglomeranti.

(1) Relazione presentata il 20 dicembre 1931 alla Commissione permanente di studio della UNFIEL per gli impianti idroelettrici, e discussa nelle sedute del 13 aprile e del 1 maggio 1932, della Commissione stessa.

I tentativi ai quali si è accennato sono rivolti per la maggior parte a ritardare il congelamento dell'acqua di impasto: o mediante riscaldamento, oppure mediante l'aggiunta di sostanze idonee.

In un cantiere italiano, per la costruzione di una grande diga in calcestruzzo, si è gettato quest'anno durante il mese di ottobre, nonostante le basse temperature, poichè occorreva assolutamente raggiungere con la muratura una quota minima prestabilita.

Per un periodo di 20 giorni, l'acqua d'impasto è stata riscaldata mediante caldaia appositamente installata; si sono confezionati in media 330 mc di calcestruzzo al giorno e quindi in totale mc 6600 con una spesa unitaria di L. 0,60 per mc.

Oltre a questa spesa si dovette provvedere a proteggere il getto dai danni del gelo almeno fino a che questo non ebbe raggiunta una certa stagionatura.

Complessivamente, si è calcolato che quel calcestruzzo sia costato circa L. 0,80 al mc in più di quello confezionato nella stagione estiva.

Questo sistema ha però delle possibilità limitate di impiego, poichè se la temperatura scende a più di $2 \div 3$ gradi sotto lo zero, durante il getto, il riscaldamento dell'acqua di impasto perde efficacia, in quanto quest'acqua, durante il trasporto dalla betoniera al luogo di posa in opera, fa in tempo a congelarsi e ad indurire la massa: e questo vale in particolar modo per i calcestruzzi colati che, scorrendo nei canali metallici, presentano sia in contatto col canale che in contatto con l'aria, grandi superfici di dispersione di calore.

Migliore in tali circostanze, è il trasporto con vagonetti, il cui interno sia rivestito di legno; ma non sempre la disposizione degli impianti e la conformazione dell'opera lo permettono.

Per ottenere l'abbassamento del punto di congelamento dell'acqua, che trovasi in seno alla massa del calcestruzzo, si è anche adottato il provvedimento di aggiungervi del cloruro di calcio ($Ca\,Cl_2$) in proporzioni variabili fino al 5% in peso.

Si sono così ottenuti dei risultati abbastanza buoni e si è constatato che tale aggiunta può consentire di continuare i getti fino a — 6°, senza scapito delle resistenze del calcestruzzo.

L'aggiunta del cloruro di calcio, coi prezzi attuali, importa una spesa di circa $5 \div 6$ lire al mc di calcestruzzo.

Non bisogna però dimenticare che il cloruro di calcio fa aumentare il ritiro del calcestruzzo e ciò può essere fonte di non lievi danni alle opere.

L'acqua tuttavia non entra nel calcestruzzo che in proporzioni relativamente basse: se si considera che il peso d'acqua occorrente per un impasto non è che la quindicesima parte circa del peso degli altri materiali costituenti l'agglomerato, si può facilmente arguire come sia opportuno di agire anche su gli altri elementi.

I cementi a indurimento rapido sviluppano generalmente forti quantità di calore durante la presa e quindi sembrano tecnicamente bene adatti per i getti a bassa temperatura, ma il loro costo è ancora troppo elevato per poterne far uso nella esecuzione di opere di grande cubatura.

È stato anche sperimentato il sistema di riscaldare i materiali inerti prima del loro ingresso alle betoniere; occorre anzitutto evitare il raffreddamento dei materiali mentre si trovano nei depositi, perchè, specialmente la sabbia che contiene sempre qualche traccia di umidità, se lasciata in cumuli all'aperto forma presto una massa dura che non è più adatta all'impiego.

Tali depositi è bene siano quindi sistemati in maniera da presentare verso l'esterno la minima superficie possibile e ciò si può ottenere scavando delle fosse nel terreno oppure addossando i cumuli a pareti rocciose o a pareti di qualche opera muraria già costruita nelle vicinanze del cantiere.

Meglio sarà se i depositi potranno essere coperti, ma per far questo occorre quasi sempre una spesa non indifferente.

Le betoniere devono naturalmente essere installate in luogo coperto, riparato dai venti e riscaldato.

Se poi il freddo è particolarmente intenso, la semplice protezione dei materiali contro il raffreddamento non è più sufficiente e si rende necessario un vero e proprio riscaldamento di essi a mezzo di forni o con getti di vapore.

Il sistema del riscaldamento dei materiali inerti non risulta sia stato applicato in Italia: si ha notizia di qualche applicazione all'estero, anche per costruzioni eseguite in cemento armato e con piccoli spessori. Il costo di questo sistema deve però indubbiamente essere notevole, arrivando probabilmente ad un raddoppio del costo normale del calcestruzzo.

In un cantiere italiano d'alta montagna qualche, anno fa si è tentato di gettare il calcestruzzo fino ad inverno inoltrato, coprendo con baraccamenti le strutture da gettarsi e riscaldando l'ambiente; ma, in confronto alla spesa, il risultato non è stato conveniente.

Un accorgimento che in tutti i casi è bene venga seguito consiste nel gettare preferibilmente a strati di forte spessore, predisponendo il lavoro in modo da farlo progredire più in altezza che in estensione.

Concludendo, si può constatare che gli sforzi dei tecnici per combattere il freddo durante la costruzione degli impianti non mancano, ma molto rimane ancora da fare onde pervenire alla adozione di sistemi che risolvano il problema in modo del tutto soddisfacente ed economico.

*Spinta dei ghiacci nelle dighe di ritenuta.*

Ma il freddo ha altre conseguenze tecnico-economiche sulla costruzione degli impianti idroelettrici. Il regolamento italiano per la costruzione delle dighe di ritenuta, di recente pubblicazione, prescrive che nel calcolo delle opere di sbarramento si tenga conto di una spinta dei ghiacci, del valore di 2,5 tonn/m per ogni 10 cm di spessore del ghiaccio, ed applicata ad una profondità sotto il ciglio dello sfioratore, eguale alla metà dello spessore della lastra di ghiaccio.

Per conseguenza, ogni progetto di diga da costruirsi in Italia deve considerare questa sollecitazione, il che, per le dighe a gravità, porta ad *aumenti di cubatura variabili dal* 2%, *per le dighe di* 60 *metri di ritenuta, fino al* 47% *per le dighe di* 10 *metri.*

Queste percentuali sono state calcolate nella ipotesi di uno spessore di m 0,80 di ghiaccio, ipotesi che si è già dovuta ammettere per ottenere la approvazione di taluni progetti.

La questione della spinta dei ghiacci è già stata molto dibattuta ed il carattere generale di questa nota non consente qui un suo dettagliato esame: accennerò soltanto al fatto che tutti i tecnici addetti all'esercizio degli impianti idroelettrici, che ho avuto occasione di interpellare su questo argomento, si sono dichiarati con significativa unanimità, assai scettici sulla reale esistenza di una spinta dei ghiacci sui paramenti bagnati delle dighe.

Le osservazioni di questi tecnici, che vivono diuturnamente in diretto contatto con i loro impianti e hanno modo di seguire con continuità lo svolgimento di ogni fenomeno che in essi si presenti, si possono sostanzialmente così riassumere:

1°) Gli spessori del ghiaccio propriamente detto che si forma alla superficie dei serbatoi non raggiungono mai, nei nostri impianti, anche di altissima montagna, gli alti valori che vengono loro attribuiti nei progetti. Infatti, sezionando le formazioni apparentemente molto grosse, si riscontra facilmente che in esse soltanto una parte, dello spessore di 30 o al massimo di 40 centimetri, è costituita da ghiaccio compatto; il rimanente non è che neve gelata, talvolta trasportata dai venti ed avente costituzione aghiforme, porosa e fragile, che non può evidentemente produrre alcuna spinta perchè non ha resistenza alcuna.

2°) Basta una minima variazione nel livello, anche di pochi centimetri, perchè la lastra di ghiaccio si frantumi e quindi ogni possibilità di spinta sia evitata.

3°) La lastra di ghiaccio, per esercitare una apprezzabile ɔinta, dovrebbe funzionare come un solido caricato di punta, ɘl quale il rapporto fra le due dimensioni

$L$ = lunghezza della lastra di ghiaccio

$S$ = spessore del ghiaccio

a sempre un valore fortissimo, il che rende minima la resistenza el solido alla rottura.

4°) È difficile che il ghiaccio aderisca completamente al aramento delle dighe: fra ghiaccio e muratura si osserva uasi sempre una intercapedine libera; comunque, eventuali derenze pare si limitino a piccoli strati superficiali.

5°) Nei serbatoi stagionali alpini, per i quali maggiormente i vuole che sia considerata la ipotesi di sollecitazione di cui ci tiamo occupando, la formazione del ghiaccio si inizia generalnente quando è già cominciato lo svaso, e i massimi spessori i ghiaccio si misurano a febbraio avanzato e talvolta anche in ırincipio di marzo quando il livello del serbatoio è molto al isotto dello sfioratore.

Il punto 3° è stato oggetto anche di studi teorici i cui risultati ıanno condotto a valori assai inferiori a quelli regolamentari, a dimostrare che, quando l'estensione della lastra di ghiaccio upera i 150 metri (il che si verifica in quasi tutti i serbatoi) . valore della spinta che può prodursi è di un ordine del tutto rascurabile. Per $L = 200$ m ed $S =$ m 0,80, tale valore sarebbe i 0,61 tonn/m complessivamente e quindi di 75 kg/m per ogni o cm di spessore.

Quanto sopra dimostra che il problema della spinta dei ghiaci necessita di ulteriore studio; e sarebbe augurabile che si poessero iniziare delle indagini sistematiche atte ad accertare :on criteri uniformi di misurazione, il valore delle quantità che ;i usa porre a base dei calcoli di stabilità delle dighe (1).

Più precisamente gli accertamenti dovrebbero essere indirizːati a stabilire praticamente:

*a*) quali siano i reali spessori massimi di *ghiaccio compatto* :he si formano alle varie altitudini, in funzione della durata : del valore delle più basse temperature;

*b*) se durante il periodo in cui i serbatoi sono ricoperti lal ghiaccio, le opere di sbarramento siano realmente soggette ıd una spinta, ed in caso affermativo quale ne sia il valore ef:ettivo.

Se anche tali accertamenti pratici dovessero costare qualche ıacrificio, si ha la fondata persuasione che se ne otterrebbe un :ospicuo compenso, sotto forma di economia nelle costruzioni ıvvenire.

ːL FREDDO NELL'ESERCIZIO DEGLI IMPIANTI.

*Formazione di ghiaccio alla superficie dei serbatoi. - Scaricatori di superficie e paratoie automatiche.*

La formazione di ghiaccio alla superficie dei serbatoi e dei bacini di carico, che abbiamo brevemente considerata agli ef:etti della costruzione delle opere di sbarramento, ha la sua ımportanza anche nei riguardi dell'esercizio: più precisamente, l fenomeno può produrre dannosi effetti sul funzionamento legli scaricatori di superficie.

Parrebbe logico, ad un primo esame, di rilevare che le superfici libere delle acque si congelano nella stagione invernale, ɜ che per contro gli scaricatori di superficie funzionano in altri periodi dell'anno. Ma dobbiamo qui ricordare la già accennata constatazione che i massimi spessori di ghiaccio non si misurano nel cuore dell'inverno, ma bensì sul finire del periodo iemale.

(1) Vedi nota N. 1), appendice I.

La formazione di ghiaccio è un fenomeno di natura lenta e progressiva, sia nel periodo ascendente che in quello discendente: chi ha avuto occasione di visitare serbatoi delle nostre vallate alpine avrà potuto osservare che, mentre talvolta a dicembre le superfici libere sono ancora senza ghiaccio, nel mese di maggio vi si osservano ancora grossi lastroni che, se pure non formano come nei mesi precedenti una copertura continua, hanno però sempre considerevoli dimensioni. Questi lastroni si depositano sui margini del serbatoio man mano che il livello di questo si abbassa e, nella parte ancora sommersa, noi li vediamo galleggiare a simiglianza, sia pure in proporzioni molto ridotte, degli *iceberg* che ci descrivono i navigatori delle regioni polari. La completa scomparsa di queste formazioni avviene talvolta a giugno inoltrato, poichè gli effetti dell'avvento delle più miti temperature si fanno risentire assai lentamente.

Per contro, le piene appartengono alla categoria dei fenomeniche si sviluppano in modo relativamente improvviso: ne consegue che non è affatto impossibile che, nel periodo primaverile, si possano avere dei serbatoi ricolmi e sfioranti, alla superficie dei quali galleggino lastre di ghiaccio.

Sotto questo aspetto il tipo migliore, fra gli scarichi si supercie, è quello a semplice sfioratore con soglia in muratura, che lascia piena libertà alla evacuazione dei galleggianti portati dalla lama stramazzante. Appaiono invece evidentemente inadatti gli scaricatori a sifone, le cui bocche possono facilmente essere otturate dalle lastre di ghiaccio, sotto la pressione progressiva del battente d'acqua; e se eventualmente questa pressione fosse tale da vincere la resistenza del ghiaccio e da romperlo, i frantumi, tosto che fossero entrati nella canna del sifone potrebbero ivi produrre ancora ostruzioni pericolose.

Sempre nel campo degli scaricatori di superficie, restano da considerare le paratoie automatiche autolivellatrici; fra questi apparecchi troviamo in opera nei nostri impianti i tipi più svariati, ma agli effetti del problema che ci interessa potremo suddividerle in due categorie: le paratoie a comando diretto, ossia quelle che si muovono per azione del battente d'acqua sulla paratoia stessa, e le paratoie a comando indiretto, le quali sono manovrate dall'azione del battente d'acqua su organi intermediari che a loro volta trasmettono il movimento alla paratoia.

È ovvio che le paratoie appartenenti alla prima categoria sono preferibili e fra esse si presenta particolarmente esente dai danni del ghiaccio, il tipo a contrappeso libero, che si comporta in modo analogo ad uno sfioratore con soglia fissa in muratura.

Invece i tipi a contrappeso immerso, a galleggiante, a settore sommergibile, a cilindro, necessitano tutti di camere di comando ove l'acqua rimane ferma ed è quindi facilmente congelabile, a meno che tali camere siano protette da considerevoli spessori in muratura.

Congelandosi l'acqua nelle camere di comando, gli organi ausiliari di azionamento restano bloccati e la paratoia non ubbidisce più alle variazioni di livello del serbatoio a monte: sembra che un efficace provvedimento per evitare od almeno per attenuare tale inconveniente possa attuarsi ricoprendo la superficie libera dell'acqua nella camera di manovra (specialmente quando questa ha forma di pozzetto) con olio a basso punto di congelamento.

*Effetti del gelo sulle dighe, sui paramenti delle medesime e sulle pareti dei canali.*

Altri inconvenienti provocati dal freddo nell'esercizio dei serbatoi sono le fessurazioni nelle masse murarie per effetti di contrazione, e la degradazione dei relativi rivestimenti.

Circa il primo di tali inconvenienti poco di nuovo resta a dire dopo che è entrato nella pratica comune l'uso dei giunti di contrazione; essi rispondono egregiamente alla loro funzione di evitare spontanee ed irregolari fratture dei muri e la risoluzione di questo problema si può ormai considerare superata.

Le varie modalità di esecuzione dei giunti, come ad esempio la interposizione fra blocchi contigui di cartoni catramati e la spalmatura delle superfici con vernici bituminose, hanno dato tutte, salvo rare eccezioni, buoni risultati e quindi anche su questo punto non è il caso di intrattenersi.

Recenti misure di temperatura eseguite a mezzo di termometri a resistenza elettrica in alcune delle più importanti dighe italiane hanno rivelato, come d'altronde era anche facilmente prevedibile, che le variazioni di temperatura ambiente si risentono soltanto nella parte corticale della massa muraria, mentre i nuclei centrali conservano una temperatura media sensibilmente costante nelle varie stagioni dell'anno.

Questa constatazione induce a ritenere che anche dove si manifestano fessurazioni, esse debbano limitarsi alle zone superficiali e non estendersi a tutta la massa se questa ha spessori superiori agli 8-10 metri.

Si potrebbe quindi pensare al sistema di aumentare il numero dei giunti nelle dighe a gravità dal basso verso l'alto; in altre parole, la distanza fra due giunti contigui, in una determinata sezione orizzontale dell'opera, potrebbe determinarsi in funzione dello spessore della sezione considerata.

Senonchè si osserva giustamente da taluni che mentre una simile disposizione può essere razionale sotto il punto di vista che stiamo esaminando, non la è più se si considera che i giunti hanno anche il compito di eliminare i dannosi effetti del ritiro dei calcestruzzi durante la presa.

Molta incertezza regna nei riguardi della degradazione dei rivestimenti per effetto del gelo. Gli stessi rivestimenti (intonaco a mano, gunite, vernici bituminose applicate con pennello od a spruzzo) hanno dato in alcuni casi ottimi e duraturi risultati ed in altri si sono invece rovinati dopo la prima stagione di gelo.

Devesi ritenere quindi che i buoni o i cattivi risultati non stiano a indicare la bontà del tipo di rivestimento, ma soltanto la bontà *di esecuzione* del rivestimento stesso.

I rivestimenti a base di cemento, per dare una buona riuscita, richiedono tutti una speciale e meticolosa cura.

Anzitutto occorre una severa selezione degli ingredienti: sabbia ben pulita ed opportunamente granulata, cemento di ottima qualità e privo di ogni impurità, acqua esente da sospensioni terrose; in secondo luogo, una applicazione eseguita da mano d'opera specializzata, che conosca bene il modo di ottenere una perfetta aderenza fra muratura e manto; infine, dopo l'esecuzione e per un periodo più lungo possibile, la accurata preservazione del lavoro dall'azione degli agenti atmosferici, in modo da evitarne il dilavamento per opera di piogge violente, o il troppo rapido essicamento per esposizione diretta ai raggi del sole.

Provvedimenti analoghi richiedono i rivestimenti bituminosi.

Quando con la scrupolosa osservanza di queste norme di esecuzione si sarà ottenuto che il manto aderisca in ogni punto alla retrostante muratura, il gelo non rappresenterà più un grave pericolo, e il nostro lavoro potrà resistere a lungo.

Per assicurare maggiormente questa aderenza è preferibile che gli intonachi vengano eseguiti sulla muratura ancora fresca. È anche molto usata la retinatura dell'intonaco, ma sulla efficacia di questo provvedimento l'esperienza finora fatta non è tale da indicarlo con piena sicurezza di buon esito.

È assai diffuso il convincimento che fra i vari tipi di rivestimenti, la gunite sia poco idonea a resistere agli attacchi del gelo; si ritiene che il ghiaccio, insinuandosi fra le asperità della superficie rugosa, possa compiere più facilmente una azione deterioratrice. Questo convincimento non è però confermato dai risultati pratici: laddove la gunite è stata eseguita a perfetta regola d'arte, essa si è comportata egregiamente anche sotto questo rapporto (1).

(1) Vedi nota N. 2), appendice I.

Un altro tipo di manto che ha dato buoni risultati e si è dimostrato particolarmente adatto per resistere agli effetti del gelo è il rivestimento dei paramenti con bolognini a giunzioni accuratamente sigillate: il suo costo è però notevolmente superiore agli altri.

*Effetti del gelo sulle opere di presa dai serbatoi e relativi organi di comando* (cfr. pag. oo).

Abbiamo fin qui esaminati gli inconvenienti del gelo nell'esercizio dei serbatoi: da essi l'acqua defluisce quasi sempre a mezzo di organi di presa che si trovano al disotto del pelo liquido e assai sovente sul fondo dei serbatoi. Tali organi di presa sono evidentemente immuni dai danni del gelo in quanto che fuori del contatto diretto degli agenti atmosferici l'acqua si mantiene, specialmente se in grandi masse, a temperature di qualche grado sopra lo zero.

In alcuni casi devono però proteggersi contro il gelo i loro dispositivi di comando. Non di rado l'imbocco delle gallerie o dei tubi di presa e di scarico viene munito verso acqua di paratoie di soccorso atte a permettere, quando occorra, le riparazioni delle valvole installate nell'interno delle gallerie o nel corpo delle dighe.

Il comando di tali paratoie è destinato quindi a rimanere in parte sommerso e le trasmissioni relative devono attraversare la superficie dell'acqua ove è assai facile che vengano bloccate dal ghiaccio, ed immobilizzate.

Per ovviare a questo inconveniente sono state ideate recentemente delle soluzioni ingegnose per due dei più importanti nostri serbatoi ad alta quota.

In un caso si è adottato il comando a servomotore in olio, e lo si è installato sott'acqua presso la paratoia. I tubi di trasmissione sono stati interrati fino al paramento a monte e quindi, appoggiati al paramento stesso, si sono fatti risalire fino al coronamento della diga, ove, in un piccolo edificio, trovansi le pompe per la messa in pressione dell'olio e i relativi rubinetti di manovra.

Questo serbatoio entrerà in esercizio nel prossimo anno e quindi per ora non si è ancora potuto praticamente provare questa speciale installazione che in Italia, e forse anche all'estero, non crediamo abbia precedenti (1).

Per il buon funzionamento di un tale dispositivo occorre naturalmente che siano osservati, in costruzione e in montaggio, accorgimenti speciali: anzitutto i tubi devono essere calcolati per resistere anche alla pressione esterna, poichè quando per un motivo qualsiasi essi debbano svuotarsi dall'olio, possono rimanere soggetti ad una pressione di alcune atmosfere dall'esterno verso l'interno.

Altra condizione indispensabile è la perfetta tenuta delle giunzioni dei tubi per evitare che dell'acqua entri a mescolarsi con l'olio, e da questo venga trascinata nella parte di tubazione esterna ove, congelandosi, potrebbe provocare lo scoppio dei tubi.

In altro serbatoio si è installato il comando a catena della paratoia: si sono dapprima fatti esperimenti bloccando una catena in una massa di ghiaccio prodotta artificialmente e si è constatato, come era prevedibile, che nonostante l'impiego di un motore di considerevole potenza la manovra non poteva effettuarsi.

Venne allora costruita una zattera attraverso il cui piano si sono fatti passare due tubi entro i quali scorre liberamente la catena. I due tubi sono lunghi circa due metri e mezzo, dei quali mezzo metro al disopra della zattera e due metri al disotto; e sono riempiti di olio che congela a 30° sotto zero. Con tale dispositivo si confida di poter avere sempre libero il movimento delle catene: i risultati pratici del suo funzionamento si potranno conoscere nel prossimo anno.

(1) Vedi nota N. 3), appendice I.

*Effetti del gelo sulle opere di presa a pelo libero.*

La maggior parte degli impianti non ha serbatoi ed in tal caso la presa avviene a mezzo di traverse di piccola altezza che formano bacini poco profondi e non destinati a produrre accumulazione di acqua.

La limitata profondità di tali bacini, situati nei letti dei fiumi, è soggetta ad essere ricolmata dalle portate solide, il che consiglia di situare le bocche di presa alla più elevata quota possibile; l'acqua entra dunque a pelo libero in queste bocche, ed ecco che ci ritroviamo davanti alla possibilità di inconvenienti provocati dalle rigide temperature invernali, analoghi a quelli già considerati per gli scaricatori di superficie.

Senonchè, mentre questi ultimi possono essere costruiti in modo da lasciar libero deflusso ai ghiacci galleggianti, le bocche di presa devono invece impedire assolutamente che qualsiasi elemento solido entri nei canali.

A tale scopo devono essere protette da griglie, le quali, perchè siano meno facilmente ostruibili dalle formazioni di ghiaccio, devono essere del tipo a spazi larghi. Siccome però tale tipo mal si presta alla trattenuta delle ghiaie, occorrerà siano seguite da una vasca di sghiaiamento, con relativi scarichi e da un'altra griglia fine in posizione protetta contro il gelo.

Da taluno si preferisce installare griglie fini soltanto all'imbocco delle condotte forzate.

Se il canale è completamente all'aperto e non offre possibilità di protezioni contro il gelo nemmeno all'imbocco delle condotte forzate, non rimarrà altro mezzo che una accuratissima sorveglianza delle griglie fini che ivi è assolutamente necessario installare.

In un impianto idroelettrico italiano a bassa caduta, nel febbraio del 1929, essendosi raggiunta una temperatura esterna di — 19°, le singole aste delle griglie divennero il nucleo centrale di formazione di manicotti di ghiaccio che finirono col saldarsi l'uno coll'altro in brevissimo tempo.

La progressiva diminuzione della luce libera, mentre le macchine funzionavano a pieno carico, creò ben presto un abbassamento di livello a valle, e quindi un battente d'acqua considerevole sulle griglie. Queste, pur essendo state prudenzialmente calcolate per una differenza di livello fra monte e valle di m 1,50, non resistettero alla spinta e si schiantarono. È facile immaginare quali gravi danni derivarono all'impianto quando si sia detto che alcuni elementi della griglia furono ritrovati nella camera a spirale delle turbine; tra l'altro, la centrale dovette rimanere fuori servizio circa una settimana.

Si è calcolato che le griglie, le quali erano sostenute da una robusta intelaiatura in cemento armato, abbiano ceduto sotto una differenza di battente di circa 5 metri.

Tutto ciò avvenne nello spazio di poche ore durante la notte.

Per evitare il ripetersi dell'inconveniente si era pensato dapprima di riscaldare le griglie durante il periodo di gelo immettendovi corrente a bassa tensione e a forte intensità, ma la quantità di energia che si sarebbe dovuta impiegare risultò troppo elevata, e non fu possibile attuare un simile provvedimento.

Si sono invece ricostruite le griglie ad elementi di piccole dimensioni facilmente asportabili, di modo che, durante i periodi di maggior freddo, una squadra di operai provvede al continuo ricambio e alla disincrostazione dei singoli elementi.

Pare che l'origine dell'inconveniente sia stata allora determinata da una leggera formazione di ghiaccio che si produceva alla superficie del canale scoperto, lungo circa 3 km. Questo ghiaccio, pur essendo di minimo spessore, andava a fermarsi contro la parte superiore delle griglie, ove si accumularono facilmente più strati consecutivi; cominciò così a bloccarsi la griglia lungo una linea orizzontale a fior d'acqua: in seguito il ghiaccio si propagò dall'alto al basso fino alla ostruzione quasi completa della luce (1).

(1) Vedi nota N. 4), appendice I.

Un fenomeno ancor più singolare ebbe a verificarsi in altro impianto nel successivo inverno 1930-1931.

L'impianto che ebbe a subire il danno alle griglie descritto più sopra aveva, come si disse, un canale completamente allo scoperto della portata di 100 mc/sec e della lunghezza di circa 3 km: invece in quest'altro impianto, a media caduta, il canale adduttore è costituito da una galleria a grande sezione tutta internata nella roccia e lunga ben 19 km, ove l'acqua scorre a pelo libero.

All'uscita dalla galleria, l'acqua entra in una vasca di carico scoperta, della superficie di non più 3000 mq e profonda m 8 e quindi viene immessa nella condotta forzata attraverso le griglie.

Si noti che la detta vasca trovasi ad una quota di circa 400 metri s.l.m.; e quindi, se si considera che riceve acqua proveniente da una lunga galleria in roccia, sembrerebbe che essa dovesse trovarsi in buone condizioni contro i pericoli del gelo.

Invece vi si formò, nello scorso inverno, uno strato di ghiaccio di oltre 4 metri di spessore, che, pur non avendo arrecato danni alle opere, obbligò ad arrestare il funzionamento della centrale.

Al riguardo si sono fatte molte ipotesi, fra le quali la più probabile è che il ghiaccio trovato al bacino di carico provenisse dalla presa e dall'esteso bacino di decantazione che trovasi fra la presa e la galleria di derivazione.

Probabilmente il personale addetto alla presa, visto che le griglie poste all'ingresso della galleria parzializzavano l'entrata dell'acqua, deve aver tolto qualche elemento di queste. Attraverso tale apertura devono essere passati molti pezzi di ghiaccio che, arrestati poi al bacino di carico dalle griglie di protezione delle tubazioni, si sovrapposero l'uno all'altro fino a formare l'enorme spessore sopraindicato.

Sembra però strano che con un percorso di 19 km in una galleria sotterranea, il ghiaccio abbia potuto conservarsi fino a raggiungere il bacino di carico.

I due casi sopra accennati si riferiscono ad impianti di grande portata con griglie di alcune centinaia di mq di superficie: assai più facile è l'ostruzione, per effetto del ghiaccio, delle griglie di dimensioni più ridotte appartenenti ad opere di derivazione con piccole portate.

Queste si trovano per lo più ad alta quota in località ove non è possibile una sorveglianza permanente: occorrono per esse frequentissime ispezioni da parte del personale addetto alle acque, onde evitare che i piccoli contributi delle prese secondarie, che talvolta assommati aumentano notevolmente la disponibilità del canale principale, abbiano a rimanere deviate dalle formazioni di ghiaccio.

Dette formazioni sono difficili a prodursi fino a che una minima quantità di acqua passa attraverso le griglie, ma basta una sola notte di intenso gelo perchè anche quel poco manchi ed allora l'occlusione completa della griglia è inevitabile. E fino a quando non si interviene a liberarla essa non lascerà più passare nemmeno una goccia d'acqua, dappoichè se si aspettasse il naturale disgelo esso potrebbe anche tardare alcuni mesi.

*Effetti del gelo sui canali di derivazione e sui pozzi piezometrici.*

Una delle parti meno vulnerabili agli effetti del gelo, in un impianto idroelettrico, è il canale derivatore.

Se il canale è in pressione è anche quasi sempre internato e quindi lontano dal contatto con la fredda atmosfera; se il canale è a pelo libero, quando non sia internato nella montagna è quasi sempre coperto.

Allo scoperto troviamo soltanto i canali di alcuni impianti a bassa caduta e a forte portata: si è già accennato più sopra alla formazione di un sottile velo di ghiaccio in uno di questi canali; non si ha notizia però che il canale stesso ne sia stato danneggiato.

Più facilmente danneggiabili sono i piccoli canali scoperti rivestiti in muratura intonacata: in un impianto dell'Appennino

emiliano, in un solo inverno, l'intonaco di uno di questi canali venne completamente asportato dal ghiaccio in movimento sulla superficie liquida.

Per evitare un tale inconveniente, che può ripetersi nonostante qualsiasi accurata applicazione del manto, è consigliabile di eseguire gli intonachi assieme ai getti di calcestruzzo dei piedritti in modo che essi formino con questi ultimi un unico corpo: ciò si può ottenere a mezzo di armature formate con tavole piallate contro le quali venga gettata della malta di cemento immediatamene prima del getto di calcestruzzo.

I pozzi piezometrici, per la loro stessa funzione, hanno un livello molto incostante: circostanza questa già sufficiente a contrastare le formazioni di ghiaccio. Aggiungasi che, nella maggior parte dei casi, sono scavati nella roccia e quindi protetti contro l'azione della temperatura esterna.

Sono quindi assai scarse le possibilità di congelamento della superficie libera; cionondimeno i pozzi piezometrici costituiscono sempre un elemento da tenersi ben sorvegliato, quando, per qualsiasi motivo, si arresti il funzionamento di una centrale ed anche quando essa funzioni per lungo tempo a carico costante.

Non si ha notizia che si siano mai constatati, in queste parti degli impianti, formazioni di ghiaccio di una qualche entità; ma ove ciò, per una eccezionale concomitanza di circostanze straordinarie, avesse a verificarsi, i danni che ne potrebbero derivare ad un impianto sarebbero, con tutta probabilità, assai gravi.

*Effetti del gelo sulle condotte forzate.*

Le condotte forzate, specialmente quelle che, essendo alimentate da serbatoi, fanno parte di impianti adibiti al servizio di punta, costituiscono forse la parte più delicata dei nostri impianti alpini, sotto il riguardo degli effetti del gelo.

Gli impianti che utilizzano le portate naturali, senza accumulazione, sono quasi costantemente in marcia e, nelle loro condotte forzate, l'acqua è sempre in movimento: nessun danno è quindi da temersi, nonostante qualsiasi abbassamento di temperatura.

Gli impianti a serbatoio, invece, per essere ben sfruttati, devono ridurre a poche ore del giorno il loro funzionamento e rimanere inattivi delle ore notturne e festive.

Ecco quindi la necessità di preoccuparsi seriamente delle tubazioni entro le quali l'acqua ferma che si congela può dar luogo a veri disastri e produrre danni di ordine ben più grave di quelli che il gelo possa fare in ogni altra parte dell'impianto.

Una prima domanda che si pone il tecnico dell'esercizio è questa: si deve vuotare la condotta durante i periodi di sosta o si deve lasciarla piena?

Anzitutto ha molta influenza sulla rapidità di congelamento il diametro della tubazione: le condotte di piccola sezione sono le più pericolose, mentre, quando si superano i 50÷60 cm di diametro, l'aumento notevole di massa d'acqua da congelare fa sì che occorra un tempo molto maggiore prima che la formazione di ghiaccio possa danneggiare il tubo.

Si è constatato che in una tubazione piena si forma dapprima una incrostazione anulare di ghiaccio sulla superficie interna: tale formazione aumenta gradualmente il suo spessore dall'esterno verso l'interno ed occorre arrivare fino alla quasi completa solidificazione della massa prima che lo sforzo conseguente all'aumento di volume sia tale da provocare danni alla tubazione.

È evidente che, a parità di temperatura, la velocità di congelamento sarà eguale qualunque sia il diametro del tubo e che, quanto più piccola è la tubazione, tanto più presto si raggiungerà quel rapporto critico fra volume solido e volume liquido che provoca lo scoppio della tubazione.

Esaminiamo ora quale sia il sistema più conveniente per evitare questo danno. Se noi vuotiamo la tubazione, parrebbe logico supporre che ogni timore di danno possa ritenersi allontanato; ma così non pare che sia, se si presta attenzione al fatto che alcuni fra i più gravi inconvenienti di cui si ha notizia sono avvenuti dopo che la tubazione era stata vuotata.

Questo deriva dal fatto che difficilmente noi possiamo avere a nostra disposizione apparecchi di chiusura a perfetta tenuta, e tali da impedire totalmente l'ingresso dell'acqua in tubazione, quando questa è vuota. In testa alle condotte forzate noi troviamo assai spesso installate delle valvole a farfalla, le quali notoriamente non sono adatte ad una tenuta ermetica. Ma anche nelle ipotesi più favorevole che gli apparecchi di chiusura all'inizio delle condotte siano del tipo a saracinesca o comunque di altro tipo più idoneo, la ermeticità assoluta potremo averla per un breve periodo iniziale d'esercizio, trascorso il quale è ben difficile che qualche lieve perdita non si verifichi.

E tanto più la perdita è lieve tanto più è pericolosa, poichè è più facile che passi inosservata.

Esattamente dieci anni fa, nel famoso inverno 1921-1922, una eccezionalissima magra costrinse ad un razionamento della produzione delle Centrali. Tra le altre disposizioni emanate dal Commissario Governativo, appositamente nominato, vi fu la prescrizione di non attingere acqua dai serbatoi per tutto il periodo compreso fra la vigilia di Natale e l'Epifania.

Una centrale che, per ottemperare a tale provvedimento, doveva rimanere completamente ferma, provvide senz'altro allo svuotamento delle condotte forzate, costituite da tre tubazioni del diametro di 30 cm.

Dopo oltre una settimana, e precisamente il mattino del 3 gennaio, un pauroso boato diede la sveglia a tutta la vallata, anche a distanza di molti chilometri: una delle tre tubazioni era scoppiata e per un tratto di circa 200 metri era uscita dalla sua sede a guisa di un enorme serpe, svellendo e sradicando pali ed alberi che si trovavano nelle vicinanze, come può fare una falce con l'erba di un prato.

Era avvenuto che l'imperfetta tenuta delle valvole all'origine delle condotte aveva causato il graduale riempimento delle tubazioni: il successivo congelamento dell'acqua così introdottasi nei tubi, ne aveva provocato lo scoppio violento.

È interessante rilevare che lo scoppio non è avvenuto nella parte più bassa, ma a circa 500 metri dalla Centrale, la condotta essendo lunga oltre m 2000: questa apparente stranezza è però facilmente spiegabile come si dirà più avanti.

Nel tratto scoppiato, il tubo era completamente pieno di ghiaccio, salvo un foro centrale di circa 4 cm estendentesi per tutta la lunghezza del tubo.

In un'altra centrale, in occasione di una fermata di alcuni giorni, si era provveduto al vuotamento della tubazione: nel giorno in cui si doveva riprendere servizio si iniziò il riempimento, ma dopo poco ci si accorse che i manometri di controllo della Centrale non accennavano a muoversi e che il collettore rimaneva vuoto: sospeso il riempimento e ordinata una accurata ispezione lungo la condotta, si constatò, dopo una giornata intera di ricerche, che in corrispondenza di un vertice si era formato, per il congelamento delle perdite di una valvola, un tappo di ghiaccio che ostruiva tutta la tubazione per una lunghezza di circa 6 metri.

La tubazione venne riscaldata ed il danno si limitò ad una giornata di ritardo nella ripresa del servizio della centrale: ma in altro caso analogo il personale non si accorse in tempo che al collettore non giungeva acqua, e il riempimento proseguì fino a che sul tappo di ghiaccio si formò una pressione tale che questo partì, come proiettile nell'anima di cannone, e giunto al primo vertice sfasciò completamente la condotta e il relativo ancoraggio.

La gravità degli inconvenienti ora ricordati è tale da rendere assai perplessi sulla opportunità di vuotare le condotte in caso

di soste nel funzionamento della centrale, ma tale pratica è anche sconsigliabile per altre due ragioni. In primo luogo, le guarnizioni di tenuta delle giunzioni, se lasciate al freddo e fuori contatto dell'acqua in pressione, si guastano facilmente, si screpolano e al successivo riempimento, si trovano molte giunte che perdono, il che talvolta rende necessario un nuovo svuotamento per il ricambio delle guarnizioni.

Infine bisogna considerare che, vuotando le tubazioni d'inverno, si spreca dell'acqua proprio nel momento in cui gli impianti ne sono scarsi.

Per tutte queste ragioni si deve ritenere preferibile la pratica di mantenere sempre le condotte in pressione, a meno che la durata del periodo di inattività della centrale o della singola condotta sia molto lunga. Dovranno però usarsi opportune provvidenze atte ad evitare il congelamento dell'acqua.

Il provvedimento più semplice è quello di lasciar defluire una piccola quantità di acqua lasciando aperto un apposito rubinetto di scarico inserito sul collettore.

Ma se il sistema *a scarico continuo* è semplice, è anche troppo empirico e irrazionale; non si sa quale sia il minimo quantitativo da lasciar defluire per conservare all'acqua quel lieve movimento che le impedisca di congelarsi, e perciò il personale sarà tratto ad abbondare per timore di peggiori guai; inoltre gli scarichi strozzati, specialmente se la pressione sul collettore è notevole, si logorano con grande rapidità. Dunque lo scarico continuo ci fa perdere dell'acqua, della quale non è facile conoscere la quantità e per di più nuoce agli organi di scarico.

Più conveniente è il sistema *a ricambio periodico*. Si è ormai constatato, in base all'esperienza di numerosi impianti, che per condotte di diametro superiore ai 50 cm e per temperature fino a — 10°, si può mantenere l'acqua completamente ferma in tubazione per 12÷15 ore senza pericolo di danni. Basterà dunque, poniamo ogni dodici ore, mettere in marcia una macchina in parallelo sulla rete e farle consumare tutta l'acqua contenuta in condotta, il cui quantitativo noi possiamo calcolare con tutta esattezza. Avremo così ottenuto il ricambio completo dell'acqua, avremo immesso in tubazione nuova acqua a 3°÷4° sopra zero, saremo sicuri di poter stare tranquillamente fermi per un eguale periodo di 12 ore e, ciò che dobbiamo sempre aver presente, non avremo sprecato nulla.

Un ulteriore miglioramento di questo sistema pare sia dato dal *riscaldamento del collettore*, il quale avrebbe specialmente efficacia quando le tubazioni fossero due o più in parallelo. Mantenendo il collettore in un ambiente a temperatura di 15°÷20°, quale si ha usualmente in centrale, la differenza di temperatura con l'esterno sembra provochi una leggera circolazione, basata sullo stesso principio di funzionamento dei comuni termosifoni. Sulla utilità di un tale riscaldamento non abbiamo ancora a nostra disposizione nè studi teorici, nè prove pratiche sicure; ma è probabile che con tale accorgimento il perodo di fermata nel sistema a ricambio periodico possa essere portato da 12 ore a 24 ore.

Descrivendo lo scoppio di una tubazione avvenuto nell'inverno 1921-1922, abbiamo accennato al fatto che lo scoppio si verificò nella parte mediana e non nella parte inferiore: come può spiegarsi il più rapido congelamento di una tratta che indubbiamente si è riempita più tardi? Non può ammettersi altra spiegazione, se non quella, plausibilissima, che il collettore, che appunto trovavasi nell'interno della centrale riscaldata, abbia provocato nella parte più bassa un movimento di circolazione. Il disastro si è egualmente verificato più a monte, sia perchè l'acqua vi rimase non ricambiata per parecchi giorni sia perchè il diametro dei tubi era assai piccolo (cm. 30), ma è fondata l'ipotesi che, senza il concorso di queste circostanze aggravanti, il riscaldamento del collettore avrebbe esteso anche più lontano il suo benefico effetto.

In alcuni impianti si è anche proveduto a sotterrare le tubazioni: tale accorgimento è però costoso, e non sempre è possibile, perchè in taluni impianti le condotte corrono su falde rocciose ove non si trova disponibile materiale di copertura. Inoltre esso pare raccomandabile soltanto se il tracciato si svolge in zone poco batture dal sole, poichè in caso contrario, anche in pieno inverno, l'azione diretta del sole, sia pure per poche ore del giorno, può giovare molto.

Un impianto della Valle Camonica, con tubazione interrata, viene normalmente tenuto fermo a condotta piena, con temperatura di — 15° e per 24 ore consecutive, senza che si sia mai verificato inconveniente alcuno.

*Il gelo; gli organi di regolazione e di chiusura delle condotte e i relativi comandi.*

Abbiamo visto che, specialmente negli impianti a serbatoio, le condotte forzate sono soggette ai danni del gelo allorchè siano tenute fuori servizio per diverso tempo; per gli organi di chiusura e di scarico, che sono annessi alle tubazioni, invece, il pericolo esiste qualunque sia il diagramma di funzionamento della centrale.

Questo perchè quasi tutti i tipi di valvole hanno qualche cavità ove l'acqua rimane ferma ed immobile per tutto il tempo che intercorre fra una manovra e quella successiva: fanno eccezione a questa regola le valvole a farfalla.

È ormai entrata nell'abitudine dei costruttori di impianti di proteggere questi organi con cabine in muratura o in legno, ma talvolta questo non basta, e bisogna proprio ricorrere al riscaldamento di tali ambienti se si vuole eliminare ogni timore di danni. Questo dicasi in special modo per le valvole comandate da servomotori idraulici.

Particolare attenzione deve pure rivolgersi alle valvole di scarico e rientrata d'aria: intorno al galleggiante e sopra alla sede anulare di tenuta è assai facile la formazione di un leggero strato di ghiaccio che, bloccando la valvola, può cagionare gravissimi danni quando, in tali condizioni, si producano brusche variazioni di carico, o si debba vuotare o riempire la tubazione.

Si è notato poi che la maggior parte delle rotture verificatesi a causa del gelo nelle valvole, hanno colpito apparecchi di ghisa: pare vada affermandosi nei tecnici della siderurgia il convincimento che questo materiale, sottoposto a temperature molto basse (10° ÷ 15° sotto zero), modifichi la propria struttura molecolare, e diventi più fragile e meno resistente.

Di conseguenza è consigliabile che le valvole, di qualsiasi tipo esse siano, quando debbano installarsi in località soggette a freddi intensi, vengano costruite in acciaio invece che in ghisa, almeno in quelle parti che devono resistere alla pressione dell'acqua. La differenza di costo può ritenersi in media del 15% e la maggior spesa è largamente compensata dalla maggiore sicurezza di esercizio, e non solo agli effetti del gelo.

Per la manovra delle valvole, in questi ultimi anni, sono andati rapidamente diffondendosi i comandi a trasmissione teledinamica mediante liquidi in pressione.

Tali comandi si attuano attraverso tubazioni di piccole dimensioni e quindi in essi l'acqua sarebbe troppo facilmente congelabile: per tale motivo l'impiego dell'acqua è limitato alle manovre in sito, in locali ove sicuramente la temperatura non ha possibilità di abbassarsi oltre certi limiti, come per esempio nei locali che fanno corpo con le centrali o con le case di abitazione del personale di guardia.

Più frequente è l'impiego dell'olio, del quale si fabbricano tipi a bassissimo punto di congelamento (fino a — 35°).

Tali olii però non rispondono sempre completamente alla particolare funzione che è loro assegnata, perchè finora si è curato soltanto di ottenere prodotti a basso punto di congelamento: e questo non è sufficiente. Occorre studiare la curva di viscosità di tali olii alle basse temperature perchè, evidentemente, poco importa all'esercente avere un olio che congela a — 35°

piuttosto che un altro che congela a — 20° quando entrambi, per esempio a — 10°, hanno già una densità tale che li rende inadatti a far funzionare i comandi.

Pare che sotto questo punto di vista una importante ditta italiana stia eseguendo esperienze ed è augurabile che esse possano portare ad una completa soluzione del problema che, per gli esercenti, non è ancora risolto.

Per aumentare la fluidità degli olii a bassa temperatura, si consiglia da qualche ditta fornitrice degli apparecchi di comando, di mescolare all'olio del petrolio nella proporzione del 20% circa, ma una tale miscela può forse col tempo deteriorare gli apparecchi e le relative tubazioni.

Molto usate sono pure le miscele a base di glicerina; taluni esercenti impiegano con ottimo risultato una mescolanza nelle seguenti proporzioni:

| | | |
|---|---|---|
| Glicerina ........................ | litri | 150 |
| Acqua ........................ | » | 100 |
| Bicromato potassico .............. | gr. | 700 |
| Carbonato di soda calcinata........ | » | 1300 |

***

Abbiamo così terminato di passare in rassegna tutte le parti di un impianto idroelettrico sulle quali il gelo può produrre effetti più o meno dannosi: non si poteva che sfiorare, in rapida sintesi, i vari problemi che restano ancora da risolvere, ma si è cercato però di accennare a tutti, in un quadro più completo possibile, per richiamare l'attenzione dei tecnici che hanno particolare competenza in ciascuna questione specifica.

I problemi del gelo non sono certo fra i più importanti nella visione generale dei nostri impianti: talora sembra che siano tutt'affatto trascurabili perchè passano lunghi anni senza che essi ci diano da pensare; ma non dimentichiamo che si tratta di un nemico insidioso, che dopo essere stato nascosto per tanto tempo, ci dà battaglia dove e quando meno ce l'aspettiamo.

ING. ALBERTO TACCANI.

# Appendice I

## (Note ed osservazioni trasmesse per iscritto alla Segreteria della Commissione)

1) Nota del PROF. E. SCIMEMI:

Per quanto appassionate siano state le discussioni sulla spinta dei ghiacci contro il paramento a monte delle dighe, non mi consta che siano stati fatti dei rilievi od esperimenti fuori che in piccole vasche. Poichè la formazione dei grossi lastroni di ghiaccio non è repentina, ma si fa a strati successivi, è naturale che alla formazione stessa segua una espansione che può essere facilmente permessa dalle sponde del lago artificiale senza provocare alcuna spinta contro lo sbarramento. Per tal fatto si ritiene che la azione prevalente della spinta dei ghiacci sia dovuta, non alla formazione rapida, bensì all'aumento di temperatura che può conseguire per un rapido alzamento della temperatura esterna (sempre sotto zero). Ma poichè è noto che l'acqua che trovasi al di sotto dello strato di ghiaccio è sempre a temperatura di zero gradi, od anche maggiore, sembrami discutibile la opinione che coll'aumentare della temperatura giornaliera o stagionale dell'aria, il ghiaccio abbia a provocare le sensibili pressioni che risultano dal calcolo. Pertanto mi sembra che alcuni esperimenti da farsi in proposito potrebbero essere molto utili ed in tal caso sarebbe necessario esplorare anche la temperatura del lastrone di ghiaccio per verificare le ipotesi del calcolo. Dippiù si dovrebbe notare, ed anche questo potrebbe essere oggetto di osservazione, che il ghiaccio coll'abbassamento di temperatura abbassa anche il suo carico di rottura. L'ingegnere canadese Barnes, in una vecchia pubblicazione, ha comunicato che passando da zero gradi a — 10° C. il carico di rottura del ghiaccio scende alla metà circa di quello a zero gradi.

In una recente statistica di dighe abbattute od avariate per varie cause (Proced. Am. Soc. Cic. Eng. gennaio 1932) trovo che su 367 avarie, 17 sono dovute al ghiaccio; ma bisogna considerare che a tale categoria appartengono anche i casi in cui il ghiaccio ha avuto azione disgregante sul paramento interno, onde non si può distinguere dall'elenco quali siano i casi in cui la azione determinante sia la *spinta* dei ghiacci.

2) Nota dell'ING. MIRONE:

Ritengo io pure che la gunite, se fatta bene, cosa che non sempre succede, e specialmente se viene curata con scrupolo quasi pedante la ravvivatura e la pulizia preventiva del paramento da intonacarsi resista benissimo al gelo. Ritengo pure, cosa della quale l'autore si dimostra invece dubitoso, che la retinatura degli intonachi e specialmente della gunite, sia molto efficace; ma anche qui occorrono cure assai scrupolose nella posa in opera della rete, essendo sopratutto indispensabile assicurarla saldamente al paramento, con molte legature in filo di ferro, legature che bisogna ricordarsi di mettere in opera durante l'esecuzione della muratura. L'Autore, mentre tratta dei danni che il gelo può produrre ai rivestimenti delle dighe (e implicitamente intende i rivestimenti a monte) non fa cenno dei danni che in molti casi il gelo ha fatto ai paramenti a valle delle dighe in calcestruzzo, i quali di solito non vengono rivestiti.

Per non parlare di altri casi, è noto quanto è successo alle due dighe dell'impianto del Wäggital «Schräh e Rempen) le quali, pur trovandosi a modeste altitudini (900 e 640 metri rispettivamente) hanno avuto, dopo due o tre anni dalla costruzione, gravi danni ai paramenti a valle, tanto che si è dovuto asportare uno spessore di circa 30 cm. di calcestruzzo e provvedere a costosi rivestimenti: per la prima in granito, per la seconda in beton a ricca dosatura di cemento speciale. In entrambi i casi il paramento originario era formato da calcestruzzo colato a dosatura assai bassa (190-200 kg. di cemento normale) ma tuttavia esuberante, secondo gli ordinari criteri che tengono solo conto della resistenza alla compressione. È questo un punto che mi sembra debba essere tenuto ben presente, nello studio delle dosature dei calcestruzzi colati, poichè spesso si è portati a ridurre esageratamente il tenore di cemento, preoccupandosi soltanto dei risultati delle prove a compressione che si eseguiscono in laboratorio. Per maggiori dettagli circa gli inconvenienti verificatisi al Wäggital e ai provvedimenti presi si veda « Schweizerische Bauzeitung », 31 ottobre 1931 e numeri seguenti.

3) Nota dell'ING. BORDINI (in data 10 maggio 1932):

Malgrado l'adozione di oli incongelabili fino a — 30° circa (almeno così definiti dai fornitori), già con temperature inferiori ai — 10° si è constatato che l'olio assume una tale densità, o meglio viscosità, da rendere faticosissima e spesso inefficace la trasmissione idrodinamica.

Si è ricorso quindi a miscugli con oli molto meno densi che poi nella stagione estiva hanno l'inconveniente di divenire eccessivamente fluidi dando luogo a dispersioni attraverso le giunzioni dei tubi conduttori e delle casse dei servomotori.

Per l'impianto idrodinamico di comando degli organi di scarico, di presa e di superficie della diga accennata dal Relatore; impianto che rappresenta un dispositivo di grande importanza e delicato per la circostanza che le tubazioni di conduzione dell'olio in pressione si svolgono generalmente all'esterno e altresì i servomotori delle paratoie di riserva restano quasi permanentemente sott'acqua, si è divisato di rendere, nell'inverno, la dovuta fluidità all'olio procedendo al riscaldamento di esso addirittura nel serbatoio, a cui attinge la pompa di alimentazione.

Sarà interessante vedere l'efficacia di tale provvedimento, e nel caso che esso dia il mezzo di potere in modo così semplice girare il grave inconveniente su descritto, sarà opportuno richiedere alle ditte fornitrici di tali apparecchiature, che sieno previsti, o nelle pareti o nell'interno del serbatoio dell'olio, appropriati dispositivi di riscaldamento, che non costituiscono in nessun caso pericolo di accensione del predetto liquido.

Negli anzidetti impianti di trasmissione idrodinamica, spesso occorre difendere organi delicati di movimento (come madreviti, viti senza fine, alberi, pignoni, ecc.) dall'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua, se immersi.

Si ricorre allora a tubi o camere di custodia a tenuta ermetica e che si riempiono d'olio, affinchè non vi penetri l'acqua.

Ma in qualche impianto, data la inefficace tenuta della custodia, è penetrata dell'acqua, l'olio in parte è stato scacciato, e in determinate circostanze si è formato del ghiaccio nell'interno che ha provocato seri inconvenienti. In tali casi si è suggerito quanto segue:

1°) Migliorare la tenuta delle custodie. Su tal punto è desiderabile che le ditte fornitrici si sforzino di raggiungere la maggiore perfezione, altrimenti l'applicazione dei sistemi idrodinamici può divenire inapplicabile nei casi in cui occorre sommergere sott'acqua tutti o parte dei dispositivi.

2°) Collegare con una tubazione i dispositivi di custodia, che faccia capo a un serbatoio d'olio posto al disopra del livello massimo del serbatoio, a quota tale che la pressione interna dell'olio sia maggiore di quella massima esterna. In tal caso, se si determinerà un difetto di tenuta, l'acqua non potrà penetrare, e l'olio che esce sarà costantemente rinnovato dal detto serbatoio mantenuto a livello costante.

Con un apparato di tal genere è necessario che:

*a*) in nessun caso l'olio possa costituire impedimento al movimento, e quindi deve potere circolare, in modo che non possano formarsi zone di vuoto o zone in pressione nell'interno dei meccanismi;

*b*) che conseguentemente al punto *a*) l'olio sia incongelabile, altrimenti potrebbe, in date circostanze, impedire la circolazione e il rifornimento stesso, con la conseguenza di rendere inutile il provvedimento e spesso addirittura pericoloso.

4) Nota del Prof. Scimemi:

Per il ghiaccio alle prese il problema si presenta molto grave. Come è riferito nella presente Relazione, quando le prese sono a quota profonda nell'acqua non vi sono pericoli; ma appena le griglie arrivano presso la superficie c'è il timore che l'esercizio possa essere addirittura bloccato dalle formazioni di ghiaccio. Finchè l'acqua è in movimento essa può essere portata a temperatura inferiore allo zero senza che si congeli, i ghiacciuoli sono cioè piccolissimi e l'acqua li porta in soluzione tanto che il cosidetto *ghiaccio liquido* è oggi concezione fisica accettata; ma non appena la corrente ritardi o si arresti, si rompe l'equilibrio instabile e la formazione del ghiaccio può essere assai rapida, come accade nei bacini di decantazione presso le griglie. Una commissione americana si è occupata abbastanza diffusamente di questi problemi e ne ha riportato le conclusioni (ed una estesa bibliografia) nei Proceedings Am. Soc. Civ. Eng., dell'aprile 1930.

Il Relatore riferisce di alcune prove fatte sui nostri impianti a mezzo di riscaldamento elettrico; ma sarebbe interessante conoscere le modalità seguite in tale tentativo. Per quello che riferiscono gli stranieri pare che il riscaldamento delle griglie sia molto efficace; si seguono per questo due metodi: o le griglie stesse, opportunamente isolate, sono sede del passaggio di corrente elettrica, oppure le griglie sono cave e nel loro interno contengono un vero e proprio impianto di riscaldamento ad aria o ad acqua. In entrambi i casi pare che si siano avuti risultati soddisfacenti con un impiego di potenza che, per l'impianto di Kykkelsrund (Norvegia), fu di kW 7 per mc/sec. di portata (*Elec. World*, 1932, II, pag. 340). Talora basta una semplice corrente d'aria anche non riscaldata, che viene immessa in pressione dal profondo, davanti alle griglie, con che si provoca un movimento ascendente dell'acqua. Poichè gli strati inferiori d'acqua sono sempre a temperatura superiore allo zero, quando essi vengono alla superficie impediscono agli strati superficiali di congelarsi.

Talora si è provato anche ad aggiungere alla corrente una portata continua di acqua calda; ma per i disperdimenti inevitabili la aggiunta dovette essere eccessiva e quindi troppo dispendiosa. In ogni caso gli esperimenti potrebbero essere assai istruttivi.

Di fatto è riferito nella presente Relazione che i pericoli del ghiaccio per gli impianti sono oltremodo insidiosi e quando danno luogo ad inconvenienti sono generalmente sensibili. Lo stato di equilibrio fra acqua e ghiaccio è certo problema delicato come può forse anche rilevarsi dal fatto che in favorevoli condizioni basta 1/100 di grado in più o in meno dello zero per portare l'acqua dall'uno all'altro stato.

---

# Appendice II

## (Discussione verbale — 23 aprile e 11 maggio 1932) (1)

*Prof. Ing. Forti* (Presidente) cfr. pag. 757: Osserva che la valutazione dei maggiori oneri dovuti alla sospensione stagionale dei lavori, per effetto del freddo, è assai difficile e incerta, poichè in molti casi la durata della costruzione di un impianto è influenzata anche da altri fattori, primo fra i quali la perforazione delle gallerie, che è quasi indipendente dalle condizioni climatiche. La cifra indicata dal Relatore per gli oneri in oggetto va quindi presa (come del resto osserva lo stesso Autore) con molte riserve, per quanto sia indiscutibile che il fattore gelo, specie nel caso di dighe ad alta quota, abbia un notevole peso sulla durata di costruzione e quindi sul costo consuntivo delle opere.

*Ing. C. Semenza*, della Soc. Idroelettrica Veneta: Osserva che il Relatore, nella sua valutazione dell'ordine di grandezza della maggior spesa causata dal gelo durante la costruzione degli impianti, si deve essere riferito quasi esclusivamente agli impianti alpini di alta montagna; i quali costituiscono bensì una frazione imponente del complesso degli impianti italiani, ma pur sempre una frazione. Sul costo degli impianti situati al disotto di una certa quota, il gelo ha spesso influenza affatto trascurabile.

*Ing. Manfredini*, della Soc. Italiana dell'Alluminio – cfr. pag. 758: Rileva che la protezione dei getti di calcestruzzo, a rigore, potrebbe essere limitata al solo periodo critico della presa, della durata di $5 \div 10$ ore, secondo il tipo di cemento.

*Ing. A. Motta*, della Soc. Gen. Edison: Ritiene che ciò non sarebbe molte volte sufficiente, poichè alla superficie di getti piuttosto estesi si avrebbe sempre una forte dispersione di calore con conseguente danno per gli strati superficiali delle gettate.

*Ing. Contessini* (cfr. pag. 758): Osserva che l'affermazione « il peso d'acqua occorrente per un impasto non è che 1/15 circa del peso degli altri materiali costituenti l'agglomerato », vale per i calcestruzzi a consistenza di terra umida, mentre nel caso di calcestruzzi colati si può raggiungere 1/10, sempre che ci si riferisca a materiali perfettamente asciutti.

*Ing. Gavazzi* (cfr. pag. 758-759): Rammentate le numerose e poco proficue discussioni già svolte alcuni anni or sono sulla questione della spinta del ghiaccio contro le dighe di ritenuta rileva che, purtroppo, in mancanza di sicuri accertamenti sperimentali, non è ancora stato possibile confermare l'insussistenza della detta spinta in modo da poter mitigare notevolmente le vigenti prescrizioni regolamentari che tornano particolarmente gravose, come giustamente afferma il Relatore, per le dighe di piccola e media altezza. Egli ritiene pertanto che sarebbe necessario istituire apposite ricerche sperimentali intese a rilevare quale sia la reale influenza del ghiaccio sui muri di ritenuta nelle più svariate condizioni pratiche.

*Prof. Forti*: Accenna pure alle discussioni sollevate dall'ardua questione della spinta del ghiaccio, in seno alla prima commissione appositamente costituita per il regolamento sulle dighe e ricorda lo studio in allora presentato dal prof. Albenga; secondo il quale, oltre una data larghezza della valle sbarrata, non dovrebbe sussistere alcuna spinta. Esperienze al riguardo sarebbero certamente desiderabili; ma numerose sono le difficoltà che si oppongono alla loro attuazione, soprattutto per l'incertezza fondamentale che sussiste circa gli eventi che potrebbero dar luogo al fenomeno temuto.

*Ing. Gavazzi*: Ritiene che le esperienze in oggetto potrebbero compiersi interponendo fra il ghiaccio e il muro di sostegno un opportuno sistema elastico dalle cui deformazioni si rileverebbe l'entità delle eventuali spinte.

*Prof. Forti*: Ricorda che una proposta analoga era stata fatta anche dal prof. Ganassini.

*Ing. Bonfioli*, della Soc. Gen. El. Tridentina: Comunica che in quest'ultimo periodo è stato consentito, in qualche caso, di effettuare un maggior invaso nel periodo precedente alla formazione del ghiaccio, usando determinate cautele, ed entro i limiti consentiti dalla resistenza delle dighe calcolate secondo il regolamento, però in base alla sola spinta idrostatica.

Tale ammissione permette di ricavare un vantaggio, sia pur modesto, dall'onere dei maggiori spessori richiesti per far fronte alla spinta dei ghiacci; è ovvio, però, che un vantaggio veramente notevole lo si sentirebbe solo quando si riuscisse a dimostrare che la spinta del ghiaccio è veramente inferiore a quella imposta ora per i calcoli.

(1) La discussione svoltasi nella seduta dell'11 maggio fu presieduta dal prof. De Marchi, in assenza del Presidente prof. Forti.

*Ing. Mirone*, delle FF. SS.: Condivide pienamente le affermazioni del Relatore circa la spinta del ghiaccio sulle dighe e conferma di aver quasi sempre rilevato, anche con forti spessori di ghiaccio, che, in contatto con le sponde, questo è generalmente rotto ed è separato dal paramento della diga da una intercapedine libera.

*Ing. Contessini*: Afferma invece di aver riscontrato, in una diga ad alta quota, una forte aderenza fra ghiaccio e paramento a monte; tanto che, rompendosi il lastrone di ghiaccio in seguito ad un abbassamento di livello, veniva facilmente asportato o danneggiato il rivestimento stesso della diga.

*Ing. Taccani*, della Soc. Idroelettrica del Barbellino: Sostiene che tali aderenze si limitano in generale a piccoli strati superficiali di ghiaccio.

*Ing. Audoly*, della C.I.E.L.I.: Conferma quanto ha detto l'ing. Contessini, ricordando che in una diga con paramento a monte rivestito di bolognini, posta alla quota 2500, rimangono aderenti al paramento delle formazioni di ghiaccio dello spessore anche di 60 cm a guisa di enormi mensoloni che, cadendo, asportano le stilature del rivestimento.

Egli cita anche un caso interessante di rottura di un muretto di ritenuta, adibito a sfioratore, per effetto della spinta del ghiaccio.

Si tratta di un muro dell'altezza di m 4, il quale, in seguito al congelamento dell'acqua, è stato tranciato lungo una linea orizzontale netta, corrispondente, forse, ad un piano di ripresa, e spostato verso valle di 4 cm. Notevoli fessurazioni verticali sono state pure notate in corrispondenza dell'attacco dello stesso muretto alla diga di ritenuta.

Questo fatto, imputabile esclusivamente alla spinta del ghiaccio, costituisce però un caso sporadico ed eccezionale. Il muro è infatti addossato alla sponda rocciosa la quale, a monte di esso, si ripiega un poco in modo che lo specchio d'acqua interessante il muro, e soggetto al gelo, viene ad essere assai limitato in estensione con conseguente difficoltà di espansione da parte del ghiaccio superficiale.

In seguito al dubbio espresso da qualcuno, che la rottura accennata possa essere stata causata dall'urto di blocchi galleggianti di ghiaccio, l'ing. Andoly afferma che ciò è da escludersi assolutamente, data la particolare ubicazione del muro anzidetto.

*Prof. Forti*: Conclude che, senza dubbio, in circostanze particolari, però non sempre ben definite e neppur riproducibili in condizioni analoghe, la spinta del ghiaccio può effettivamente sussistere.

Tutto sta a stabilire in quali condizioni questa non sia temibile.

*Prof. De Marchi*: Ritiene, a questo proposito, che sarebbe molto opportuno che la UNFIEL promuovesse le indagini sistematiche proposte dallo stesso Relatore ed intese a rilevare:

*a*) i reali spessori massimi di *ghiaccio compatto* che si formano alle varie altitudini, in funzione della durata e del valore delle minime temperature;

*b*) l'eventuale esistenza di spinte trasmesse, dal ghiaccio, alle opere di ritenuta.

Per quanto concerne il punto *a*), non esistono gravi difficoltà pratiche. È però necessario stabilire delle norme precise e semplici, facilmente adattabili in tutti i casi che interessano, ed intese ad assicurare la massima uniformità possibile di criteri nel rilievo degli elementi necessari.

La misura degli spessori del ghiaccio compatto potrebbe effettuarsi, ad esempio, ogni settimana a qualche metro dal paramento della diga e dalle sponde; e tali rilievi dovrebbero essere accompagnati dai dati giornalieri di temperatura.

Per quanto concerne il punto *b*), invece, si prospettano subito numerose e gravi difficoltà pratiche, aggravate, sopratutto, dall'incertezza fondamentale relativa alla possibilità di compiere le volute indagini e ai metodi per esse adottabili.

Il meglio sarebbe, anzitutto, invitare le Società a comunicare tutte le notizie che possono dare in base alla loro esperienza. Sulla scorta di tali notizie si potranno poi stabilire le condizioni nelle quali i fenomeni in oggetto possono avere manifestazioni interessanti e studiare i metodi di rilievo più adatti per i diversi casi.

*Ing. Taccani* e *Ing. Contessini*: Ricordano che per una diga dell'alto Brembo era stato proposto di adottare, per la misura dell'eventuale spinta del ghiaccio, uno sfioratore munito, lungo il ciglio, di una lamiera deformabile.

*Ing. Bonfioli*: Osserva che una delle maggiori difficoltà che si opporrebbe ai rilievi di cui al punto *b*) sarebbe determinata dalle oscillazioni del livello di invaso durante il periodo invernale.

*Prof. Forti*: Aderendo alle proposte del prof. De Marchi, e sentito il parere concorde dei presenti, delibera di nominare, in sede separata, una apposita sottocommissione incaricata di stabilire le norme per l'esecuzione dei rilievi di cui al punto *a*) e di raccogliere inoltre le notizie inerenti al punto *b*), per poi stabilire i metodi di indagine più opportuni ad esso relativi.

*Prof. Forti* e *altri Membri della Commissione* (cfr. pag. 759): Condividono pienamente il pensiero del Relatore, a proposito del pericolo di ostruzione delle camere dei sifoni autolivellatori, posti in fregio a serbatoi o a vasche di carico ad alta quota, soggetti a formazioni di ghiaccio.

*Prof. Scimemi*: Rileva che il Relatore non ha accennato al mezzo di proteggersi dai ghiacci galleggianti mediante canali di diversione superficiale. Probabilmente, l'occasione di sperimentare tale sistema è mancata; però è da ritenersi che appositi esperimenti nei nostri impianti potrebbero riuscire molto utili ed istruttivi.

*Ing. Audoly*: A complemento di quanto è detto nella Relazione, a proposito degli inconvenienti verificatisi nelle paratoie automatiche, ricorda il caso di una paratoia a settore, con *parete di ritenuta in lamiera di ferro*, la quale, pur trovandosi alla modesta quota di 500 m sul mare, rimase bloccata e fortemente danneggiata, nei suoi organi di manovra, per effetto del gelo. Uno strato di 10 cm di ghiaccio aveva rivestito tutto il manto metallico della parete di ritenuta e si era esteso anche ai bordi laterali della paratoia, raggiungendo ivi uno spessore di 20 cm e più e determinando una forte aderenza alle pareti delle pile.

In seguito ad un brusco intervento delle ventole di comando, gli organi di collegamento, non essendo stati in grado di vincere lo sforzo dovuto all'aderenza suddetta e al maggior peso della paratoia, cedettero, rendendo impossibile l'apertura dello scarico.

Siccome è da ritenersi che tale inconveniente sia stato causato sopratutto dalla forte conducibilità della parete di lamiera, particolarmente favorevole alla formazione del ghiaccio, l'ing. Audoly è del parere che converrebbe proscrivere in linea generale l'adozione dei rivestimenti metallici per le paratoie automatiche esposte ai pericoli del gelo.

Della stessa opinione è pure la maggioranza dei presenti.

*Ing. Manfredini*: Osserva che il pericolo delle aderenze laterali fra i bordi delle paratoie e le pile, sarebbe in ogni caso difficilmente eliminabile, poichè, per quanto perfetta sia la tenuta laterale di una paratoia, esiste sempre qualche fuga d'acqua, sotto forma di esili zampilli o di sottili veli d'acqua o di gocciolamenti, che provocano la formazione di ghiaccioli i quali, saldandosi, finiscono molte volte per formare una forte e spessa incrostazione di ghiaccio. Appare pertanto consigliabile una frequente manovra delle paratoie stesse almeno di qualche diecina di centimetri per distruggere le formazioni di ghiaccio.

*Ing. Semenza*: Rileva anche i non lievi difetti ed inconvenienti dei comandi idrodinamici, sopratutto per la difficoltà di trovare la qualità adatta di olio o altro liquido.

*Ing. Guicciardi* (cfr. pag. 759): Ritiene opportuno precisare meglio che i rivestimenti con bolognini hanno dato ottimi risultati agli effetti del gelo, per la loro resistenza all'azione disgregante di questo; però risultati non altrettanto buoni hanno dato agli effetti della tenuta, nel caso, specialmente, di dighe in muratura di pietrame.

*Ing. Audoly*: Pone al Relatore la questione del comportamento delle vernici impermeabilizzanti rispetto al gelo.

*Ing. Taccani*: Cita, a questo proposito, l'esempio della diga di Val Morta posta ad alta quota, il cui paramento è stato spalmato sette anni or sono con inertol: tale verniciatura ha resistito benissimo ed è tuttora in ottime condizioni.

*Ing. Manfredini*: Ritiene che ove esista un rivestimento di gunite molto ben fatto, non sia necessaria alcuna verniciatura.

*Ing. Contessini*: Aggiunge che in alcuni casi, specialmente quando il paramento a monte di una diga sia molto esposto al sole, il nero delle vernici impermeabilizzanti può determinare un tale riscaldamento superficiale da provocare, nel caso di strutture sottili, un notevole squilibrio termico fra i due paramenti. Sull'entità del riscaldamento, alcune esperienze eseguite in California, sulla diga ed archi multipli del Lago Florence, mostrano che, in una giornata chiara e fredda di novembre — verso le ore 13 — con temperatura dell'aria di $+ 10^{\circ}$ C, la temperatura superficiale della parte di paramento rivestita con vernice nera era di $+ 42^{\circ}$, quella della parte rivestita con vernice di alluminio $+ 20^{\circ}$. Riguardo allo squilibrio termico accennato, riferisce inoltre i seguenti risultati di esperienze da lui stesso compiute su una diga alpina ad archi multipli, situata ad alta quota: estradosso delle volte verniciato in nero, esposizione a sud; ottobre, ore 15 circa: sole, temperatura dell'aria $+ 14^{\circ}$ C; temperatura dei paramenti, misurata a 4 cm di profondità: a monte, $+ 35^{\circ}$, a valle $+ 12^{\circ}$.

Numerosi altri esperimenti hanno confermato l'entità del fenomeno accennato.

Conclude che, nel caso si rendesse necessaria l'adozione di una vernice impermeabilizzante, sarebbe molto opportuno poter ricorrere a vernici chiare come l'alluminio.

*Ing. Manfredini*: Osserva però che difficilmente si possono trovare, oggidì, vernici a base di alluminio che soddisfino a tutti i requisiti richiesti per le spalmature in questione.

*Ing. Manfredini* (cfr. pag. 761): In merito al 1° caso citato dal Relatore a proposito degli effetti del gelo sulle opere di presa a pelo libero comunica quanto segue:

Particolarmente pericoloso appare il ghiaccio nei riguardi delle griglie, specialmente quando queste sono superficiali, parzialmente in contatto coll'atmosfera, e molto estese, come negli impianti a bassa caduta.

Nell'impianto di Mori si è avuto, in una notte del febbraio 1929, il completo abbattimento delle griglie nello spazio di poco più di un'ora.

Nonostante che la griglia, di m 8×60, fosse suddivisa in elementi facilmente asportabili, di m. 0,60, da potersi togliere alternativamente o allontanare appunto nel caso di formazione di ghiaccio, il fenomeno, inavvertito per mancanza di ghiaccio superficiale, avvenne in modo così rapido e improvviso che il personale della Centrale, in assenza del Dirigente, non si rese conto della causa che determinava il rapido diminuire della potenza ai quadri e che era dovuta al graduale aumento del dislivello creatosi attraverso la griglia stessa.

Una turbina, messa in marcia con errato criterio per sopperire alla diminuzione della potenza, esaurì in pochi secondi l'acqua retrostante alla griglia, determinando un dislivello fra monte e valle della griglia stessa di parecchi metri.

La struttura in cemento armato a sostegno della griglia fu schiantata e molti elementi di griglia finirono nelle spirali di due turbine. L'esercizio non fu peraltro sospeso e solo un mese più tardi, in occasione di un arresto dell'impianto, si sostituì la struttura portante della griglia demolendo il cemento armato e sostituendola con cavalletti di ferro. La sostituzione fu operata in 5 giorni e 5 notti di intenso lavoro.

L'esempio potrebbe consigliare in casi analoghi un indicatore di livello a valle della griglia con segnale di guardia e campanello di allarme, allorchè il dislivello raggiunga ad esempio i 20-30 cm., ciò che può denotare un inizio di restringimento della sezione o per effetto del ghiaccio o, in altra stagione, per effetto delle erbe.

*Prof. Scimemi* (cfr. pag. 761 - caso dell'impianto con lunga galleria e vasca di carico): Conferma che l'inconveniente verificatosi alla vasca di carico del 2° impianto, citato dal Relatore, è stato effettivamente causato dal ghiaccio proveniente dalle opere di presa.

*Ing. Gervaso*: Rammenta che nell'impianto di Grossotto, nei periodi in cui il corso d'acqua è infestato dai ghiacci natanti, l'acqua, alla presa, viene sollevata ed immessa nel canale di derivazione mediante apposite pompe.

*Ing. Bono* (cfr. pag. 762-763): A proposito dello scoppio di condotte forzate, per effetto del gelo, cita il caso recente dello scoppio di una tubazione avvenuto verso la fine di febbraio di quest'anno in Valle Camonica. La condotta forzata in oggetto ha la parte alta costituita da un tubo saldato del diametro di 450 mm. A un certo punto questo tubo si biforca e fino alla centrale si hanno poi due tubi costituiti da elementi Mannesmann. La pressione massima è di circa 65 atm. I tubi Mannesmann hanno il diametro di 300 mm e sono tutti uguali. Nel febbraio di quest'anno, la tubazione rimase con l'acqua ferma durante una intera notte. Verso le cinque del mattino scoppiò un tubo sottoposto ad un battente di circa 300 metri. Nel tubo si riscontrava uno squarcio della lunghezza di circa un metro con apertura completa verso la estremità di monte. A circa metà della sua lunghezza lo stesso tubo presentava una fessura di circa $\frac{1}{2}$ mm di larghezza e della lunghezza di circa un metro. In corrispondenza dello squardio esistevano effettivamente dei difetti nel tubo e si notava fra l'altro una notevole deficenza nello spessore. Parecchi altri tubi, tutti però sulla tubazione di destra, presentavano fessure longitudinali. Queste rotture erano dovute evidentemente al congelamento dell'acqua ferma. Il fatto che le rotture si siano trovate tutte sui tubi di una delle due derivazioni si può spiegare quando si pensi che le due tubazioni correvano in una trincea discretamente profonda rispetto alle loro dimensioni. Dato l'orientamento, una tubazione veniva più che l'altra investita dal vento freddo del nord. Anche qui siamo di fronte a diametri piccoli.

Circa i provvedimenti proposti dal Relatore per prevenire eventuali scoppi di tubazioni, si dichiara favorevole al sistema del ricambio, mentre dubita dell'efficacia del riscaldamento al collettore, specialmente quando si tratti di tubazioni molto lunghe, nelle quali accade poi anche che la tratta più lontana dal collettore, dove quindi si può pensare che è sempre minore l'efficacia del riscaldamento, è quella posta a più alta quota e quindi alla più bassa temperatura.

*Ing. Taccani*: Rammenta che nel caso citato a pag. 762 della sua relazione, lo scoppio della tubazione è avvenuto a circa 300 m dal collettore; il che farebbe supporre che il riscaldamento di questo possa avere effettivamente qualche influenza, almeno sino ad una certa distanza.

*Ing. A. Motta*: Ritiene pure che, entro certi limiti di distanza, il provvedimento in questione possa tornare efficace.

*La maggioranza dei presenti* si dichiara favorevole, per esperienza e per principio, al sistema *del ricambio periodico*, accennato dal Relatore a pag. 763.

*Prof. De Marchi*: Ritiene, a questo proposito, che sarebbe molto opportuno stabilire delle norme pratiche intese a stabilire gli intervalli più convenienti per il ricambio dell'acqua nelle condotte, in funzione delle temperature e dei diametri delle tubazioni. Naturalmente, nello stabilire tali norme si dovrà anche tenere conto che il processo di raffreddamento dell'acqua, dalla periferia al centro di una tubazione, subisce un certo ritardo progressivo per l'effetto coibente del manicotto di ghiaccio che si va formando ed accrescendo durante il processo stesso (1).

*Ing. Bono*: Comunica, a titolo di esempio, che in occasione delle prove della condotta di Cogolo, avente diametri variabili da 1100 a 900 mm, egli fece rapidamente un calcolo approssimato del tempo che occorreva per congelare tutta l'acqua contenuta in condotta, ammettendo all'esterno una temperatura di 10 gradi sotto lo zero. Non ricorda più esattamente il risultato trovato; ricorda però che se ne deduceva che si avrebbe potuto rimanere tranquilli per un periodo di tempo di circa 24 ore. In quel periodo difatti, e con quelle temperature durante la notte, vennero eseguite le prove statiche per tre giorni consecutivi senza constatare formazioni di ghiaccio.

*Ing. Gavazzi:* Mette in rilievo il fatto che, sinora, non risulterebbe che si siano verificati incidenti dovuti al gelo, in condotte di diametro superiore ai 300 mm.

*Prof. De Marchi* e *Ing. Bono*: Data l'importanza di una simile circostanza, ritengono che sarebbe molto opportuno svolgere una inchiesta presso le Associate della UNFIEL e presso i costruttori di condotte, onde stabilire con certezza se effettivamente non si siano mai riscontrati inconvenienti nelle condotte di grande diametro (2).

*Ing. Bono.* Accenna alla possibilità di altri inconvenienti dovuti pure al gelo, ma solo indirettamente; in particolare, a quelli che possono essere provocati dalla caduta di pietre o di massi staccatisi, per effetto del gelo, dalle pareti rocciose.

Cita, a questo proposito, il caso di una tubazione scoppiata in condizioni apparentemente oscure. Dopo lo scoppio si era rilevata, a monte dello squarcio da questo prodotto, l'esistenza di una profonda insaccatura. Vi fu chi ritenne che lo scoppio fosse stato provocato da una cartuccia di gelatina. Egli però esclude tale ipotesi per la stessa natura dello squarcio riscontrato, e ritiene invece che questo possa essere stato causato dalla sovrapressione dovuta all'urto di un masso che, cadendo sulla condotta, abbia prodotta l'insaccatura sopra accennata.

In relazione a tali possibilità, mette quindi in rilievo la necessità di una adeguata protezione delle condotte, contro il pericolo della caduta di massi rocciosi.

*Ing. Bono* (cfr. pag. 763): Osserva che, ove siano temibili gli effetti del gelo, è necessario proteggere anche i tubi d'aria (o aerofori) e le valvole di uscita e rientrata d'aria, onde evitarne la rottura per il congelamento dell'acqua in essi contenuta.

Simile inconveniente si è già verificato in qualche caso.

*Ing. Bono* (cfr. pag. 764): Ricorda, a proposito dei comandi idrodinamici a distanza delle valvole, che qualche costruttore consiglia di riscaldare l'olio nel rispettivo serbatoio. Egli dubita però che tale provvedimento possa bastare a prevenire gli effetti del gelo, dato che l'olio può rapidamente raffreddarsi lungo le tubazioni di trasmissione.

*Prof. De Marchi.* Ritiene che convenga sottoporre l'importante e complessa questione degli olii, per i comandi teledinamici delle valvole, alla Sottocommissione che la UNFIEL ha già costituito in seno alla sua Sezione Tecnologica, per le norme sugli olii ad uso industriale.

*Ing. Audoly*: Comunica che, nell'impianto di Boschi, i servomotori idrodinamici di diverse paratoie esposte all'azione del gelo, funzionano da diversi anni con olii che non hanno mai dato luogo a inconveniente alcuno, anche a temperature di — 18°.

*Prof. De Marchi*: Osserva che in quelle località le basse temperature hanno generalmente una durata minore che nelle più elevate regioni alpine.

*Ing. Taccani*: Mette in rilievo, invece, che al Barbellino si sono avuti degli inconvenienti non lievi con degli olii che percorrono tubazioni collocate in galleria.

*Ing. A. Motta*: Prospetta la probabilità che si trattasse di qualche partita d'olio non rispondente alle caratteristiche richieste.

*Prof. De Marchi*: Chiede se si sono già sperimentate in casi importanti anche le miscele speciali accennate dal Relatore.

*Ing. A. Motta*: Cita un caso in cui una miscela di acqua e glicerina ha dato ottimi risultati. Osserva però che le tubazioni di trasmissione erano interrate per circa m 0,50 di profondità.

Dubita, peraltro, che l'uso di tali miscele possa estendersi anche al caso di organi di comando comprendenti meccanismi delicati.

(1) Tali norme verranno stabilite dalla stessa sottocommissione che si dovrà occupare dei rilievi statistici e sperimentali relativi alla formazione del ghiaccio nei serbatoi.

(2) Questa inchiesta verrà svolta dal Segretario della Commissione.

ING. LEONARDO MAGGI
DELLA SOC. ELETTRICA INTERREGIONALE CISALPINA

# Sullo stato attuale del problema degli interruttori

*Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique »*

Parigi, luglio 1932

La tecnica degli interruttori, che da lungo tempo pareva standardizzata ed orientata definitivamente verso il tipo in olio sia a rottura libera che in camera d'esplosione, in questi ultimi anni è stata messa a soqquadro con la creazione continua di nuovi apparecchi.

Tutte queste novità sono presentate con una grande abbondanza di studi tecnici i quali risentono inevitabilmente della diversa mentalità dei vari autori, finiscono col presentare lo stesso argomento in modo così diverso che il lettore un po' affrettato potrebbe credere che vi siano diverse teorie sull'interruttore: mentre invece il concetto fondamentale del funzionamento di questo apparecchio è sempre uno solo, ed è solamente la sua applicazione che cambia.

Scopo di questo rapporto è di mettere in evidenza questo fatto. In seguito si esaminerà se l'interruttore in olio è veramente, come sovente si dice, inadatto per interrompere la corrente, ed in fine si accennerà a qualche quesito relativo alla scelta degli interruttori in olio.

## PARTE PRIMA

I. *L'arco nei gas.* – La corrente elettrica è una corrente d'elettroni che si spostano dal polo negativo verso il polo positivo, in un senso quindi contrario a quello che noi abbiamo convenzionalmente attribuito alla corrente elettrica.

L'intensità di questa corrente è proporzionale al numero d'elettroni che si spostano. Nei corpi che noi chiamiamo conduttori questo movimento ha luogo per qualsiasi differenza di potenziale esistente fra le estremità del conduttore, viceversa nei corpi chiamati isolanti gli elettroni sono così fortemente legati alla molecola, che il loro movimento ha luogo solamente quando la differenza di potenziale supera un certo valore necessario per scindere le molecole in elettroni ed in joni. Al di là di questo valore minimo di differenza di potenziale, l'isolante diventa un conduttore la cui resistenza ohmica diminuisce mano a mano che l'intensità della corrente aumenta.

La differenza di potenziale iniziale necessaria per produrre il passaggio della corrente nei corpi isolanti è funzione non solo della qualità e dello spessore dell'isolante, ma anche della temperatura, poichè i legami che trattengono gli elettroni nelle molecole si affievoliscono col calore.

Negli isolanti solidi il calore dovuto dal movimento degli elettroni può produrre la perdita delle qualità isolanti del corpo ed anche la distruzione dell'isolante stesso, invece nei gas, se la corrente si annulla per qualunque motivo (come avviene per esempio con la corrente alternata ad ogni mezzo periodo) gli elettroni, non essendo più controllati nei loro movimenti, vengono riassorbiti dagli ioni di modo che le qualità dielettriche del gas si ristabiliscono.

Questo fenomeno detto di dejonizzazione non si produce istantaneamente, ma richiede un certo tempo la cui durata dipende dal grado di jonizzazione e da vari altri fattori. Agendo su questi si influisce naturalmente su tale tempo, che in particolare viene ridotto diminuendo la temperatura e la pressione del gas. In ogni caso la dejonizzazione avviene in brevissimo tempo, cioè in qualche microsecondo; naturalmente il processo è graduale e soltanto nel primo strato aderente al catodo, secondo Slepian, è praticamente istantaneo.

Se si sottopone un gas che sta dejonizzandosi all'influenza di un campo elettrico, succede che il movimento degli elettroni ancora liberi è nuovamente controllato dal campo stesso, cosicchè gli elettroni sono respinti dal catodo verso l'anodo, e gli joni in un senso contrario, e avviene per di più che joni ed elettroni nel loro cammino urtando conto molecole neutre danno origine ad una nuova jonizzazione per collisione o per effetto termico. Se il processo di questa jonizzazione è più intenso del processo di deionizzazione che si era iniziato nel gas, questo riacquista le caratteristiche conduttrici, si ristabilisce quindi il passaggio della corrente; in caso contrario l'effetto del campo elettrico si limita a ritardare la dejonizzazione del gas.

Naturalmente, l'intensità del campo elettrico, o, ciò che è poi la stessa cosa, la tensione necessaria per ristabilire il passaggio della corrente, s'eleva mano a mano che il grado di jonizzazione si riduce e raggiunge il valore massimo a jonizzazione scomparsa.

Per finire queste brevi nozioni, basta aggiungere che la tensione assorbita dal passaggio della corrente attraverso il gas, ossia la tensione dell'arco, è piccolissima, dell'ordine di qualche diecina di Volta per centimetro.

II. *Funzionamento dell'interruttore.* – Quanto abbiamo detto dei fenomeni dell'arco nei gas serve per comprendere il funzionamento degli interruttori nei riguardi dell'interruzione della corrente.

Tale funzionamento comincia coll'annullamento della pressione fra i contatti, che in seguito a ciò si riscaldano talvolta fino all'incandescenza: vi è poi l'apertura di circuito, ossia la separazione dei contatti fra i quali s'interpone uno strato isolante, di spessore infinitesimale, subito perforato da un arco che ristabilisce così la continuità del circuito.

Parrebbe utile studiare il modo di evitare questo arco che è la causa di tutte le difficoltà nell'interruzione della corrente, ma ci si può facilmente convincere che ciò è impossibile. Effettivamente, se la corrente non è nulla al momento dell'apertura del circuito, una brusca interruzione di questo, liberando tutta

l'energia magnetica immagazzinata nello stesso, produrrebbe una sovratensione e, di conseguenza, un arco fra i contatti o nel circuito.

Parimenti, è difficile evitare l'arco aprendo il circuito al momento della corrente nulla quando la tensione ha un valore diverso da zero, perchè è difficile interporre fra i contatti, al momento della loro separazione, uno strato d'isolante di spessore sufficiente per sopportare qualunque tensione. Si eviterebbe l'arco soltanto se al momento dell'apertura del circuito, tensione e corrente fossero nulle: ma si tratta allora di un caso particolare che non può essere preso in considerazione.

Poichè non è possibile evitare l'arco, il lavoro dell'interruttore consiste dunque nella interruzione della corrente alternata in un circuito gasoso. (Si tratta sempre di un circuito gassoso anche se l'interruttore è in olio o in acqua perchè il calore dell'arco gasifica il liquido, e nella zona dell'arco vi è solamente del gas).

Si è detto che la tensione assorbita dall'arco è piccolissima ed incapace di modificare il regime della corrente che continuerà invariate le sue alternanze malgrado l'arco; a un certo momento pertanto questa corrente s'annullerà, per riapparire dopo qualche microsecondo. Durante quest'intervallo l'arco si spegne e nel circuito gasoso ha luogo la dejonizzazione, di cui più sopra abbiamo parlato riassumendo i fenomeni dell'arco nel gas; in tale riassunto è stato indicato cosa avviene se un gas in corso di dejonizzazione è sottoposto all'azione d'un campo elettrico. Lo stesso fenomeno avviene negli interruttori nell'istante che la corrente è nulla, se fra i contatti si stabilisce una tensione come si ha in pratica quando la corrente e la tensione sono sfasate. Si deve cioè ammettere che in questi apparecchi, dopo lo spegnimento dell'arco, esista sempre tra i contatti una tensione dalla quale ci si deve attendere il riadescamento dell'arco se l'intensità della jonizzazione che essa produce neutralizza la dejonizzazione del gas. (In merito si deve rammentare che oltre alla jonizzazione per urto si ha da fare anche con la jonizzazione termica dei contatti divenuti incandescenti).

Se l'arco si riadesca, i fenomeni sopra indicati si riprodurranno fino a che l'intensità del campo elettrico, ridotta per l'allontanamento dei contatti, non sia più sufficiente a neutralizzare la dejonizzazione del gas. Soltanto allora l'arco è definitivamente spento e la corrente interrotta.

Da quanto si è detto si può concludere che la corrente s'interrompe solo al suo passaggio per il valore zero e che quanto più è elevata la tensione che si stabilisce tra i contatti (tensione di ritorno) altrettanto è ritardata la interruzione della corrente.

Da notarsi che si parla di valore instantaneo della tensione di modo che a tensione uguale di servizio, la tensione di ritorno è massima allorchè lo sfasamento tra la tensione e la corrente è di 90°, condizione che approssimativamente si ha in pratica quando si tratta di interrompere un corto circuito.

Da quanto si è detto sopra può sembrare che l'azione dell'interruttore sia praticamente nulla e si limiti cioè a separare i contatti in modo che la tensione di ritorno non possa perforare lo strato isolante che risulta interposto. Questo era il caso dei primi interruttori in aria: ma allorquando le tensioni di servizio e le intensità di corrente da interrompere raggiunsero dei valori considerevoli, non è stato più sufficiente questo semplicissimo mezzo che avrebbe chiesto delle aperture di contatto inammissibili, per non parlare dei danni provocati da archi di grande lunghezza e potenza che ne sarebbero risultati e dell'eccessivo tempo necessario per distanziare i contatti.

Si dovette allora ricorrere ad altri sistemi e, poichè non era possibile modificare la tensione di ritorno, si cercò di rendere più difficile la riaccensione dell'arco accelerando il fenomeno di dejonizzazione dei gas e neutralizzando il processo jonizzante dovuto al campo elettrico e alla emissione termojonica dei contatti.

Questo intervento è possibile perchè la tensione tra i contatti non si stabilisce istantaneamente, ma gradualmente in qualche microsecondo, come già abbiamo detto, si ha pertanto disponibile un certo lasso di tempo che l'interruttore può sfruttare per esercitare l'azione dejonizzante accennata, divenendo così un apparecchio che contribuisce effettivamente a interrompere la corrente.

Esaminando i diversi tipi di interruttori, si vedranno i vari mezzi dejonizzanti escogitati: basti dire fin d'ora ch'essi si basano sul raffreddamento e sull'espansione dei gas, sulla suddivisione dell'arco in diversi archi, sulla soffiatura o sostituzione dei gas jonizzanti e sull'introduzione nella zona dell'arco d'isolanti non jonizzati.

Evidentemente l'efficacia di tali mezzi è in rapporto diretto col tempo che il processo dejonizzante ha disponibile per esplicare la sua azione. Ciò significa che, se ad ogni passaggio per lo zero della corrente la tensione impiega un considerevole lasso di tempo per raggiungere il suo valore massimo, la dejonizzazione nel frattempo può spingersi ad un grado così elevato che basterà spaziare di poco i contatti stessi per neutralizzare o annullare l'effetto della tensione; viceversa, quanto più rapidamente si ristabilisce la tensione tanto meno efficace sarà l'azione dejonizzante e quindi tanto più ritardata la interruzione della corrente. Nella pratica, il tempo necessario alla tensione di ritorno per raggiungere il suo valore massimo è variabile da qualche decina a qualche migliaia di microsecondi e da ciò ne derivano le sensibili variazioni nella durata degli archi che si rilevano provando gli interruttori in differenti reti elettriche, pur essendo uguali la tensione e la corrente di prova ed il loro sfasamento.

Questo avviene perchè le variazioni del tempo necessario per ristabilire la tensione sono dovute ai differenti valori di capacità del circuito di prova utilizzato, dato che la durata di tale tempo è dovuta alle capacità. Se l'interruttore è accoppiato direttamente all'alternatore, la capacità e di conseguenza il ritardo sono minimi, mentre il ritardo aumenta mano a mano che linee aeree e sotterranee sono attaccate in serie o in derivazione tra l'alimentazione dell'interruttore e l'interruttore stesso.

Notiamo che la velocità del ristabilimento della tensione è indicata secondo i casi e gli autori, sia col tempo $t$ necessario alla tensione per raggiungere il suo valore massimo $V$, sia col rapporto $\frac{dV}{dt}$, od infine anche con la frequenza avente il valore $\frac{1}{4t}$.

In conclusione si può ritenere che la funzione dell'interruttore, cui accennavamo nelle premesse di queste note dicendo ch è eguale per ogni tipo di apparecchio fino ad ora conosciuto, consista nel dejonizzare la zona dell'arco nell'istante della corrente nulla, per aumentarne la rigidità dielettrica e per impedire, nel minor tempo possibile, la riaccensione dell'arco e ciò col minimo allontanamento dei contatti.

III. *Lavoro di rottura.* – Nel paragrafo precedente, si è visto come funziona l'interruttore, ma non si è accennato a ciò che viene chiamato come lavoro di rottura. Prendendo alla lettera questa espressione, si potrebbe immaginare un lavoro che l'interruttore fa per provocare l'interruzione del circuito, ma non è così: il lavoro di rottura è l'energia liberata dall'arco e indica soltanto la sollecitazione che l'apparecchio subisce per causa dell'arco. È cioè un lavoro essenzialmente passivo non indispensabile anzi nocivo al funzionamento dell'interruttore il quale può venire distrutto da questo lavoro.

L'energia liberata dall'arco è data dall'espressione:

$$A = \int_0^t e\, i\, dt$$

dove:

$t$ = tempo decorrente dalla separazione dei contatti all'ultimo passaggio della corrente per lo zero;

$e$ = tensione assorbita dall'arco;

$i$ = valore istantaneo della corrente.

Quest'ultimo fattore $i$ non venendo influenzato dall'apparecchio può essere trascurato. Si può soltanto far rilevare come l'energia totale è in rapporto diretto coll'intensità della corrente.

Il valore $t$ è invece sia indipendente che dipendente dalle caratteristiche dell'apparecchio. È indipendente perchè la corsa dei contatti, necessaria per impedire la riaccensione dell'arco, e il tempo $t$ dipendono dalla tensione di ritorno, che nulla ha a che fare coll'apparecchio. Per contro lo stesso tempo $t$ dipende anche dalle caratteristiche dell'interruttore e particolarmente dall'efficacia della sua azione dejonizzante e dalla velocità di movimento dei contatti, poichè la prima controlla la misura della corsa e la seconda il tempo necessario per produrla.

Ciò che si disse del fattore $t$ può essere ripetuto nei riguardi della tensione $e$ assorbita dall'arco. Questa tensione è, infatti, proporzionale alla lunghezza dell'arco, cioè allo spostamento dei contatti, il quale fattore dipende, come già detto, dalla tensione di ritorno e dall'azione dejonizzante dell'interruttore.

Quindi la quantità d'energia liberata dall'arco dipende molto dal funzionamento dell'interruttore; ma è un'energia più pericolosa che utile, è quindi necessario ridurla per quanto possibile.

Ecco dunque il problema dell'interruttore, problema che, come viene accennato qui di seguito, è stato risolto con diversi metodi.

IV. *Diversi sistemi di dejonizzazione.* – Nell'interruttore in olio a rottura libera, l'azione dejonizzante è dovuta all'olio stesso. Questa azione è sia passiva che attiva. È passiva in quanto che la temperatura dell'arco nei prodotti gasosi dell'olio è più piccola che nell'aria e quindi la dejonizzazione è più facile. È passiva anche perchè, mancando l'ossigeno nel gas dell'olio. i vapori metallici dei contatti non possono bruciare e jonizzare i gas.

D'altra parte l'olio coopera attivamente alla dejonizzazione della zona dell'arco raffreddandone la guaina gassosa e forse anche i contatti. Si suppone pure che tale dejonizzazione sia facilitata dall'evaporazione e dalla condensazione d'olio che si verificano alternativamente nella bolla gassosa, poichè l'evaporazione raffredda i gas jonizzati e la condensazione rallenta il movimento degli joni e degli elettroni, fenomeni questi, come già detto, favorevoli alla dejonizzazione del gas. Può anche darsi che l'olio, posandosi sui contatti, aumenti la rigidità dielettrica della zona dell'arco in prossimità dei catodi.

Si tratta, come si vede, di una azione complessa che non è ancora bene conosciuta, ma nella quale l'efficacia dell'olio è sicura.

Le stesse azioni esplica l'olio negli interruttori a camera d'esplosione: però tali azioni passano in seconda linea di fronte ad altri fenomeni che hanno luogo nella camera d'esplosione e ai quali si deve l'interruzione della corrente. La natura di questi fenomeni non è ancora ben conosciuta, malgrado che numerose teorie siano state formulate per spiegarla. Secondo gli ultimi studi fatti dalla General Electric Co., pare che una piccola parte dell'olio, che trovasi nella camera d'esplosione, si gasifichi al momento della separazione dei contatti producendo una bolla gasosa ad alta pressione che spinge l'olio restante verso il foro della camera, ove però resta bloccato, essendo detto foro ostruito dal contatto mobile. Questo olio così ammassato forma uno strato isolante non jonizzato che, interponendosi tra il contatto fisso e quello mobile al momento in cui questo esce dalla camera d'esplosione, ristabilisce la rigidità dielettrica necessaria per impedire il riadescamento dell'arco.

Negli interruttori in olio Deïon la dejonizzazione si ha soffiando perpendicolarmente all'arco dei vapori d'olio che tagliano la guaina gasosa che resta così raffreddata e dejonizzata.

Invece negli interruttori Deïon in aria l'arco è sezionato in un gran numero d'archi parziali la cui tensione di riaccensione non oltrepassa 200 V, tale fatto combinato con l'influenza d'un campo magnetico intenso che accelera la ricombinazione degli joni e con l'energico raffreddamento dell'arco che si ottiene dandogli un rapidissimo movimento di rotazione fa sì che l'azione dell'interruttore è rapidissima.

Negli interruttori ad espansione è il fenomeno stesso dell'espansione che provvede alla dejonizzazione dei gas.

Negli interruttori a gas compresso non si ha la dejonizzazione della zona dell'arco, perchè in questo apparecchio i gas jonizzati dall'arco vengono sostituiti con dei gas neutri soffiati energicamente che ristabiliscono l'isolamento necessario tra i contatti espellendo i gas precedentemente jonizzati.

Nell'interruttore nel vuoto non vi è dejonizzazione, poichè mancano i gas jonizzati; con questo apparecchio l'arco dura fino al primo passaggio per lo zero della corrente.

## PARTE SECONDA

Abbiamo visto che il principio del funzionamento degli interruttori fino ad ora conosciuti è sempre lo stesso: forse si allontana da questa regola l'interruttore X della Siemens-Schuckert che sembra interrompere fino a 30 000 A sotto 4 000 V senza arco, ma questo apparecchio è ancora troppo poco conosciuto per poterne parlare scientemente.

Però, quantunque la teoria degli interruttori sia sempre la stessa, certamente le proprietà degli apparecchi variano da un tipo all'altro e queste differenze sono particolarmente sensibili fra i tipi in olio e quelli senz'olio, che costituiscono il problema d'attualità per tutti i costruttori e che rappresentano, secondo molti elettrotecnici, l'ideale degli interruttori dell'avvenire.

Ecco una speranza che implica un giudizio poco lusinghiero per l'interruttore ad olio. Questo giudizio è proprio giustificato? Ecco una questione che merita di essere approfondita.

La prima obiezione che gli si muove riguarda il suo concetto fondamentale che è giudicato irrazionale, perchè porta a produrre un arco in un ambiente infiammabile come è quello dell'olio con la possibilità quindi d'esplosioni e d'incendi. Oltre a ciò si obbietta che la manutenzione degli apparecchi in olio è costosa, il loro prezzo elevato ed il loro ingombro notevole.

Ecco dunque i punti da esaminare: la sicurezza, la manutenzione, le dimensioni ed il prezzo.

A) *Sicurezza.* – È vero che, nell'interruttore in olio, l'arco si produce in un mezzo infiammabile, ma bisogna notare che manca l'ossigeno, di modo che non vi dovrebbe essere combustione. La possibilità d'esplosione e d'incendio si presenta solo se il gas va a contatto dell'aria prima di raffreddarsi; fenomeno questo che si verifica quando l'intensità della corrente da interrompere è più elevata di quella che l'apparecchio può tollerare. Si tratta quindi di un errore d'utilizzazione dovuto a un errore di calcolo della corrente o a uno sbaglio nella stima della capacità dell'apparecchio.

Ma, dato che la possibilità di tali errori è uguale per tutti i tipi d'interruttore, interessa sapere con quale tipo le conseguenze di simili errori sono più gravi.

Per l'interruttore in olio già sappiamo che la conseguenza è l'incendio. Realmente la pratica ha dimostrato come sia minima la probabilità di tale accidente e come essa diminuisca mano a mano che gli apparecchi di antica costruzione vengono messi fuori uso; ma il pericolo c'è sempre e bisogna prospettarlo.

Con l'interruttore senz'olio invece, che cosa può succedere in caso di sbaglio della sua utilizzazione? Senza dubbio l'arco non verrà interrotto e nel migliore dei casi vi sarà la distruzione totale dell'apparecchio, ma tutto autorizza a temere ben

altri incidenti da un arco che s'adesca e si mantiene fra le sbarre di un'officina elettrica.

Se pertanto si giudica irrazionale l'interruttore in olio che produce un arco in un mezzo infiammabile, si deve giudicare altrettanto irrazionale l'apparecchio in aria che adesca un arco fra circuiti in tensione.

Ma vi sono altre questioni da esaminare per poter dare un giudizio sulle qualità di un interruttore. Considerando ad esempio la resistenza dell'apparecchio in caso di un sopraccarico, bisogna convenire che il tipo in olio ha un'elasticità che non verrà mai raggiunta dall'altro tipo.

Effettivamente la capacità dell'interruttore in olio è data, secondo le norme usuali, dalla corrente che l'apparecchio può interrompere due o tre volte consecutive, ma tale capacità è molto più elevata se viene riferita ad un sola interruzione. Ne consegue che se per caso l'apparecchio deve interrompere una corrente più forte di quella indicata in targhetta, vi sono molte probabilità che non succedano inconvenienti. È vero che, secondo la pratica d'esercizio, verificandosi un guasto nei circuiti l'interruttore interviene due volte almeno e che pertanto bisogna essere perfettamente sicuri che l'apparecchio sopporti anche la seconda interruzione. Ma a questo riguardo è opportuno tenere presente che la capacità degli interruttori, pur essendo espressa in funzione di una corrente, è invece determinata dal massimo del lavoro di rottura che l'apparecchio può regolarmente sopportare. Questa circostanza ha una grande importanza, perchè, come è noto, eguali lavori di rottura si possono avere con diversi valori di corrente il minore dei quali è quello indicato in targhetta; è evidente allora che tale minimo può essere superato senza che per questo sia superato il lavoro di rottura risultante.

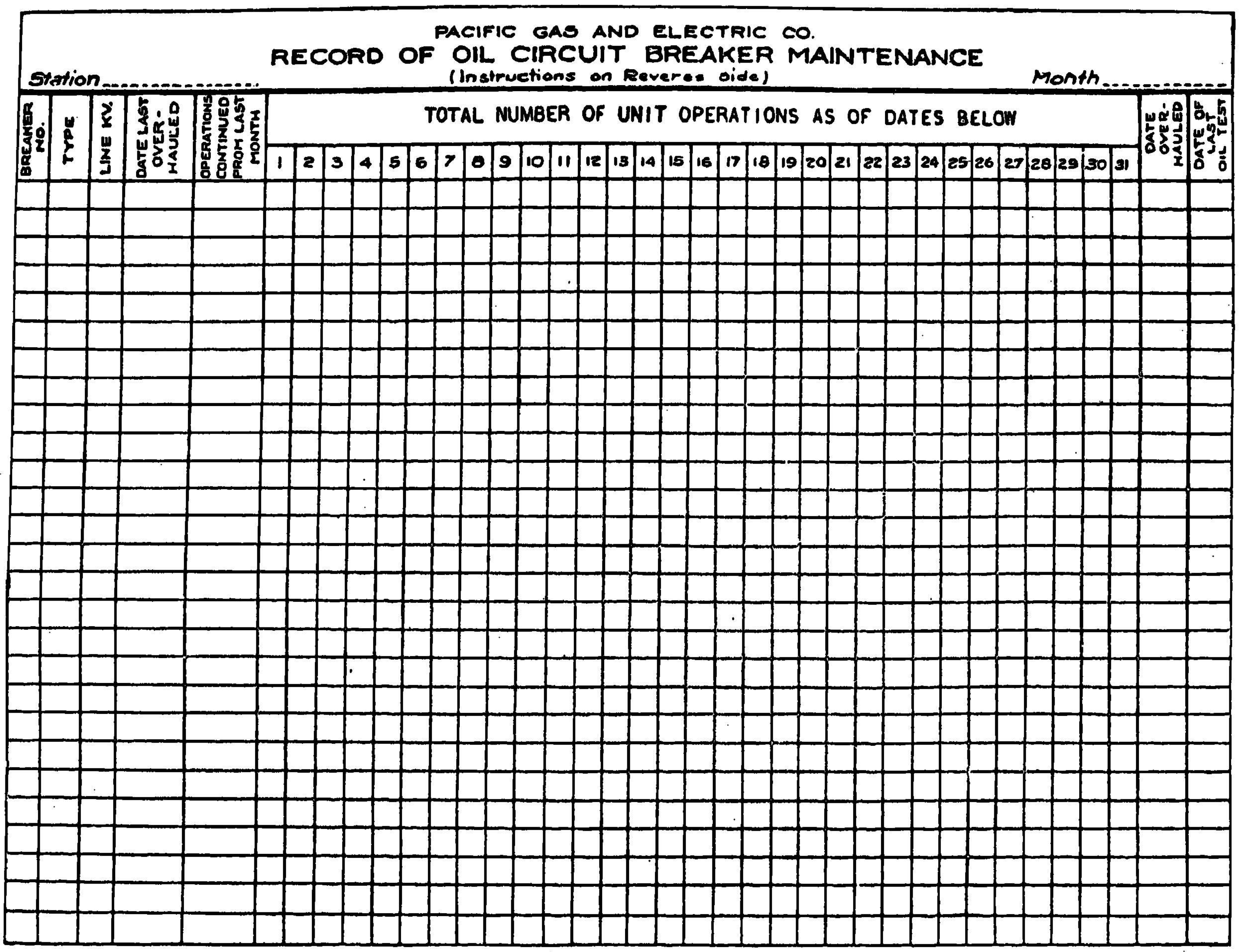
Ma non è il caso di insistere su questo fatto sperimentato nel passato da quasi tutti gli esercenti che si sono accorti dell'insufficienza degli apparecchi da loro installati dopo aver funzionato a lungo regolarmente con gli stessi apparecchi.

Ci si possono attendere gli stessi risultati dagli interruttori senza olio? L'esperienza è troppo scarsa per potersi pronunciare in proposito, ma, poichè in questi apparecchi il lavoro di rottura non ha importanza, si dovrebbe dedurre che per esso manca l'elemento che lascia la possibilità di sopportare dei sopraccarichi.

La sicurezza del servizio ci porta piuttosto ad esaminare un altro pregio che possiede l'interruttore in olio e cioè quello di utilizzare il peso dell'equipaggio mobile per separare i contatti, di modo che resta sempre assicurato il funzionamento dell'apparecchio, mentre negli apparecchi senza olio, per ottenere le alte velocità necessarie, ci si deve affidare ad organi speciali che aumentano le probabilità di irregolarità di funzionamento.

Così che anche sotto questo punto di vista non si può negare un vantaggio dell'interruttore in olio. Per contro bisogna riconoscere che in questo tipo d'apparecchio gli isolatori passanti costituiscono un punto debole, causa di frequenti disturbi, dai quali vanno esenti gli interruttori dell'altro tipo.

Vi sarebbero ancora altre differenze di comportamento da esaminare per confrontare i due tipi di interruttori nei riguardi della sicurezza, ad esempio il fatto che il tipo in olio è poco sensibile alle variazioni delle velocità di ritorno della tensione, e che lo stesso tipo non modifica la curva di corrente durante l'arco; però, non avendo dati sufficienti per giudicare se questi fattori costituiscono un reale vantaggio dell'interruttore in olio sull'interruttore senz'olio, ci basta di avere prospettata la questione.


PACIFIC GAS AND ELECTRIC CO.
RECORD OF OIL CIRCUIT BREAKER MAINTENANCE
(Instructions on Reverse Side)
Station................ Month............

| BREAKER NO. | TYPE | LINE KV. | DATE LAST OVER-HAULED | OPERATIONS CONTINUED FROM LAST MONTH | TOTAL NUMBER OF UNIT OPERATIONS AS OF DATES BELOW | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | DATE OVER-HAULED | DATE OF LAST OIL TEST |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | | |

Fig. 1. - Riproduzione del dritto di un rapporto di servizio riferentesi ad interruttori.

B) *Manutenzione.* – È nella manutenzione che l'interruttore in olio presenta i suoi maggiori svantaggi. Difatti, in base alle

norme, si deve supporre che l'efficienza di tale apparecchio è ridotta dopo un ciclo di lavoro, cioè che dopo due o tre aperture con la corrente massima, occorre ispezionare e revisionare l'ap-

PACIFIC GAS AND ELECTRIC COMPANY

RECORD OF OIL CIRCUIT BREAKER MAINTENANCE

This form shall be properly filled out and kept on file in each station for all oil circuit breakers operating at 6600 volts or over, excepting breakers on motor generators which are not operated when machines are in parallel or under load; such breakers shall be overhauled every six months. In filling out this record form, breakers should be grouped in accordance with their operating voltage.

A unit operation is defined, for the purpose of this record, as the opening of the circuit breaker under normal load with no trouble on the circuit.

When a circuit breaker is opened under service conditions, the foreman or operator will value such duty in terms of unit operations. The number of unit operations thus assigned shall be decided by the foreman or operator in accordance with his judgment of the duty imposed on the breaker in opening the circuit, based on past experience with the particular breaker involved.

The number of unit operations assigned to each opening of the circuit breaker shall be entered in the Log Book with the entry regarding such opening. At the end of the day the total number of unit operations assigned to each circuit breaker for that day shall be added to the previous record and the resultant sum entered in the proper column of this form.

Circuit breakers shall be inspected and overhauled after 125 unit operations. If immediate overhauling is not possible after 125 unit operations, the record of operations must be continued to show the total number of unit operations prior to overhaul.

In case the total of 125 unit operations is assigned to a breaker before the end of the month, the date of overhauling shall be entered in the proper column on the line for that breaker and a new line started for that breaker.

Overhauling implies thoroughly inspecting the breaker, including the control mechanism, dressing or renewing contacts, reconditioning oil and making such other repairs, replacements and adjustments as may be found necessary to replace the circuit breaker in first class operating condition.

The oil in circuit breakers operating on voltages from 6 KV to 30 KV inclusive shall be tested every six months, above 30 KV every three months, irrespective of whether or not the circuit breaker has been operated. Whenever the oil is found to test below 17,000 volts with .1" gap, it should be filtered and brought up to 22,500 volts or more with .1" gap.

In all cases where a breaker has not been tripped either manually or automatically during a period of six months (or less when local conditions require), it shall be inspected as thoroughly as possible from the outside and the control mechanism shall be tested to insure its opening automatically when called upon.

Fig. 2. - Riproduzione del rovescio di un rapporto di servizio riferentisi ad interruttori.

parecchio: di modo che tutta la vita dell'interruttore in olio dipende dalla sua manutenzione.

Questa verità si fa strada sempre più rapidamente, e già nelle più serie Società è invalsa la norma della verifica periodica degli interruttori.

Una compagnia di distribuzione americana ha talmente compreso tale necessità, che ha stabilito il rapporto, di servizio riprodotto nelle figure 1 e 2, mediante il quale le è possibile di seguire bene la attività dei propri apparecchi e di regolare in base a tale elemento la loro ispezione, sistema questo che ha il vantaggio di evitare controlli inutili o ritardati come potrebbero verificarsi colla revisione periodica.

Ma tutti sappiamo anche troppo bene cosa implicano di denaro, di tempo e di intralci pel servizio queste revisioni, così che non occorre soffermarsi su questo argomento per illustrare i pregi dell'apparecchio che ci libererà, almeno in parte, da questi fastidi. E bisogna convenire che sotto questo punto di vista 'interruttore senz'olio risponde ai desideri degli esercenti.

C) *Ingombro*. – Si addebita all'interruttore in olio un ingombro eccessivo, ma sta di fatto che le dimensioni dell'apparecchio sono richieste da ragioni di sicurezza non dipendenti dal tipo di apparecchio ma da fattori estranei ad esso. Esse dipendono dalle distanze che si devono mantenere tra le differenti fasi e tra le fasi e le parti metalliche, elementi questi che sono indipendenti dal tipo, così credo che i due tipi in questione si equivalgano.

Anche il merito attribuito agli apparecchi senz'olio di poter essere inseriti direttamente in mezzo alle sbarre, con risparmio di spazio nell'installazione, è discutibile, perchè la sua manutenzione resterebbe ostacolata, tanto è vero che in tutte le installazioni eseguite si è avuto cura di installarlo in celle, come si fa per l'interruttore in olio.

E non essendo più necessaria anche per gli interruttori in olio la costruzione di tramezze tra le diverse celle, come una volta era regolamentare, si può concludere che nei riguardi dell'installazione i due apparecchi si equivalgano.

D) *Prezzo*. – Proseguendo l'esame delle critiche che si fanno agli interruttori in olio, si dovrebbe parlare del loro prezzo. Ma una tale questione, che va giudicata in base a confronti, non può essere sollevata oggi, dato che il prezzo del tipo senza olio non è ancora bene stabilizzato.

Quanto si è detto sopra, potrebbe essere interpretato come una mancanza di fiducia nell'avvenire degli interruttori senza olio, ma questo non è nel mio pensiero.

Credo viceversa che questo tipo verrà scelto in molti casi, ad esempio nei posti automatici ove le conseguenze dell'incendio potrebbero essere temibili per mancanza di personale; ma credo anche che l'interruttore in olio non sia poi un apparecchio tanto pericoloso come si dice, anzi credo che attualmente se ne costruiscano dei tipi nei quali si può riporre piena fiducia.

Ma questo apparecchio risente ancora dell'inconveniente originale d'essere stato creato quando, mancando laboratori di prova, la sua costruzione era basata sull'empirismo ed il suo progresso sull'esperienza acquistata negli incidenti dell'esercizio. È naturale allora che gli esercenti che hanno subito tutti gli inconvenienti di queste esperienze siano prevenuti contro quest'apparecchio.

Oggi colla creazione di appositi laboratori di prova, le cose si sono cambiate, ma il vantaggio morale di questo nuovo stato di fatto andrà a favore dell'interruttore senz'olio che verrà messo sul mercato soltanto dopo che il suo buon funzionamento sarà stato assicurato preventivamente con migliaia di prove (1)

(1) Dopo la presentazione all'« Unipède » di questo rapporto è apparso sulla pubblicazione di un'importante Casa, che fa grande propaganda per gli interruttori senz'olio, un articolo nel quale si legge fra l'altro che soltanto per la verifica delle parti meccaniche nella sala prove ogni nuovo tipo di apparecchio viene sottoposto a 100 000 aperture e chiusure. Quale tipo di interruttore in olio è mai stato sottoposto ad un collaudo così rigoroso? E d'altra parte la necessità di spingere il collaudo del meccanismo a prove così minuziose

così che è facile prevedere che il suo esercizio sarà sempre brillante e l'esercente, cui saranno risparmiati gli inconvenienti del periodo sperimentale, attribuirà un tale risultato alla mancanza dell'olio.

## PARTE TERZA

### LA QUESTIONE DELLA « SICUREZZA » NELLA SCELTA DELL'INTERRUTTORE IN OLIO

Sotto questo titolo il Comitato degli interruttori in olio della Conferenza Internazionale delle grandi reti elettriche ad alta tensione ha esaminato la seguente questione:

« Nell'ordinazione di un interruttore in olio, spetta al costrut- « tore tenere conto d'un certo margine di sicurezza nel fissare le « garanzie, oppure è il compratore che deve prevedere tale mar- « gine nel calcolo delle correnti da interrompere? ».

Secondo il rapporto del detto Comitato « l'opinione preva- « lente dalla inchiesta attribuisce al compratore il compito di « tener conto, nel fissare la potenza di rottura *Pg* da richiedere « al costruttore, sia dell'eventualità più sfavorevole che si può « produrre nelle sue reti, sia dei possibili ampliamenti di queste.

« Il costruttore per contro deve garantire il suo interruttore « in modo assoluto per questa potenza *Pg* prevedendo un mar- « gine di sicurezza sufficiente, della cui entità lui stesso è solo « giudice, nella costruzione di ogni parte dell'interruttore, tanto « dal punto di vista meccanico, che da quello termico ed elettro- « dinamico. L'acquirente che sfruttasse questo margine di si- « curezza per aumentare la potenza da far interrompere dall'in- « terruttore, lo fa sotto la sua propria responsabilità, perdendo « il diritto di rivalersi sul costruttore la cui garanzia non si « estende oltre la potenza *Pg* convenuta al momento dell'ordi- « nazione ».

Gli esercenti dovrebbero essere soddisfatti di tale conclusione, che stabilisce nettamente la parte spettante ad ognuno e dispensa entrambi dal fissare costosi margini di sicurezza.

Ma è vero che nella pratica, se la massima potenza da interrompere è uguale a *Pg*, basta installare un interruttore garantito solo per questa potenza?

Se non mi sbaglio la garanzia che i costruttori ci offrono si riferisce ad un solo ciclo di lavoro dopo ogni revisione, perchè la potenza di rottura degli interruttori in olio è funzione del loro stato di manutenzione, e perciò è una quantità che diminuisce mano a mano che l'utilizzazione aumenta, pur ritornando naturalmente al suo valore iniziale dopo ogni revisione.

Allora l'acquirente che, prevedendo una potenza da interrompere uguale a *Pg* sceglie, secondo la regola sopra indicata, un interruttore di questa stessa potenza, sarà sicuro del suo apparecchio verificandolo sempre dopo che abbia funzionato due o tre volte cioè in pratica dopo ogni corto circuito.

Noi sappiamo bene che ispezionare un interruttore in olio significa metterlo fuori di servizio per molto tempo, e anche qualche giorno per apparecchi ad altissima tensione, è cioè una cosa gravosa ed intralciante per l'esercizio.

È naturale allora che l'esercente si preoccupi di ridurre il più possibile la frequenza delle revisioni e cerchi cioè degli interruttori che, pur essendo stati utilizzati precedentemente per tutte le altre manovre di servizio, possano interrompere le più forti correnti di corto-circuito molte volte di seguito senza bisogno di alcuna revisione. Gli abbisogna quindi un apparecchio d'una potenza più grande della potenza *Pg* calcolata.

È nel calcolo di questa maggiore potenza, necessaria per ridurre la frequenza delle ispezioni, che nascono le difficoltà, dato

---

non mostra forse come in questo tipo di apparecchio la meccanica con tutti i suoi inconvenienti e le sue incognite ha un'importanza fondamentale? Abbiamo già detto in altra parte di questa relazione come più ci persuade la semplicità dell'interruttore in olio; questa notizia che ora ci arriva, pur mostrandoci la serietà con la quale ora si studiano gli interruttori, conferma in pieno la nostra opinione in proposito.

che non si conosce alcuna formula o mezzo per valutare la capacità per 2 oppure 3 cicli di lavoro d'un apparecchio di cui si conosce la potenza per un solo ciclo.

Ho cercato dei dati in proposito, ma i soli conosciuti sono quelli del Sig. E. C. Stone, secondo il quale la potenza d'un apparecchio è la seguente:

*a*) per un cicli di lavoro da 100 a 120% della potenza nominale;
*b*) per due cicli di lavoro 100 %;
*c*) per quattro cicli di lavoro 70 %;
*d*) per 300 cicli di lavoro 30 %.

Pare che in America sia allo studio la seguente regola:

*a*) due volte *c-o-c* (1) 100 %;
*b*) tre volte *c-o-c* 90 %;
*c*) quattro volte *c-o-c* 80 %.

Questi sono i soli dati disponibili, ed è ben poca cosa, data l'importanza economica della questione nella quale un errore di calcolo del di più di potenza da richiedersi può portare a scegliere degli apparecchi troppo potenti, e quindi troppo costosi, oppure insufficienti e allora di manutenzione onerosa.

Queste difficoltà vengono imputate alla convenzione adottata per determinare la potenza degli interruttori, che non terrebbe conto delle esigenze d'esercizio; ma io non sono di questo avviso perchè il di più di potenza o coefficiente di riduzione è una quantità variabile secondo:

*a*) l'importanza del servizio;
*b*) la qualità del servizio, vale a dire la frequenza di funzionamento prevista per l'apparecchio;
*c*) il tipo d'apparecchio (se per verificarlo basta abbassare la cassa oppure si deve vuotarla).

È evidente che se la regola per determinare la potenza degli interruttori dovesse tener conto di tutti questi elementi, dovrebbe prevedere, per tutti i fattori esaminati, il peggiore dei casi e stabilire così un coefficiente di sicurezza che sovente sarebbe eccessivo e anti-economico. Nè si può evitare questo inconveniente imponendo ai costruttori di stabilire la potenza degli apparecchi secondo il servizio cui sono destinati, perchè si arriverebbe all'assurdo di dare potenze di rottura diverse ad apparecchi identici.

Non è così quindi che si può risolvere il problema, bisogna proprio che l'esercente si calcoli bene la soprapotenza che occorre al suo caso: ma esso manca degli elementi necessari per determinarla analiticamente e di laboratori di prova per poterla stabilire sperimentalmente. I costruttori invece che possiedono tali laboratori potrebbero bene studiare questo problema, venendo così incontro agli esercenti e nel medesimo tempo giustificando l'incerta garanzia che ci offrono per i loro apparecchi, garanzia che è tutta basata sulla manutenzione.

Non può dirsi in fatto molto efficace una garanzia il cui tenore risulta bene dalla formula raccomandata dalle Ditte americane e che suona in questi termini:

« Dato che la linea, la manutenzione e le condizioni di fun- « zionamento sono indipendenti dal controllo del costruttore, « le potenze di interruzione degli interruttori in olio non possono « essere garantite, ma questo non esonera il costruttore dal suo « obbligo di fornire degli interruttori in olio la cui potenza di « interruzione sia quella che è stata garantita » (2).

---

(1) Formula generalmente adottata per indicare una serie d'operazioni d'apertura e di chiusura che si seguono senza alcun intervallo di tempo nell'ordine indicato dalla stessa formula, ove *o* indica l'operazione d'apertura e *c* quella di chiusura.

(2) « Transaction of the A.I.E.E. », Vol. 47, gennaio 1928, pag. 157: « Because system, maintenance and operating conditions are « beyond the control of the manufacturer, interrupting capacities « of oil circuit breakers cannot be guarantied, but this does not « relieve the manufacturer of his contract obligation to deliver oil « circuits breakers having interrupting capacities as specified ».

# Allegato

Il poco tempo che ho avuto a disposizione per la preparazione di questo rapporto non mi ha permesso di fare un'inchiesta sull'opinione ed i desideri degli esercenti in merito agli interruttori.

Però ho voluto ugualmente assicurarmi di non allontanarmi dalla verità giudicando gli interruttori in olio migliori di quanto spesso si scrive e non dando eccessiva importanza ai pericoli d'incendio provocati dall'esplosione degli interruttori.

Il questionario che ho inviato a questo scopo importava le seguenti quattro domande:

1º) Quanti interruttori in olio avete nelle vostre installazioni?

2º) Avete avuto nei vostri impianti degli interruttori seriamente danneggiati per qualsiasi causa? Quanti?

3º) Gli inconvenienti di cui al N. 2 hanno provocato incendi delle centrali o delle sotto-stazioni?

4º) Possibilmente completare le risposte ai quesiti suddetti con statistica per gli ultimi cinque anni.

A tale questionario hanno risposto 95 Società che hanno denunciato complessivamente circa 28 000 interruttori in olio in servizio.

Essendo tale numero di risposte ben limitato, in confronto alle installazioni esistenti, non è lecito trarre dalle risposte stesse conclusioni assolute. Tuttavia, i dati ottenuti si prestano ugualmente a qualche considerazione, tanto più che molte Società hanno compreso lo spirito della inchiesta meglio di quanto trasparisse dalle formule adottate nelle domande, ed hanno dato così ulteriori preziose informazioni. Mi spiace in particolare di non aver approfondito la quarta questione, che sarebbe stata più appropriata se si fosse limitata a richiedere se gli interruttori danneggiati erano di costruzione moderna od antica.

Ma lasciamo stare queste considerazioni, ecco i risultati dell'inchiesta:

*a*) Società o gruppi di Società che hanno risposto al questionario 95;

*b*) interruttori in olio dichiarati in servizio: 28 604;

*c*) interruttori in olio gravemente danneggiati per qualsiasi motivo e senza limitazione di tempo considerato: 449, ai quali bisogna aggiungere 8 o 9 interruttori all'anno indicati da due grandi gruppi di Società;

*d*) incendi di officine dovuti a incidenti di funzionamento degli interruttori in olio, 5.

A tali cifre bisognerebbe aggiungere 5 000 apparecchi circa per tensioni inferiori a 30 000 V con una media di 10 seri guasti all'anno, ma senza alcun incendio, dichiarati dall'Associazione Elettrotecnica Svizzera per tutto il suo Paese, dati di cui non ho tenuto conto, perchè mi sono parsi troppo generali ed approssimativi.

Avendo così indicato per sommi capi i risultati dell'inchiesta, cerchiamo di esaminarli in dettaglio, cominciando dagli incendi, cosa di cui gli esercenti si preoccupano maggiormente.

Per due incendi dichiarati non vi sono dettagli, per il terzo la Società si esprime testualmente: « In seguito alla caduta di « un fulmine in prossimità immediata della Centrale, un in- « terruttore da 5 000 V montato sulle connessioni primarie d'un « trasformatore elevatore 5 000/20 000 V da 3500 kVA esplo- « deva e contemporaneamente il trasformatore veniva grave- « mente danneggiato. Il getto dell'olio infiammato provocò l'in- « cendio di tutti i cavi e la distruzione completa dei quadri « (alta tensione di manovra e di comando a 5 000 V).

« Non si sono potute stabilire le cause di questa esplosione: « la cassa dell'interruttore era quasi intatta, ma i sei passanti « erano distrutti ».

In merito al quarto incendio, l'esercente ci scrive:

« L'esplosione di un interruttore a 30 000 V in una cabina « di trasformazione 30 000/5 700 V ha provocato l'incendio di « tutto un piano della cabina ».

Il quinto incendio è stato causato dall'esplosione, avvenuta durante un corto circuito, d'un interruttore di 25 kV utilizzato su circuiti a 11 500 V; l'olio dell'apparecchio infiammatosi ha provocato un incendio che distrusse tutti gli isolatori portasbarre: nel rapporto dell'incidente si legge che « l'incendio è stato di modeste proporzioni ».

Ecco a che cosa si riduce questo pericolo tanto temuto di incendi delle centrali: bisogna notare che, secondo l'inchiesta da me fatta, altre 10 Società hanno subito l'incendio dell'olio degli interruttori, ma senza conseguenza per le centrali, ciò che conferma quanto sia facile fronteggiare questi incidenti.

Ciò che mi sorprese è stato il fatto che ho dovuto eseguire l'indagine su un terzo dell'Europa per giungere a conoscenza di 5 incidenti un po'importanti, mentre potrei, malgrado la mia limitata esperienza personale, senza bisogno di inchieste, riferire su due gravi incidenti dovuti a dei trasformatori; ciò fa supporre che i pericoli maggiori d'incendio nelle officine elettriche possono derivare da queste macchine. Inoltre, confrontando la relazione dei guasti provocati dai cinque incendi d'interruttori con la distruzione parziale delle officine avvenute per causa dei due incendi di trasformatori, ai quali io mi riferisco, mi chiedo perchè si fa tanto rumore per l'olio degli interruttori, mentre nessuno si preoccupa dei trasformatori. Rinuncio a chiarire questa incertezza, ma mi pare che risulti dall'inchiesta che la mia tendenza a non considerare gli interruttori come eccessivamente pericolosi non pecchi di troppo ottimismo.

Passando a considerare poi la quantità degli interruttori seriamente danneggiati, quale risulta dalla mia inchiesta, debbo osservare che la parola « seriamente » si è prestata a diverse interpretazioni.

Due esercenti, infatti, considerano come gravi guasti la fusione dei contatti, io credo che questi esercenti siano un po' troppo esigenti; ad ogni modo nella mia statistica ho compreso anche tali guasti, poichè essi non modificano sensibilmente i risultati.

Per ugual motivo ho compreso un interruttore esploso per cause fortuite ed indipendenti dal suo funzionamento, ed un altro danneggiatosi per mancanza d'olio.

Per contro sono stato in dubbio se fossero da comprendere gli interruttori per i quali i guasti consistono nella fulminazione dei passanti, perchè tali incidenti rilevano un difetto rimediabile nella costruzione e non un difetto intrinseco nella natura dell'apparecchio; ma, poichè tra i vantaggi attribuiti agli interruttori senza olio vi è quello di non avere passanti, ho compreso tra i 449 interruttori danneggiati della statistica anche quelli nei quali il danneggiamento si riferiva ai passanti. Credo però opportuno far rilevare che le installazioni nelle quali gli interruttori sono stati guastati in seguito a sovratensioni atmosferiche non risultano abbastanza protette contro queste, di modo che ci si potrebbe chiedere se i passanti perforandosi non abbiano salvato altro macchinario.

Comunque, come ho già detto, la statistica degli interruttori gravemente danneggiati comprende anche quelli pei quali il danno si riferisce al passante, ma ritengo utile far rilevare la frequenza insospettata, almeno per me, di tali incidenti.

Infatti, considerando che solo di 240, sui 449 casi d'interruttori danneggiati, mi è stata indicata approssimativamente la natura del guasto, e che su questi 240 casi ben 114 danni consistono nella fulminazione dei passanti, bisogna concludere che il 50 dei 100 guasti imputati agli interruttori in olio dipendano da questo elemento. Questo risultato meriterebbe un esame meglio approfondito, tanto da parte del costruttore, che da parte dell'esercente.

Rilevabile è poi la frequenza colla quale molti esercenti commentano le loro risposte al questionario dichiarando che gli apparecchi guastati erano di capacità sproporzionata alle potenze in giuoco. Questa dichiarazione suona come una difesa degli interruttori in olio, e dimostrerebbe che molti esercenti sono del parere che, dopo tutto, questi apparecchi vanno bene e tutto sta nel saperli bene utilizzare.

Tale giudizio mi pare concordi abbastanza coi risultati della inchiesta che denuncia 449 guasti gravi su oltre 28 000 apparecchi, di cui parecchi di antica costruzione, in servizio anche da da oltre 10 anni, con una percentuale quindi di danni del 1,6 per 100. Sono persuaso che molti esercenti si augurerebbero di poter ottenere un simile rendimento da tutte le varie parti delle loro installazioni. Ad ogni modo mi sembra che i risultati di questa inchiesta mi autorizzino a credere di non essermi sbagliato giudicando in questo rapporto gli interruttori in olio migliori di quanto spesso si dica.

ING. LEONARDO MAGGI.

ING. ULISSE FREDIANI
DEGLI STABILIMENTI ELETTROTECNICI ANSALDO

# Le caratteristiche delle macchine elettriche funzionanti su lunghe linee di trasmissione dal punto di vista del costruttore e dell'esercente

*Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique »*

Parigi, luglio 1932

## INTRODUZIONE.

Il rapido accrescimento della domanda d'energia elettrica e la necessità di uno sviluppo più intenso delle risorse naturali delle nazioni portarono all'aumento delle distanze fra le centrali di produzione ed i luoghi di consumo e ad una quantità sempre più imponente di energia da trasportare.

Perciò si rese necessaria l'adozione di tensioni sempre più elevate per le linee di trasporto e dei notevolissimi problemi da risolvere, dovuti essenzialmente alla magnificazione di fenomeni molto vari fra i quali, per esempio, gli effetti della capacità, si presentarono al tecnico.

Il grandissimo sviluppo delle interconnessioni dei sistemi, necessario per avere la possibilità di scambiare l'energia e quindi consentire la più razionale utilizzazione delle potenze disponibili nelle diverse centrali generatrici e per cercare di avere la più grande continuità di servizio in ogni parte dei singoli sistemi, mise in evidenza la grande importanza di una teoria di questioni veramente complesse, sia dal punto di vista esclusivamente tecnico che da quello dell'esercizio.

Così, per esempio, il problema della stabilità, che esiste naturalmente in qualunque sistema, divenne di fondamentale importanza e ciò essenzialmente, perchè, incidendo fortemente il prezzo delle lunghe linee ad altissima tensione sul costo d'installazione, si rese necessario il funzionamento dei sistemi di trasmissione con una potenza la più vicina possibile a quella massima consentita dalla stabilità stessa.

I lavori sperimentali su i sistemi artificiali costruiti colle più svariate combinazioni delle caratteristiche degli elementi, le investigazioni matematiche suffragate dalle conclusioni di questi lavori ed infine il confronto fra i risultati di laboratorio e quelli ottenuti su dei sistemi reali, in virtù della rapida evoluzione dei mezzi atti alla registrazione dei disturbi ecc. hanno provocato una vera fioritura della letteratura tecnica su i diversi argomenti.

Si può dire che il problema della costruzione delle linee ad altissima tensione è stato portato rapidamente e con una relativa facilità ad una buona soluzione mentre non si può dire altrettanto per il problema ben più complicato delle macchine.

Tuttavia i mezzi più atti a migliorare le condizioni di stabilità di un sistema e ad assicurargli quindi la più grande capacità di trasmissione risiedono quasi esclusivamente nella scelta opportuna delle caratteristiche delle macchine e degli apparecchi dell'estremità del sistema stesso.

È necessario premettere che la più razionale e la più moderna utilizzazione dei modi di eccitazione, di regolazione e di protezione deve sempre tendere a far restare permanentemente in servizio i complessi delle stazioni d'estremità.

Si deve quindi considerare d'importanza fondamentale la determinazione delle caratteristiche delle macchine, le quali sono legate con rapporti ben definiti con quelle della linea o meglio del sistema intero e strettamente influenzate dalle peculiarità delle diverse apparecchiature.

## PARTE PRIMA.

L'effetto della corrente dovuta alla capacità della linea ad altissima tensione è praticamente quello che in modo preponderante influisce sullo studio delle macchine. Uno dei casi più gravi da considerare si ha certamente quando un generatore di una centrale isolata deve mettere sotto alta tensione una lunga linea che collega un altro luogo di generazione o di trasmissione o di distribuzione.

La linea di trasmissione funziona come un condensatore fornendo della corrente magnetizzante all'alternatore.

Se noi vogliamo poter effettuare la messa in tensione della linea, regolando la tensione stessa, è necessario evitare l'autoeccitazione del generatore. Per ciò, o si prevede il generatore direttamente atto a funzionare stabilmente col carico capacitivo dovuto alla linea, o si compensa, almeno in parte, l'effetto della capacità della linea stessa. La compensazione può essere fatta evidentemente con l'inserzione in parallelo di bobine di reattanza.

I trasformatori, in virtù delle correnti magnetizzanti assorbite, equivalgono a tali bobine. Si può pensare quindi di ricavare dei vantaggi dall'installazione di trasformatori che assorbono delle notevoli correnti magnetizzanti.

Noi vogliamo fare osservare che in generale non c'è, al contrario, che da dedurne degli svantaggi e che l'effetto utile ottenibile per lo scopo suddetto è da trascurare.

Esaminiamo quindi l'influenza delle suddette correnti riferendoci alle seguenti questioni:

I. Messa in tensione della linea.

II. Regolazione del carico della linea.

III. Condizioni transitorie durante i disturbi della linea.

Per un tale esame noi dovremo trattare in maniera particolare della scelta del rapporto a vuoto più opportuno del trasformatore elevatore affinchè possano pure essere evitati dei particolari fenomeni anormali.

Invece, le stesse qualità che rendono il generatore non auto-eccitabile, per effetto della capacità di linea, favoriscono la stabilità del sistema in cui funziona ed è da rilevare che il mezzo più economico per ottenere una variazione dei limiti di potenza di un sistema è *ancora* dipendente in maniera fondamentale dalle modifiche delle caratteristiche stesse delle macchine.

I. *Messa sotto tensione della linea.* - A) *Generatore auto-eccitabile.*

Siano: V, la tensione dell'alternatore;

$V_n$, la tensione normale dell'alternatore;

I, la corrente dell'armatura;

$I_n$, la corrente normale dell'armatura;

i, la corrente d'eccitazione dell'induttore;

$i_0$, la corrente d'eccitazione coll'alternatore a vuoto e alla tensione $V_n$.

Nella fig. 1, $V_a$ è la caratteristica a vuoto dell'alternatore e $I_{cc}$ quella in corto circuito. *ABC* è il triangolo di Potier per la corrente normale $I_n$. Le lunghezze dei cateti *AB* (tensione di

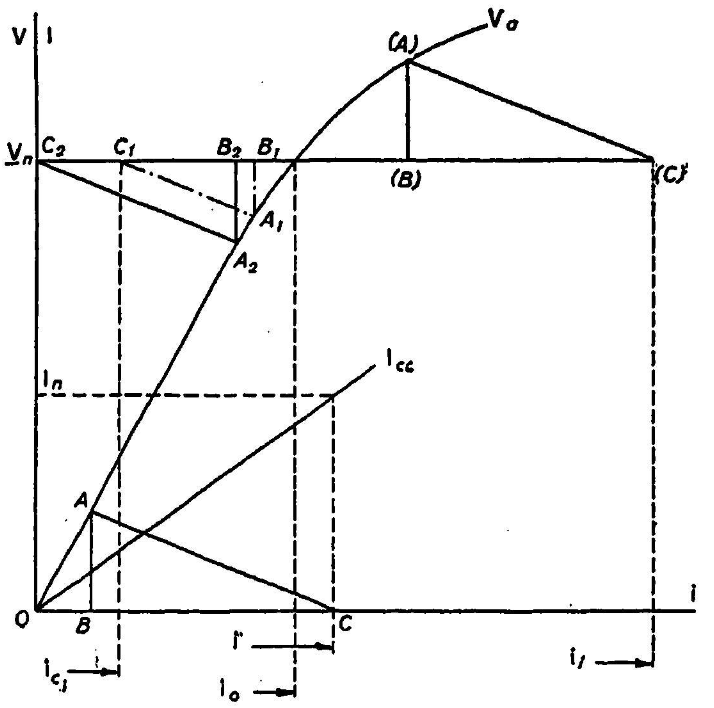



Fig. 1.

reattanza) e *BC* (reazione di armatura) e per conseguenza quella dell'ipotenusa sono infatti proporzionali ai valori della corrente d'armatura.

Il triangolo *ABC* è uguale a quello (*A*) (*B*) (*C*) e simile a quelli $A_1B_1C_1$ e $A_2B_2C_2$. È noto che nel funzionamento in circuito capacitivo la reazione d'armatura e la tensione di reattanza hanno un effetto opposto a quello che si ha nel funzionamento in circuito induttivo e precisamente, nel primo caso, la reazione d'armatura ha un effetto di magnetizzazione che si aggiunge a quello dell'eccitazione dell'induttore e la tensione di reattanza si aggiunge alla forza elettromotrice indotta.

La corrente d'eccitazione dell'induttore è $\gtreqless i_0$ secondo che il circuito è puramente induttivo o capacitivo.

In particolare, se il generatore funzionasse colla tensione $V_n$ e la corrente $I_n$ in circuito puramente induttivo, la corrente di eccitazione necessaria nell'induttore sarebbe $i_i$. Se il generatore funzionasse al contrario in un circuito puramente capacitivo colla stessa tensione $V_n$ e colla corrente $I_1 = I_n \frac{C_1 B_1}{CB}$, la corrente d'eccitazione necessaria nell'induttore sarebbe $i_{c1}$. La corrente massima che il generatore potrebbe sostenere, restando invariata la tensione $V_n$, è data da $I_2 = I_n \frac{C_2 B_2}{CB}$.

(La determinazione di questo valore non è affatto esatta poichè la costruzione trascura parecchi fattori. Non è ora interessante per noi di trattare del suo grado di approssimazione).

Il generatore sarebbe eccitato esclusivamente dalla corrente capacitiva fornita dal circuito e la corrente d'eccitazione dell'induttore diverrebbe nulla. La macchina equivarrebbe così ad una semplice bobina di reattanza.

La relazione fra il valore della corrente di armatura dell'alternatore funzionante con un carico puramente capacitivo e la corrente d'eccitazione dell'induttore, a riguardo degli effetti di magnetizzazione, è data dal rapporto $\gamma = \frac{BC}{i}$.

Quando un generatore mette sotto tensione una linea funziona precisamente in un circuito capacitivo.

La corrente di magnetizzazione fornita dalla linea può essere praticamente considerata come proporzionale alla tensione. La caratteristica della linea stessa è dunque rappresentata da una retta.

Essendo: *f*, la frequenza,

ω, la pulsazione,

*C*, la capacità della linea,

$V_c$, la tensione della linea,

$I_c$, la corrente di magnetizzazione fornita dalla linea per la sua capacità,

si ha:

$$I_c = V_c \, \omega \, C$$

e per conseguenza $\frac{V_c}{I_c} = \frac{1}{\omega C}$. Facendo $\frac{1}{\omega C} = \operatorname{tg} \alpha_1$, la caratteristica della linea è data dalla retta di coefficiente angolare $\operatorname{tg} \alpha_1$, nel sistema di coordinate $I_c$, $V_c$, e dalla retta *l* di coefficiente angolare $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\omega C \gamma}$ nel sistema i, $V_c$, ove:

$$\frac{I_c}{i} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\operatorname{tg} \alpha} = \gamma .$$

Nella fig. 2, $V_a$ è la caratteristica di magnetizzazione dell'alternatore e l rappresenta quella della linea. Può essere qui trascurata per semplicità la considerazione del magnetismo residuo. La tensione di reattanza nel funzionamento in circuito capacitivo aumenta la tensione ai morsetti dell'alternatore. Le ordinate della retta $l_1$, danno i valori della tensione di linea diminuiti di quelli della tensione di reattanza.

Se la retta $l_1$ taglia la caratteristica $V_a$, si ha il fenomeno ben noto dell'auto-eccitazione, e la tensione massima che si raggiunge più o meno rapidamente a seconda delle costanti di tempo della macchina stessa è data da *D'*, cioè dal punto della retta l che corrisponde a quello di funzionamento stabile *C'* di $V_a$.

L'alternatore è allacciato alla linea per mezzo di un trasformatore elevatore che assorbe una corrente a vuoto, di un certo valore variabile colla tensione di alimentazione secondo la caratteristica di magnetizzazione, che praticamente si addiziona algebricamente a quella magnetizzante dovuta alla capacità della linea, compensandola in parte. La caratteristica della linea

si piega ed il punto stabile di funzionamento del generatore corrisponde ad un valore inferiore della tensione. Se all'altra estremità della linea da mettere in tensione è allacciato un trasformatore, si ha evidentemente, per effetto delle correnti magnetizzanti assorbite da questo, una flessione ulteriore della

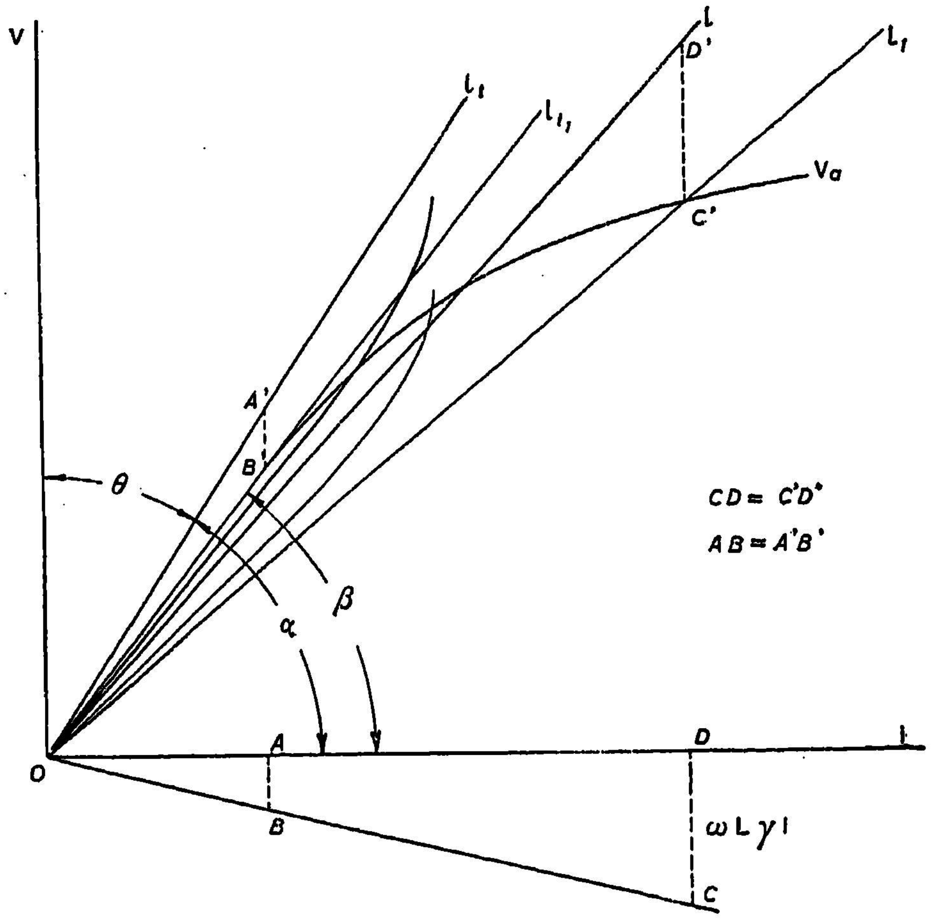



Fig. 2.

caratteristica della linea e per conseguenza un altro spostamento verso il basso del punto stabile di funzionamento raggiunto coll'autoeccitazione.

È chiaro che l'abbassamento del massimo della tensione ottenuta per auto-eccitazione è tanto più forte quanto più grande è la corrente assorbita per la magnetizzazione dei trasformatori.

Anche la saturazione del generatore influisce, ma solamente per abbassare il valore della tensione corrispondente al punto stabile e non sull'inizio del fenomeno.

L'auto-eccitazione non si verificherà se la caratteristica della linea, supposta di nuovo per semplicità una retta, si troverà nell'angolo Θ (fig. 2), determinato dall'asse delle ordinate e dalla retta $l_t$ la quale ha come coefficiente angolare $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \beta + \gamma \omega L$, essendo L la selfinduzione del generatore.

La posizione $l_t$ indica un limite, che non può essere raggiunto. In esso si ha pure l'auto-eccitazione.

In generale, le necessità di funzionamento ecc., obbligano o consigliano di ricorrere ad un solo complesso alternatore-trasformatore per la messa in tensione della linea, con il trasformatore all'estremità di arrivo inserito, ma, non fosse altro che per le prove della linea stessa a piena tensione, è bene fare astrazione anche dal piccolo vantaggio offerto dalla presenza di questo trasformatore.

È da notare che i trasformatori in linea, alle tensioni sviluppate in essi e corrispondenti ad una prima parte del tratto rettilineo della caratteristica dell'alternatore, devono necessariamente assorbire delle correnti di magnetizzazione molto piccole e che praticamente sono proporzionali alle tensioni stesse. Ciò risulta facilmente dalla forma della caratteristica di magnetizzazione di un trasformatore, pure ammettendo una forte saturazione alla tensione normale di esercizio (fig. 3).

Pertanto il coefficiente angolare della tangente al punto di origine della caratteristica della linea, coincidendo questa tangente praticamente col primo tratto della caratteristica stessa, non è influenzato in maniera apprezzabile dalle correnti suddette.

Per considerare l'ordine di grandezza dell'effetto dovuto alle correnti di magnetizzazione ci possiamo riferire, per esempio, all'impianto dell'Isarco (Cardano) (1).

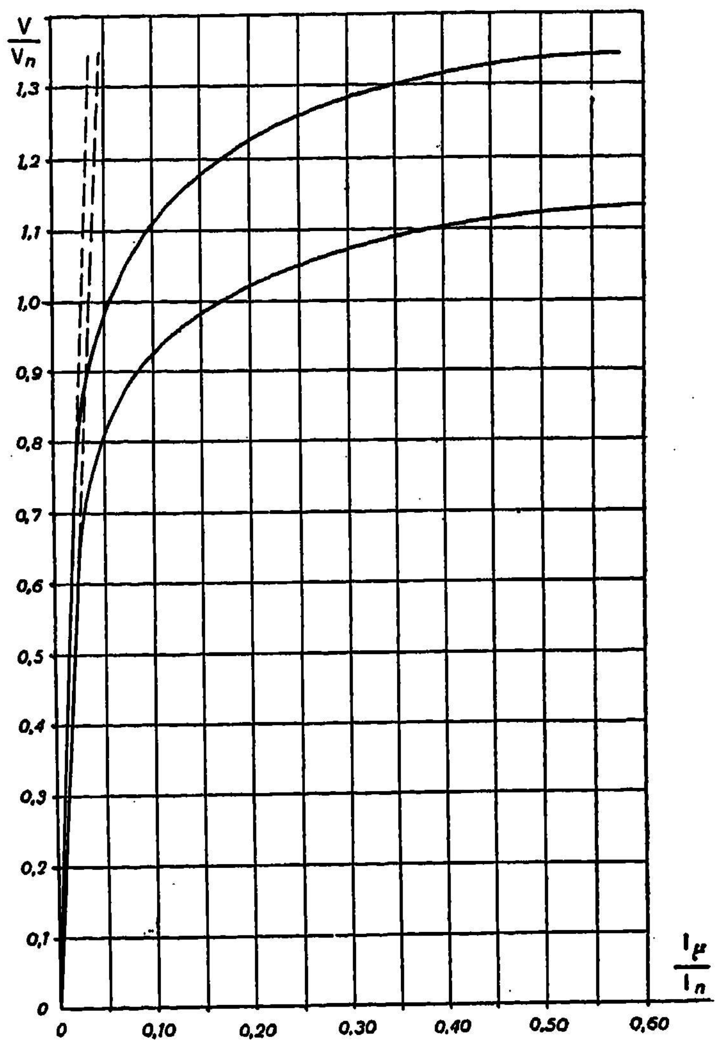



Fig. 3.

Un alternatore di 36 000 kVA, alla tensione normale di 10 000 V, è allacciato alla linea di trasmissione di km 246 per mezzo di un trasformatore di 36 000 kVA, la cui caratteristica di magnetizzazione è data dalla fig. 4; t è la tangente nel suo punto di

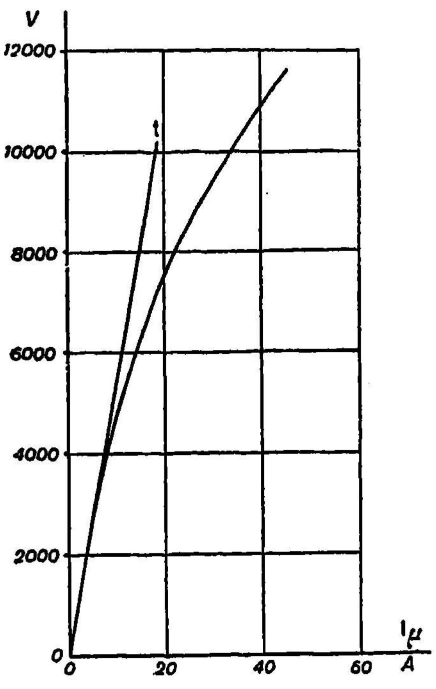



Fig. 4.

origine. Alla tensione normale, il carico capacitivo della linea è di 28 000 kVA ca. con una tensione di 8000 V al generatore.

Si ha dunque una corrente di capacità:

$$I_c = \frac{28\,000}{8000 \times 1{,}73} = 2020 \text{ A}$$

(1) C. Palestrino: « Studio e calcoli elettrici della linea a 220 kV da Cardano a Cislago ». *L'Energia Elettrica*, febbraio 1930.

Al valore della forza elettromotrice nel trasformatore dipendente dal carico suddetto, corrisponde sulla tangente $t$ una ascissa $I_{\mu t} = 18$ A circa. Si ha perciò:

$$\frac{I_{\mu t}}{I_c} = \frac{18}{2020} = 0{,}0089$$

cioè un valore molto piccolo.

Per avere una influenza notevole sul coefficiente angolare della caratteristica della linea, bisognerebbe evidentemente installare dei trasformatori con grandi traferri, ma, per le considerazioni sviluppate in seguito, trattando della regolazione del carico della linea, e per le più grandi difficoltà di costruzione ecc., non è da ritenere opportuna l'installazione di simili trasformatori.

È necessario inoltre osservare quanto segue.

Il generatore può essere costruito coll'induttore cilindrico o a poli salienti. È noto che, nel primo caso, la macchina non ha coppia sincronizzante e quindi non può dare della potenza attiva se la corrente di eccitazione è nulla. Al contrario, nel secondo caso, esiste ancora un certo valore della coppia sincronizzante il quale dipende dalle caratteristiche del generatore, considerato come una macchina a reazione, cioè in virtù della disuniformità del circuito magnetico dovuta ai poli salienti, e si può per conseguenza avere una certa potenza attiva.

Poichè nel circuito naturalmente vi è sempre un carico, sia pure piccolo, è evidente che bisogna determinare un certo valore di corrente da dare all'induttore la cui grandezza dipende anche dal tipo di costruzione, e che può essere nullo soltanto nel caso di poli salienti. C'è di più che il motore primo accoppiato all'alternatore marcia, evidentemente, quasi a vuoto quando si mette in tensione la linea.

In tali condizioni, in virtù delle caratteristiche proprie del regolatore, non si può mantenere la frequenza costante se non entro dei limiti relativamente larghi.

Al contrario, per effetto delle minime variazioni di frequenza, se la caratteristica della linea è molto vicina alla posizione limite $l_t$, si può avere, tutta in un colpo, l'auto-eccitazione del generatore e per conseguenza degli sbalzi enormi di tensione, ecc.

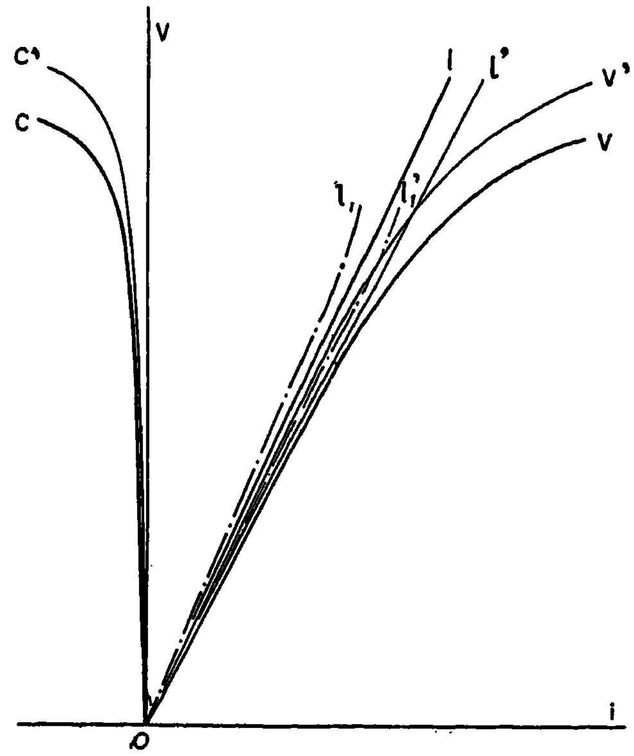



Fig. 5.

Ciò risulta chiaramente dalla fig. 5 ove V, V' sono le caratteristiche a vuoto dell'alternatore e l, l' quelle della linea rispettivamente per le frequenze $f$ e $f'$.

Qui è stato trascurato, per semplificare, l'effetto della tensione di reattanza, il quale del resto non fa che magnificare il fenomeno. Mentre alla frequenza $f$ l'auto-eccitazione non è possibile, poichè V ed l non s'intersecano, alla frequenza $f'$ si ottiene l'auto-eccitazione. Pertanto, oltre che per le suddette ragioni, è necessario limitare la potenza capacitiva dell'alternatore a un valore assai inferiore a quello definito per una data tensione dalla caratteristica limite $l_t$ per la linea. Cioè si deve avere un margine di eccitazione nell'induttore che permetta una certa variazione di frequenza senza raggiungere il limite di auto-eccitazione.

In virtù delle caratteristiche attuali dei regolatori dei motori primi, si sa che è bene prescrivere che il generatore funzionante ad una data tensione in un circuito di capacità determinata non debba arrivare ad auto-eccitarsi per un aumento di frequenza dal 5 al 10 per cento (1).

In tali circostanze, qual'è l'influenza del trasformatore elevatore? Nella fig. 5, *C*, *C'* sono le sue caratteristiche di magnetizzazione rispettivamente alle frequenze $f$ ed $f'$. Nel tratto rettilineo delle caratteristiche, le ascisse corrispondenti ad una stessa tensione sulle due curve stanno nel rapporto $\frac{f}{f'}$. Le caratteristiche l, l' della linea divengono $l_1$, $l'_1$ ed evidentemente l'effetto utile della corrente di magnetizzazione diviene più piccolo colla frequenza $f'$.

La tensione di reattanza del trasformatore, trascurata, in questo caso ha un effetto favorevole, ma il risultato è sempre nello stesso senso.

Noi notiamo infine che, nel caso particolare di macchine funzionanti con due frequenze, non essendo prevista una variazione del rapporto nel trasformatore, l'influenza utile delle correnti di magnetizzazione si riduce ancora nel funzionamento colla più alta frequenza, cioè quando sarebbe invece più necessaria.

In generale una tale influenza diviene tanto più piccola quanto minore è la potenza del generatore rispetto alla potenza capacitiva della linea.

B) *Generatore non auto-eccitabile.* – Consideriamo infine una caratteristica della linea la cui tangente nel punto di origine degli assi ha un coefficiente angolare tale che esclude l'auto-eccitazione del generatore, pure con il margine di sicurezza, e mettiamo pure in evidenza gli effetti delle correnti di magnetizzazione dei trasformatori.

Noi ci riferiamo ora alle prove fatte nel caso pratico di un generatore trifase allacciato per mezzo di un trasformatore elevatore $T_e$ a una lunga linea ad altissima tensione, all'estremità della quale erano stati inseriti dei trasformatori riduttori $T_r$ (fig. 7*a*).

Nella fig. 6 si ha:

| | |
|---|---|
| $V_a$ | la caratteristica a vuoto dell'alternatore, |
| l $(I_c)$ | la caratteristica della linea, |
| $V_n$ | la tensione considerata normale nello studio del generatore, |
| V $(I_c)$ | la caratteristica dell'alternatore colla corrente $I_c$. |

Noi possiamo approssimativamente considerare il sistema precedente come un insieme di reattanze disposte secondo lo schema della fig. 7*b*), ove:

| | |
|---|---|
| $S_g$ | la reattanza induttiva del generatore $G$; |
| $S_e$ | » » » » trasformatore $T_e$; |
| $S_{me}$ | » » » equivalente alla corrente magnetizzante del trasformatore $T_e$; |
| K/2 | la reattanza capacitiva della linea; |
| $S_l$ | » » induttiva » » ; |
| $S_r$ | » » » del trasformatore $T_r$; |
| $S_{mr}$ | » » » equivalente alla corrente magnetizzante del trasformatore $T_r$. |

(1) A. Mandl: « Das Aufladen grosser Netze mit Drehstromgeneratoren ». E. u. M., 8 agosto 1926.

Risulta evidentemente dalla curva l ($I_c$) l'effetto fortissimo delle componenti induttive delle correnti di magnetizzazione dei trasformatori. L'eccitazione dell'alternatore si faceva regolarmente fino ad una tensione $V_p$ corrispondente presso a poco al ginocchio della curva l ($I_c$). La macchina allora cominciava a pendolare e, eccitando ancora l'induttore, il movimento pendolare si faceva sempre più forte, finchè con una eccitazione sempre più crescente non si raggiungevano tensioni prossime a $V_n$ per cui si smorzava ed infine scompariva. L'inserzione

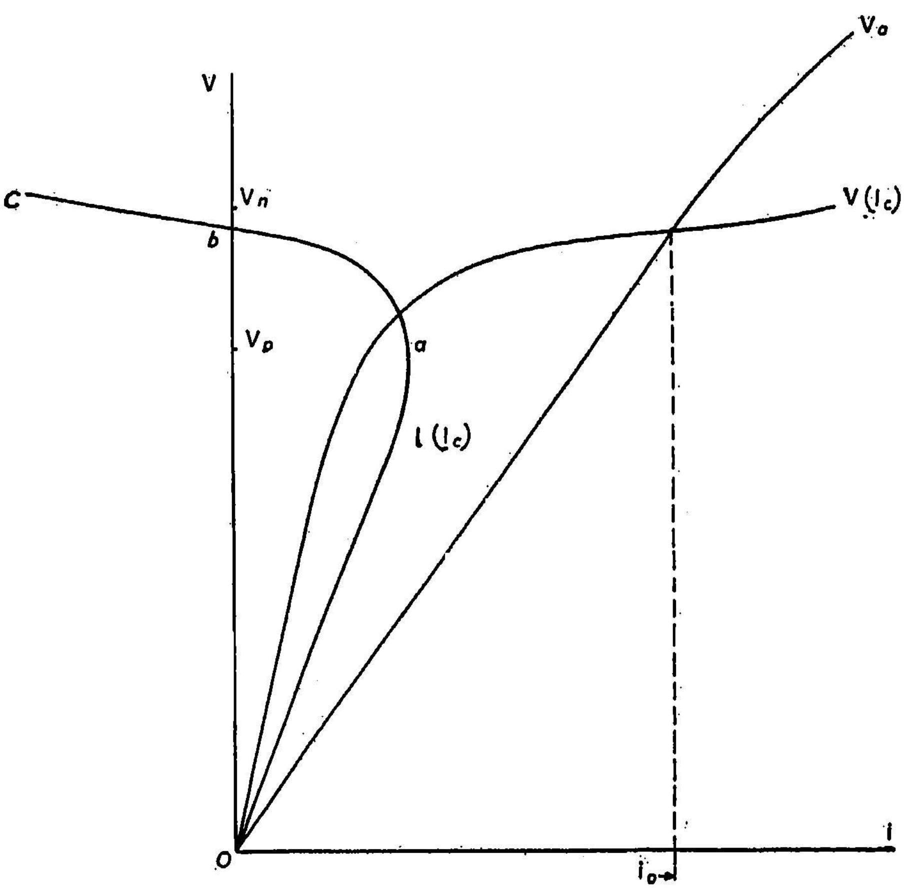
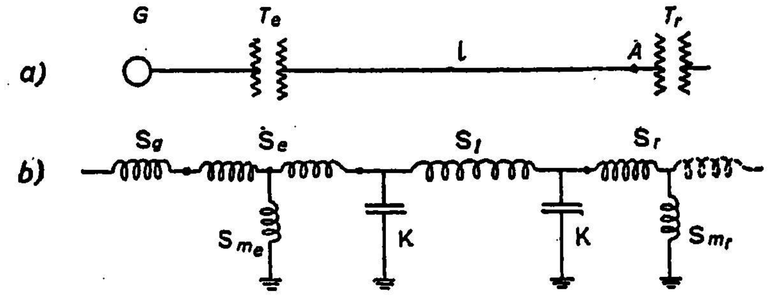



Fig. 6.




Figg. 7 *a*) e *b*).

di uno o due o tre trasformatori riduttori all'estremità della linea, influenzando evidentemente il valore delle correnti magnetizzanti, determinava una variazione della curva l ($I_c$), ma il fenomeno si verificava in maniera simile. La zona del movimento pendolare corrispondeva a tensioni differenti del generatore. Infine, se si lasciava l'estremità della linea senza i trasformatori, il fenomeno non si manifestava più.

Nel primo tratto della curva l ($I_c$), corrispondente al funzionamento stabile della macchina, si ha precisamente quasi costante l'impedenza del sistema, poichè la corrente che risulta per gli effetti di tutte le reattanze, ecc., è quasi proporzionalmente crescente con la tensione.

Nel tratto *ab* al contrario, mantenendosi sempre in avanzo sulla tensione, la corrente risultante non cresce più coll'aumentare della tensione ma diminuisce. In tali condizioni, mentre la reattanza risultante $x = \frac{E}{I_c}$ (essendo E la forza elettromotrice) è sempre corrispondente ad una reattanza capacitiva (negativa), l'incremento della reattanza $\frac{\Delta E}{\Delta I_c}$ corrisponde ad una reattanza induttiva (positiva).

È precisamente alle conseguenze di un tal fatto che si può accusare la ragione principale dell'instabilità del generatore. Nel tratto *bc* la corrente è sempre in ritardo di fase sulla tensione, ma cresce pure coll'aumentare della tensione. La reattanza che risulta dal sistema e l'incremento della reattanza sono ambedue corrispondenti ad una reattanza induttiva. Così il sistema è equivalente ad una reattanza induttiva che tende a risentire gli effetti della saturazione e perciò a raggiungere le condizioni adatte per un funzionamento stabile. Infatti il movimento pendolare dell'alternatore coll'aumentare dell'eccitazione oltre il valore $i_o$ diminuiva sempre più fino a scomparire interamente.

Poichè l'alternatore aveva i poli costituiti di lamierini, era in condizioni, in generale, non favorevoli nei riguardi dello smorzamento delle oscillazioni pendolari. Se l'alternatore fosse stato munito di gabbia di scoiattolo, nella migliore delle ipotesi, con una regolazione finissima dell'eccitazione, avrebbe potuto essere capace di passare la zona critica senza movimento pendolare apprezzabile. Allora non sarebbe stato notato alcun fenomeno irregolare durante la messa in tensione della linea.

Il generatore avrebbe sempre avuto tuttavia, nel suo funzionamento col carico normale alla stazione in arrivo della linea, una parte notevole di carico induttivo dovuto alle correnti magnetizzanti assorbite dai trasformatori in saturazione. E noi vedremo in seguito come, facendo anche astrazione dai motivi importantissimi di altra natura che consigliano a non saturare i circuiti magnetici nei trasformatori, non si abbia interesse, pure dal punto di vista economico dell'esercizio, di avere delle notevoli correnti di magnetizzazione assorbite dai suddetti trasformatori.

Per evitare il fenomeno che noi abbiamo sopra esposto, la caratteristica risultante delle correnti magnetizzanti dei trasformatori deve soddisfare alle condizioni che vogliamo far rilevare.

C) *Determinazione del rapporto a vuoto del trasformatore.* — Il valore del rapporto a vuoto del trasformatore elevatore della centrale generatrice da cui dipende l'inclinazione della caratteristica della linea, la reattanza di questo trasformatore che, come abbiamo già rilevato per quella del generatore, essendo in serie con essa concorre nel funzionamento con carico capacitivo a creare un aumento ulteriore di tensione, ed infine il fenomeno Ferranti con degli effetti simili, influiscono evidentemente sui valori delle correnti di magnetizzazione assorbite dal trasformatore elevatore e da quello riduttore all'estremità della linea.

Colla variazione degli effetti suddetti e delle caratteristiche proprie dei trasformatori si possono avere evidentemente differentissime caratteristiche risultanti per la linea.

Per una trasmissione allo studio si può stabilire la tensione *E* che noi vogliamo mantenere costante all'estremità della linea o sezione di linea.

Noi possiamo predeterminare anche la tensione $V_o$ del generatore, la più opportuna rispetto alla potenza ecc.

Se noi ammettiamo per un momento che non vi siano delle correnti magnetizzanti assorbite dai trasformatori, la caratteristica della linea è una retta e alla tensione E corrisponde una corrente $I_{cE}$ al generatore (fig. 8).

Siano:

*R*, il rapporto di trasformazione a vuoto del trasformatore elevatore;

$\Delta E_{T_e}$ la sopraelevazione di tensione in $T_e$ per la corrente capacitiva $I_{cE}$ al generatore;

$\Delta E_l$ la sopraelevazione di tensione nella linea *l* per effetto della corrente suddetta.

Si deve avere: $V_0 R + \Delta E_{Te} + \Delta E_l = E$

onde: $V_0 R = E - (\Delta E_{Te} + \Delta E_l)$

e per conseguenza: $R = \dfrac{E - (\Delta E_{Te} + \Delta E_l)}{V_0}$

Se, al contrario, non si avesse della corrente nella linea, evidentemente per ottenere una tensione E, il trasformatore dovrebbe avere un rapporto di trasformazione:

$$R' = \frac{E}{V_0} \quad \text{essendo } R' > R$$

Alla tensione $E\dfrac{R'}{R}$ corrisponde una corrente $I_{CE}\dfrac{R'}{R}$ nella linea se la caratteristica di questa è ancora una retta. A una tale tensione, per non avere effettivamente alcuna corrente

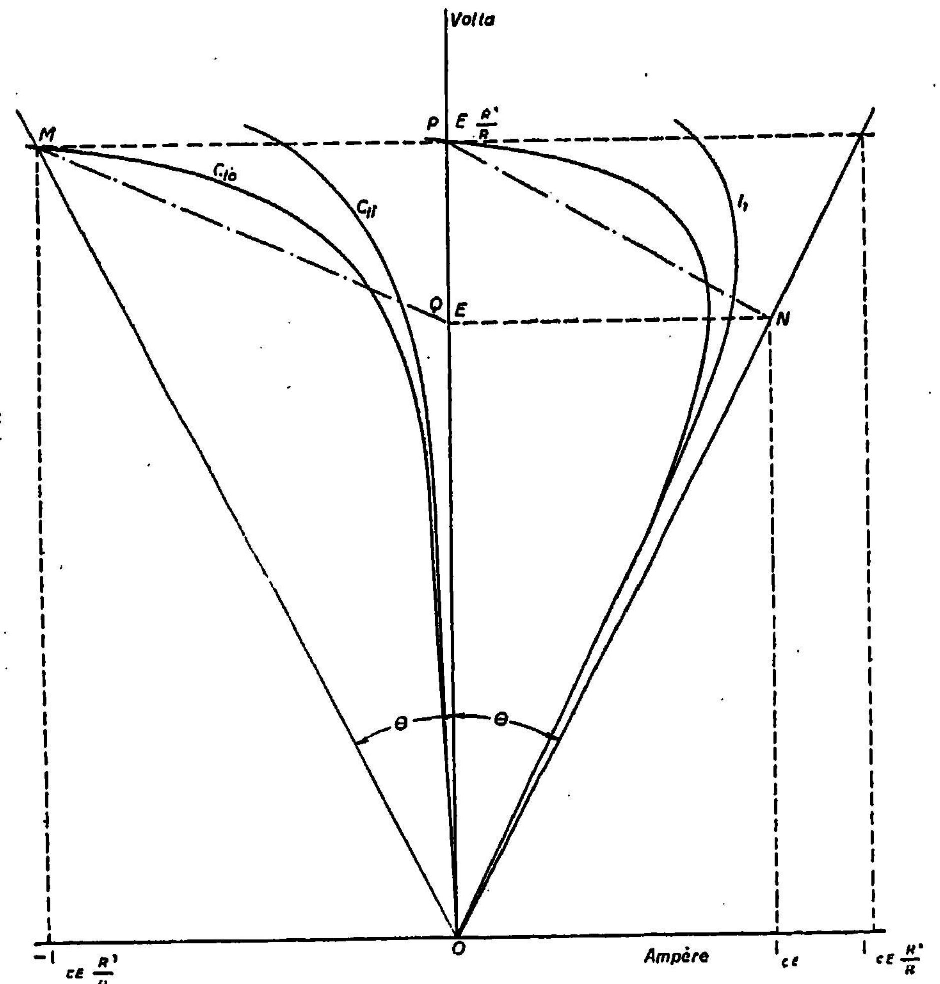



Fig. 8.

di magnetizzazione all'alternatore, dovuta alla linea, bisogna che le correnti di magnetizzazione assorbite dai trasformatori diano una curva risultante $C_{to}$ nel sistema di coordinate $I_c$, $E$, in maniera che alla tensione $E\dfrac{R'}{R}$ corrisponda un'ascissa $-I_{CE}\dfrac{R'}{R}$.

Se la caratteristica risultante delle correnti magnetizzanti fosse la linea spezzata *OEM*, la caratteristica della linea sarebbe evidentemente la linea *ONP*.

La caratteristica risultante $C_t$ non può essere una linea spezzata; essa ha necessariamente una forma simile alla caratteristica ordinaria di magnetizzazione di un trasformatore. Si rileva dalla figura che, in tutti i casi, se il ginocchio della curva $C_t$ si trova al disopra della retta *QM*, come per esempio in $C_{t1}$, il ginocchio della caratteristica della linea è al disopra della retta *PN* come in *l*, nell'esempio. In questo caso non si ha più la condizione principale per la quale il fenomeno descritto può verificarsi.

La curva $C_t$ dipende dal trasformatore elevatore $T_e$ e da quello riduttore $T_r$. È evidente che più il rapporto di trasformazione fissato per il trasformatore elevatore si avvicina a *R* (minimum), più alto dobbiamo spostare il ginocchio della curva $C_t$. Ma, a seconda della posizione del ginocchio, si ha pure un'influenza differente della corrente di magnetizzazione assorbita dai trasformatori quando il generatore funziona con la più alta tensione $V_1$, necessaria per avere sempre costante la tensione all'estremità della linea all'arrivo con le peggiori condizioni di carico. Pertanto per la determinazione del rapporto di trasformazione del trasformatore elevatore e della caratteristica di magnetizzazione $C_t$ si deve prendere in considerazione la regolazione del carico del trasformatore riduttore.

II. *Regolazione del carico della linea.* – Per trasportare nel modo più economico una potenza determinata sopra una linea, si deve esclusivamente utilizzare il sistema positivo di onde esistente fra l'estremità della centrale generatrice e quella della stazione di arrivo (1).

Poichè col sistema positivo di onde, la tensione e la corrente sono sempre esattamente in fase fra loro, lungo tutta la linea, si comprende che la trasmissione di energia deve aver luogo con la sola potenza attiva, cioè con $\cos\varphi = 1$.

Non è interessante qui considerare la resistenza della linea il cui effetto può essere compensato facendo variare, secondo una legge ben definita, il valore del carico di regolazione della linea determinato considerando la sua reattanza e la sua capacità (1).

E ponendo:

$c$ = capacità della linea per unità di lunghezza,

$l$ = self-induzione » » »

$Z = \sqrt{\dfrac{l}{c}}$;

I = corrente della linea;

si realizza il solo sistema positivo di onde se $\dfrac{E}{I} = Z = \sqrt{\dfrac{l}{c}}$.

In queste condizioni la potenza trasportabile nelle migliori condizioni per l'economia è data da:

$$W_n = I^2 Z = \frac{E^2}{Z} \qquad (1)$$

Rüdenberg chiama tale valore la « potenza naturale » della linea poichè con essa si hanno, infatti, i rapporti più semplici fra le diverse grandezze caratteristiche della linea. E si può dire che questa potenza dipende quasi esclusivamente dalla tensione *E* di funzionamento, poichè il valore *Z* è praticamente costante per tutte le linee.

Nel trasporto della potenza naturale lungo una linea, la capacità e l'autoinduzione non riescono a cambiare i rapporti numerici delle tensioni e delle correnti ed hanno il solo effetto nocivo (in riguardo della stabilità del sistema) di spostare l'angolo di fase delle correnti e rispettivamente delle tensioni fra la partenza e l'arrivo, $\delta = \dfrac{\omega a}{v}$, essendo lo sfasamento dovuto al tempo necessario affinchè le onde di velocità $v = \dfrac{1}{\sqrt{l_c}}$ possano percorrere la lunghezza *a* della linea. Invece, se la potenza è differente da quella attiva naturale, non si ha più la trasmissione col solo sistema positivo di onde ma si ha anche un sistema negativo.

Non c'è più equilibrio fra l'effetto della tensione induttiva dovuta all'autoinduzione della linea e quello della corrente dovuta alla capacità della linea stessa. E secondo che, per una tensione data all'arrivo, si trasmette una corrente inferiore o superiore a quella corrispondente alla potenza naturale per questa tensione, l'effetto della corrente dovuta alla capacità o

(1) R. Rüdenberg: « Das Verhalten elektrischer Kraftwerke und Netze beim Zusammenschluss » *E.T.Z.*, 4 luglio 1929.

quello della tensione induttiva diviene preponderante. Si ha rispettivamente, nel primo e nel secondo caso, una diminuzione o una sopraelevazione di tensione all'estremità della linea alla centrale generatrice (fig. 9).

In particolare sia $E_0 E$ la curva corrispondente alla corrente dovuta alla capacità della linea a vuoto, e sia $E_1$ la più alta

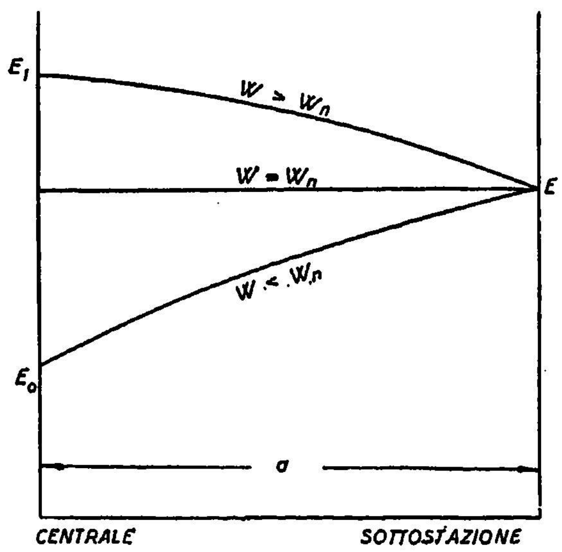



Fig. 9.

tensione che si deve avere all'estremità della linea alla centrale generatrice, la quale dipende dal più grande valore del carico che noi vogliamo avere disponibile al secondario del trasformatore riduttore alla stazione di arrivo. Può darsi anche naturalmente che $E_1$ si trovi al disotto di $E$.

Il carico suddetto aggiunto al carico proprio della linea dovuto alla capacità di questa può dare come risultante al generatore un carico che può essere induttivo o uguale a quello naturale della linea o, infine, capacitivo. Noi possiamo influire artificialmente sulla qualità e sulla quantità del carico risultante se compensiamo rispettivamente con dei condensatori o dei reattori una parte o tutto il carico induttivo e capacitivo.

Per l'equazione (1) si ha che, per $E$ costante, si può ottenere un valore differente della potenza naturale solamente se si varia $Z = \sqrt{\frac{l}{c}}$. Con delle capacità e delle autoinduzioni supplementari si può far prendere a $Z$ il valore $Z' = \sqrt{\frac{l'}{c'}}$ in modo da avere $Z' \lesseqgtr Z$.

È sufficiente praticamente di fare l'aggiunta di capacità o autoinduzioni in uno o più punti della linea a distanze opportune, invece che con continuità, come si crederebbe essendo $Z$ dedotta dai valori di $l$ e di $c$ uniformemente distribuiti.

Se noi vogliamo sempre realizzare le condizioni più economiche per la trasmissione di potenza a una determinata distanza, con una tensione costante alla stazione di arrivo, noi dobbiamo regolare opportunamente il valore $Z'$.

Le capacità e le autoinduzioni da inserire nella linea, per ottenere il valore necessario dell'impedenza $Z'$, possono essere disposte in serie o in parallelo ed evidentemente i loro effetti variano col modo di inserzione.

Per ottenere le condizioni più economiche con l'inserzione in parallelo, è necessaria la potenza $W_p$ di compensazione artificiale (1), determinata da

$$\frac{W_p}{W_n} = \frac{\omega a}{v}\left[\left(\frac{W}{W_n}\right)^2 - 1\right], \qquad (2)$$

essendo $W_p$ una potenza capacitiva supplementare se

$$\left[\left(\frac{W}{W_n}\right)^2 - 1\right] > 0,$$

una potenza induttiva supplementare se

$$\left[\left(\frac{W}{W_n}\right)^2 - 1\right] < 0.$$

Nel caso d'inserzione in serie per la potenza $W_s$ si ottiene:

$$\frac{W_s}{W_n} = \frac{\omega a}{v}\left[1 - \left(\frac{W}{W_n}\right)^2\right],$$

essendo $W_s$ una potenza capacitiva supplementare se

$$\left[1 = \left(\frac{W}{W_n}\right)^2\right] < 0,$$

una potenza induttiva supplementare se

$$\left[1 - \left(\frac{W}{W_n}\right)^2\right] > 0,$$

ponendo $v = \frac{1}{\sqrt{l_0}}$ con

$\omega$ = pulsazione,

$a$ = lunghezza della linea,

$W$ = potenza attiva trasmessa.

La compensazione deve sempre avvenire con carichi induttivi quando il carico trasmesso nella linea è inferiore a quello naturale e deve invece essere fatta con carichi capacitivi quando il carico trasmesso è superiore al naturale, indipendentemente dal modo di inserzione delle capacità e autoinduzioni. Ambedue i modi di inserzione hanno però dei pregi e dei difetti, anche con particolare riferimento alle forze sincronizzanti del sistema e quindi alla stabilità. Un caso singolarissimo si avrebbe applicando contemporaneamente compensazioni in serie ed in parallelo. Infatti, per una data frequenza, si potrebbe perfettamente compensare con bobine di reattanza, inserite in parallelo, la capacità della linea e con condensatori in serie la sua reattanza. Questa linea, detta livellata, si comporterebbe come se trasmettesse corrente continua.

I valori della tensione induttiva e della corrente di carico della linea prendono, con l'aumento della sua lunghezza, una grandissima importanza rispetto a quelli dell'energia da trasportare. Col carico naturale, lo sfasamento $\delta$ delle correnti e rispettivamente delle tensioni fra la partenza e l'arrivo della linea, prende pure dei valori talmente grandi da rendere instabile il servizio. Inoltre, se si trasmette un carico diverso dal naturale, le variazioni di tensione possono divenire veramente imponenti.

Per limitare ad un valore opportuno lo sfasamento suddetto, e quindi consentire una buona stabilità di funzionamento e ridurre o anche annullare le variazioni di tensione, è necessario, in virtù del principio di Baum (1), suddividere la linea in sezioni di lunghezza non superiore a 200 km ca., installando nelle stazioni intermedie delle macchine e degli apparecchi di regolazione.

Esaminiamo pertanto i casi seguenti:

1° linea di lunghezza limitata ($<$ 200 km ca.) senza alcun mezzo di regolazione all'estremità in arrivo;

2° *a*) linea di lunghezza limitata ($<$ 200 km ca.) con sola regolazione all'estremità in arrivo;

*b*) linea di qualunque lunghezza con stazioni intermedie di regolazione.

1° Caso. – Consideriamo la linea a vuoto, com'è quando la mettiamo sotto tensione.

(1) R. RÜDENBERG: l. cit, pag. 978.

(1) F. S. BAUM: « Transact. of *A.I.E.E.* ». Vol. 40, p. 1017.

Dalla (2) risulta che la potenza capacitiva dovuta alla linea è data da

$$W_p = W_n \frac{\omega a}{v} - E I \frac{\omega a}{v} = E I_{lc}$$

Per avere la tensione stabilita all'estremità in arrivo della linea, se non si ha compensazione, è necessario che il generatore possa sostenere alla tensione $V_0$, il carico capacitivo dovuto alla corrente $I_{cE}$ corrispondente alla corrente $I_{lc}$ dovuta alla linea.

Il generatore non deve dunque autoeccitarsi se viene inserito nella linea, la cui caratteristica è data da $\operatorname{tg} \alpha = \frac{V_0}{I_{cE}}$.

Se il carico induttivo richiesto al secondario del trasformatore riduttore è, nelle peggiori condizioni, tale da rendere necessaria alla centrale generatrice una tensione $E'_1$ superiore a E, pure ammettendo nulle le correnti magnetizzanti dei trasformatori, è evidente che a tale tensione non dobbiamo far corrispondere un punto di grande ascissa nella caratteristica risultante $C_t$ dei trasformatori.

Il caso in cui si ha $E'_1 < E$, è evidentemente senza interesse. Il trasformatore elevatore deve funzionare nelle condizioni estreme corrispondenti alla tensione $V_0$ e alla tensione $V_1$ del generatore, rispettivamente colla corrente $I_E$ data dal sistema di trasmissione a vuoto e con quella I risultante al generatore nella peggiore condizione di carico induttivo.

Nei due casi si hanno rispettivamente le forze elettromotrici:

$$V_0 + \Delta V_0, \qquad V_1 - k \Delta V_0 \frac{I}{I_E} \tag{3}$$

essendo $k$ un coefficiente minore di 1 dedotto dal diagramma del trasformatore e corrispondente al fattore di potenza che risulta in partenza.

Al valore dato dalla seconda espressione corrisponde al secondario del trasformatore elevatore la tensione $E_1$.

La caratteristica di magnetizzazione del trasformatore elevatore dovrà perciò avere il ginocchio corrispondente ad ordinate intorno o sopra ad $E_1$ e quindi sarà possibile determinare opportunamente anche la caratteristica del trasformatore riduttore.

Il valore del rapporto di trasformazione a vuoto del trasformatore elevatore e la caratteristica $C_t$ sono naturalmente interdipendenti ma sarà facile farne conveniente determinazione.

2° Caso. — Per la compensazione abbiamo a disposizione dei mezzi statici, come bobine di reattanza e condensatori, e delle macchine, cioè i condensatori-reattori sincroni o asincroni.

Le bobine di reattanza possono servire a compensare il carico capacitivo e, per conseguenza, sono applicabili da sole a una linea ove il carico si mantiene inferiore a quello naturale. È da rilevare che questo non può essere il caso generale pratico. Esso si verifica soltanto nel regime transitorio di qualche linea non ancora completamente caricata. L'applicazione delle bobine di reattanza può essere fatta allacciandole al terziario del trasformatore all'estremità della linea per *a*), o in generale, allacciandole all'estremità di ciascuna sezione di linea per *b*) sia direttamente che attraverso un trasformatore.

Si può ottenere una rapida regolazione con dei relais appropriati che agiscono su bobine a traferro variabile oppure, e meglio, inserendo o disinserendo un numero diverso di bobine secondo determinate successioni.

Queste bobine sono efficacissime ed utilizzandole, evidentemente, non si ha più da pensare di ricorrere all'impiego di trasformatori assorbenti in funzionamento normale notevoli correnti magnetizzanti, tanto nel caso d'installazione all'estremità di linea che nelle sottostazioni intermedie.

È chiaro che queste bobine possono avere degli effetti notevolissimi a riguardo dell'autoeccitazione del generatore, per esse aumentando di molto il coefficiente angolare della caratteristica della linea (fig. 2).

Colla considerazione di tali bobine risulterebbero delle condizioni notevolmente migliori per il progetto del generatore. Infatti, ad esempio, questo potrebbe essere anche previsto atto a mettere sotto tensione solamente la prima sezione di linea pur con le bobine suddette all'estremità di questa sezione. Ma per giudicare della misura del vantaggio ricavabile da ciò, si deve naturalmente considerare il sistema nel suo insieme, poichè si potrebbe dare al generatore una reattanza molto differente, modificando così notevolmente uno dei parametri fondamentali che influiscono sulla stabilità del sistema stesso, considerata anche per le definitive previste peggiori condizioni di carico.

I condensatori statici sarebbero naturalmente applicabili da soli ad una linea in cui la potenza da trasportare è superiore a quella naturale.

L'uso di essi non ha avuto finora notevole sviluppo, essenzialmente per il loro fortissimo costo.

Il condensatore potrebbe essere disposto in serie, per compensare, come fu già accennato, gli effetti dell'autoinduzione della linea, ecc., oppure in parallelo similmente alle bobine di reattanza.

In questo caso si conseguirebbe una regolazione variando il numero dei condensatori inseriti secondo determinate successioni.

Una variazione continua di carico capacitivo si potrebbe avere anche inserendo una bobina di reattanza regolabile in parallelo con un condensatore fisso, oppure caricando con questo un trasformatore a tensione regolabile.

È evidente che, anche se tali regolazioni potranno raggiungere importanza pratica, sarà sempre sfavorevole l'installazione di trasformatori assorbenti notevoli correnti magnetizzanti.

Nel caso più generale in cui vi è necessità di regolare il carico della linea sotto e sopra il valore della potenza naturale, l'impiego di condensatori-reattori sincroni o asincroni s'impone.

Essi possono seguire con continuità la variazione del carico tanto nel campo capacitivo quanto in quello induttivo, se l'eccitazione è automaticamente e prontamente regolata con opportuni relais.

L'inserzione è simile a quella delle bobine di reattanza.

L'installazione di trasformatori riduttori assorbenti forti correnti magnetizzanti ha un effetto favorevole nel funzionamento con un carico inferiore a quello naturale. Si ha l'effetto opposto con un carico superiore e praticamente non avremmo vantaggio nella determinazione delle dimensioni e delle caratteristiche del condensatore. Per una macchina sincrona di determinata grandezza funzionante come condensatore-reattore è infatti quasi costante (1) la somma della potenza capacitiva e di quella reattiva che essa può erogare, pur lasciando pressochè invariate le altre qualità, ed un condensatore-reattore asincrono può in generale erogare una potenza reattiva maggiore di quella capacitiva.

Nel trasformatore elevatore si verrebbe ad avere, inoltre, un maggior valore di corrente assorbita per la magnetizzazione, quando al contrario si avrebbe bisogno di più forte carico capacitivo di compensazione.

Per la regolazione della linea si può domandare una potenza capacitiva superiore all'induttiva o viceversa.

Nel primo caso, evidentemente, non vi è alcuna ragione per installare un trasformatore assorbente molta corrente magnetizzante. Il secondo caso può verificarsi in virtù del regime transitorio del funzionamento della linea e per effetto del diagramma di carico previsto.

(1) P. L. Alger: « Synchronous condensers ». *J. of A.I.E.E.*, dicembre 1927.

Se il regime è transitorio, l'installazione pure temporanea delle bobine di reattanza in parallelo con un condensatore rotante di caratteristiche adatte al funzionamento previsto come normale, è manifestamente la più razionale.

Infine, quando è il diagramma normale di carico della linea che determina la domanda d'una più forte potenza induttiva di regolazione, essa deve aver luogo logicamente ad intervalli.

Perciò, o si impiegheranno dei condensatori reattori sincroni o asincroni speciali o, più generalmente, si dovrà trovare nella combinazione di condensatori-reattori e bobine di reattanza la soluzione più adeguata, poichè si potranno staccare le bobine quando la linea non funziona col carico più basso e nel caso normale per la maggior parte del tempo.

Ma si può rilevare che, in generale, considerando pure che il dimensionamento del più grande carico di compensazione capacitivo e induttivo è evidentemente legato anche all'opportunità di fare una o più terne di trasmissione, risultano da una combinazione di condensatori-reattori e di bobine di reattanza le caratteristiche più appropriate sia per il prezzo di costo dell'installazione e di esercizio, sia per la maggiore elasticità nella regolazione stessa.

Infatti mentre le bobine hanno vantaggi essenzialmente per il loro piccolo prezzo, maggior facilità d'installazione all'aperto, più piccole perdite, più sicurezza in caso di corto circuito e sue conseguenze nella rete, hanno invece le macchine vantaggi notevolissimi a riguardo della stabilità del sistema inquantochè l'aumentano sensibilmente e sicuramente.

La possibilità che hanno le macchine di compensazione, opportunamente eccitate, di aumentare notevolmente e transitoriamente il carico reso, nei casi di disturbi nel sistema e quindi di pericoli d'instabilità, non è infatti facilmente e similmente ottenibile con apparecchi statici di compensazione.

Le considerazioni esposte per le bobine di reattanza a riguardo dell'autoeccitazione del generatore sono evidentemente estensibili ai condensatori-reattori sincroni o asincroni. Per questi c'è in più la questione dell'avviamento più o meno difficile. Ed in ogni caso una lunga linea dovrebbe essere messa in servizio a tratti.

III. *Condizioni transitorie durante i disturbi della linea.* – Consideriamo lo schema *a*) della fig. 7 che corrisponde al sistema più semplice di trasmissione per linee ad alta tensione ed al quale ci possiamo riferire per ciò che vogliamo far notare.

Se, per una ragione qualunque, avviene un'immediata soppressione di carico nel sistema, è naturale che il motore primo accoppiato al generatore tenda ad accelerare.

Poichè il regolatore deve impiegare qualche secondo per riportare il gruppo alla sua velocità di regime è evidente che, pure operando sull'eccitazione, il circuito sarà sottomesso per un certo tempo a sovratensione.

Si ha il caso più grave quando l'interruzione della trasmissione avviene in *A*, subito a monte del trasformatore all'estremità in arrivo.

La sovratensione dipende da parecchi fattori di cui i principali sono: la quantità e il fattore di potenza (induttivo) del carico soppresso dall'interruzione, il valore della corrente capacitiva dovuta alla linea e quello della corrente magnetizzante assorbita dal trasformatore elevatore, il sistema di eccitazione, le caratteristiche elettriche del generatore, le caratteristiche del regolatore del motore primo.

Esaminiamo l'influenza del trasformatore elevatore.

Se si apre il circuito in *A* la corrente capacitiva dovuta alla linea tende a sovraeccitare il generatore e quindi a sopraelevare la tensione (1).

La corrente magnetizzante assorbita dal trasformatore praticamente si somma algebricamente con quella capacitiva della linea e tende perciò a mantenere in basso la tensione.

In tali condizioni è utile quindi che il trasformatore assorba notevole corrente magnetizzante.

Se il generatore funziona alla tensione $V_1$ colla corrente I alla quale corrisponde la tensione *E* all'estremità in arrivo della linea, il trasformatore elevatore ha una forza elettromotrice data dalla (3).

Da quanto è stato detto per la determinazione del rapporto a vuoto del trasformatore elevatore risulta che il ginocchio della curva di magnetizzazione $C_{te}$ di questo trasformatore è bene che non corrisponda a tensioni assai inferiori a $V_1$.

Supponiamo che il ginocchio corrisponda all'incirca a $V_1$. Nei primi istanti dopo l'interruzione del carico, l'eccitazione e la velocità del generatore possono essere considerati costanti. La f. e. m. di questo salterebbe al valore $V_{ii}$ dato dal punto della caratteristica a vuoto che ha per ascissa il valore della corrente di eccitazione $i_1$ (fig. 11). Ai morsetti del generatore si avrebbe quindi la tensione $V_{ii} + \Delta V_{ii}$ essendo $\Delta V_{ii}$ la sovraelevazione di tensione dovuta alla reattanza del generatore in funzionamento con corrente capacitiva. Infine la f. e. m. del trasformatore dal valore (3), prossimo a $V_1$ ed in difetto, salterebbe approssimativamente al valore

$$V_{ii} + \Delta V_{ii} + \Delta V_0 \frac{I_c V_{ii}}{I_E} \tag{4}$$

essendo $I_c V_{ii}$ la corrente capacitiva data dal sistema di trasmissione corrispondentemente alla f. e. m. $V_{ii}$ del generatore.

Ed è chiaro come, colla premessa suddetta della posizione del ginocchio della caratteristica $C_{te}$ intorno a $V_1$, al valore (4) della f. e. m. debba corrispondere in tale caratteristica un punto di grande ascissa.

Ma si può facilmente rilevare che, anche spostando fortemente verso l'alto il ginocchio della $C_{te}$ si avrebbero risultati dello stesso ordine di grandezza. Riportiamo un esempio.

Nella fig. 10, $V_a$ è la caratteristica a vuoto di un alternatore di 35 000 kVA allacciato ad una lunga linea per mezzo di un trasformatoredella stessa potenza: $C_{t1}$ è la caratteristica

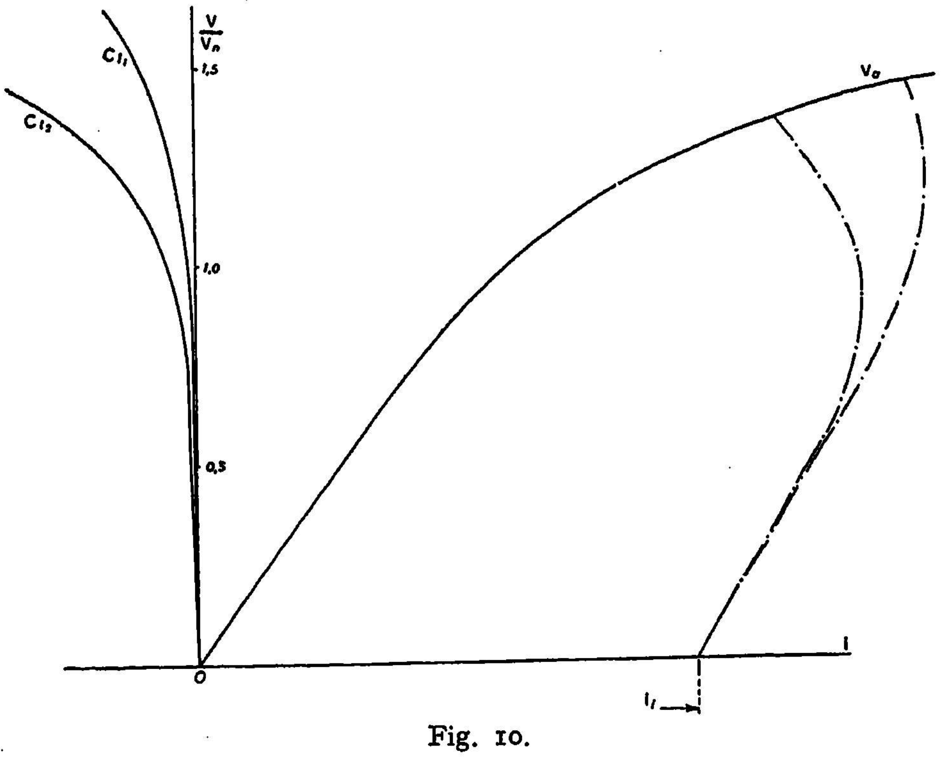



Fig. 10.

di magnetizzazione di questo trasformatore che assorbe una corrente magnetizzante del 3,2 % di I alla tensione normale, mentre $C_{t2}$ corrisponde ad un trasformatore assorbente alla stessa tensione una corrente del 10 % di I.

Supponendo nulla l'accelerazione del generatore e la variazione della sua eccitazione, colle due curve $C_{t1}$ e $C_{t2}$, sulle quali a tensione normale corrispondono dunque dei valori di correnti

(1) Rüdenberg: « Schaltvorgänge beim Betrieb gesättigter Synchronmaschinen ». *Siemens Konzern* - X Band, I Heft.

magnetizzanti ben diversi, si dedurrebbero valori delle tensioni massime raggiunte che stanno fra loro all'incirca nel rapporto $\frac{1.15}{1}$.

Cioè la variazione fortissima di corrente magnetizzante assorbita dal trasformatore non ha grande influenza.

Ed infine, considerando anche l'accelerazione del generatore e l'aumento del campo di eccitazione (1) tale influenza si troverebbe ancora ridotta.

Del resto la fuga e la sovraeccitazione del generatore succederebbero naturalmente soltanto nel caso più sfavorevole e difficilissimo in cui venisse a mancare il funzionamento di ogni regolatore.

L'influenza della caratteristica del trasformatore si sente ancora attenuata nella predeterminazione dei tipi di regolatori e loro registrazioni, conseguenti alle caratteristiche di eccitazione del generatore in accelerazione e atte a contenere entro dati limiti le sovratensioni.

L'installazione del trasformatore assorbente delle correnti notevoli di magnetizzazione alla tensione normale non avrebbe evidentemente alcuna influenza sulla determinazione della tensione massima che si può raggiungere nel generatore, nel trasformatore elevatore e nella linea.

In più, pur facendo astrazione dalle considerazioni sviluppate specialmente per le questioni I e II, questo trasformatore avrebbe il difetto di assorbire delle forti correnti all'atto dell'inserzione. E nel caso di circuiti di caratteristiche particolari, potrebbe darsi che l'inserzione del trasformatore assorbente delle correnti magnetizzanti dello stesso ordine di grandezza della corrente capacitiva della linea, provocasse precisamente delle sovratensioni per l'influenza esercitata sulle costanti del circuito stesso (2).

## PARTE SECONDA.

È già stato rilevato che, in virtù della corrente magnetizzante assorbita, il trasformatore equivale ad una bobina di reattanza inserita in parallelo nella linea e che al contrario, per effetto della dispersione degli avvolgimenti, corrisponde ad una reattanza in serie.

Si è pure considerata l'influenza delle correnti di magnetizzazione sul generatore e sugli apparecchi e macchine atte alla regolazione del carico della linea.

La reattanza degli avvolgimenti del trasformatore, come ogni altra reattanza in serie, è nociva alla stabilità del sistema di trasmissione e, in particolare, concorre ad accentuare la differenza $V_1 - V_0$ (fig. 11) fra la tensione massima e quella minima alle quali deve funzionare il generatore. È noto che, sia per esigenze di costruzione che per ragioni di economia, tanto la reattanza dei grandi trasformatori ad alta tensione quanto quella delle linee si possono considerare ben determinate e rappresentanti in tutto una relativamente piccola parte della reattanza totale del sistema.

La più grande parte della reattanza è fornita dalle macchine. Queste influiscono in modo fondamentale sopra il valore della potenza massima che può essere stabilmente trasmessa nel sistema, in funzionamento normale, con la tensione fissata e con le condizioni definite dall'eccitazione delle macchine, e sopra il limite della potenza transitoria trasmessa, cioè della potenza con la quale il sistema stesso può sostenere i disturbi senza perdere il sincronismo.

Dal punto di vista della stabilità del sistema, una limitazione della reattanza del generatore è dunque vantaggiosa in generale e sarà possibile determinarne il valore che, pur procurando eventualmente una spesa più forte per l'installazione dei generatori stessi, consenta un prezzo minimo di costo per kW fornito.

Tuttavia il valore della reattanza dev'essere tale da permettere anche la messa in tensione della linea senza avere l'autoeccitazione del generatore.

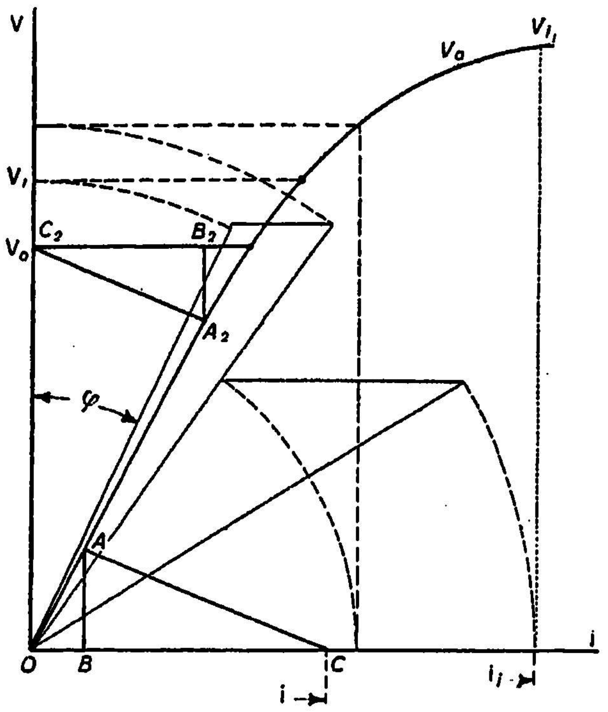



Fig. 11.

La potenza capacitiva massima sostenuta da un generatore è data (fig. 1) approssimativamente dal valore:

$$(\text{kVA normali}) \cdot \frac{C_2 B_2}{CB}$$

Si può aumentare questa potenza aumentando il traferro o l'induzione nel traferro stesso o riducendo la reazione d'indotto o, evidentemente, ricorrendo ad una combinazione dei differenti mezzi cioè, in effetti, riducendo la reattanza e aumentando il rapporto di corto circuito.

A parità di potenza induttiva data dalla macchina in regime normale, un accrescimento della potenza capacitiva porta ad un aumento generale nelle dimensioni della macchina stessa con un costo di installazione e di esercizio più forte.

E in particolare per i generatori accoppiati a dei motori idraulici che, nella maggior parte dei casi, sono quelli installati all'estremità trasmittente di una lunga linea, può darsi che l'accrescimento delle dimensioni generali della macchina possa anche portare alla necessità di risolvere dei problemi di costruzione molto più difficili.

D'altronde l'aumento della stabilità di un generatore, al riguardo della potenza capacitiva massima che può sostenere, porta nello stesso tempo ad un aumento della stabilità al riguardo della potenza induttiva che esso può fornire (1). Dunque, i mezzi atti ad aumentare la prima servono anche a migliorare la stabilità generale del sistema.

È perciò interessante determinare qual'è l'influenza delle condizioni domandate per la messa in tensione della linea sulle caratteristiche del generatore rispetto a quelle dovute alle esigenze del motore primo idraulico e sopratutto del suo regolatore.

Un generatore con rotore che ha un $PD^2$ dato, prescritto dal regolatore del motore primo, ed è capace d'assorbire una corrente di eccitazione determinata $i_l$ (fig. 11), fissata dai limiti di riscaldamento, può sviluppare, alla tensione $V_0$, una potenza capacitiva più grande se più piccola è la differenza $V_1 - V_0$ a parità di reazione d'indotto, ecc.

(1) H. R. Stewart: « Over voltage on transmission lines during Generator Runaway ». *The Electric Journal*, dicembre 1927.

(2) Boyajian and W. J. Rudge: « Inversion of sistem resulting from switching operations ». *General Electric Review*, luglio 1931.

(1) Karl Krapp: « Synchronmaschinen in unterrengten Betrieb » *Siemens Konzern*. V Band - II Heft.

Da tutto ciò che è stato considerato risulta che questa differenza dipende essenzialmente dal valore più o meno grande del carico di regolazione previsto per il sistema di trasmissione.

Quanto più il fattore di potenza al generatore, corrispondente alla peggiore condizione di carico all'arrivo della linea, si avvicina all'unità, tanto più $V_1$ si avvicina a $V_0$. Noi sappiamo del resto che per ottenere dei buoni rendimenti della linea stessa si deve cercare di farla funzionare con dei fattori di potenza elevati. Naturalmente la diminuzione di $V_1$ può avere anche un effetto favorevole per il dimensionamento dello statore.

Il carico capacitivo di una linea, ad una tensione determinata, dipende dalla sua lunghezza. L'influenza del carico capacitivo per la determinazione delle caratteristiche del generatore diminuisce coll'aumentare della potenza del generatore stesso.

È noto che, anche per molte altre ragioni, è manifestamente ben fondata la tendenza a suddividere la potenza di una centrale in macchine generatrici quanto più grandi possibile.

Dalla lunghezza della linea e dalla grandezza del carico di regolazione previsto all'estremità di arrivo dipenderà dunque l'eventuale necessità di dare ad una macchina, di una potenza determinata e che deve soddisfare alle condizioni della messa sotto tensione della linea, delle dimensioni superiori a quelle prescritte dalle esigenze del motore idraulico. Nel sistema di trasmissione possono manifestarsi delle vive oscillazioni nel caso di bruschi squilibri di carico o di altri fenomeni di esercizio quando

$$\left(\frac{E}{E_1}\right)^2 \frac{R}{\omega L} \leq 0{,}06 \qquad (1)$$

ove $R$ e $\omega L$ si riferiscono al percorso totale della linea. Ammesso dunque che il carico di regolazione debba sempre essere tale da soddisfare a questa relazione, si potrà anche prevederlo superiore a quello che determina la cessazione della suddetta necessità. E allora, in certi limiti, la reattanza del generatore potrà essere scelta con un valore più alto che sarà favorevole per ottenere una diminuzione delle correnti di corto circuito e per conseguenza delle sollecitazioni meccaniche nel generatore stesso, negli interruttori, ecc.

È naturale pertanto che la scelta del valore più opportuno della reattanza (sincrona e transitoria) dipenda da un compromesso fra i diversi parametri che influiscono sulla stabilità del sistema.

(1) RÜDENBERG: loc. cit. *E.T.Z.*, pag. 974.

Per la determinazione di un tale compromesso si dovranno considerare dunque i differenti tipi e le peculiarietà delle macchine ed apparecchi di regolazione, protezione ecc. e le loro interdipendenze.

Si dovrà per conseguenza studiare la suddivisione del carico di regolazione fra bobine di reattanza, condensatori, ecc., il dimensionamento dei condensatori-reattori e le loro caratteristiche dipendenti dall'applicazione di sistemi più o meno rapidi di eccitazione e di regolatori di tensione tanto ad essi quanto ai generatori stessi, l'effetto degli avvolgimenti smorzatori delle macchine, l'impiego di relais rapidissimi, ecc.

Solamente dallo studio generale potrà sortire l'opportunità di sorpassare le dimensioni del generatore fissate dal regime di funzionamento del motore idraulico e allora sorgerà anche il problema della convenienza a suddividere la linea in più sezioni.

Se infine il sistema di trasmissione dovesse essere con altri interconnesso, oltre ad estendere il quesito del funzionamento stabile al sistema risultante, bisognerebbe naturalmente considerare le speciali regolazioni nei singoli punti, dettate da ragioni economiche, ecc.

È evidente che la soluzione più razionale potrà solamente derivare dall'armonia di tutti gli elementi del sistema, ottenuta con la collaborazione dei costruttori elettromeccanici con quelli dei motori primi e con gli esercenti. Armonia che sarà tanto più difficile raggiungere quanto più, per l'interconnessione dei diversi sistemi, teorie sempre più grandi di fattori tecnici ed economici variabilissimi interferiranno fra loro.

Ma si potrà segnare facilmente un grande progresso per la soluzione dei problemi più difficili di stabilità nei diversi sistemi interconnessi, con lo sviluppo di regolatori per i motori primi che, pur agendo velocemente, abbiano caratteristiche anti-pendolari e con l'impiego di relais sempre più rapidi.

Inoltre, se, da una parte, studi ed esperienze sono già stati iniziati per cercare di risolvere il problema del regolatore del motore primo ricorrendo all'influenza di altri regolatori elettrici, v'è anche da rilevare che l'eventuale costruzione economica dei condensatori statici ad altissima tensione da allacciare in serie nella linea di trasmissione per compensare gli effetti della sua auto-induzione, permettendo il livellamento della linea stessa, potrà mettere in evidenza l'opportunità di una revisione dei criteri da seguire nello studio del macchinario.

ING. ULISSE FREDIANI.

*Gennaio* 1932.

ING. ANTONIO CIVITA
DELLA SOCIETÀ ELETTRICA LIGURE TOSCANA

# Gli apparecchi radioriceventi e le Società Elettriche

*Rapporto presentato al IV Congresso della «Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique»*

Parigi, luglio 1932

I radioricevitori, fino a pochi anni or sono, non interessavano per nulla le Società Elettriche. Gli apparecchi erano alimentati da pile ed accumulatori, e la loro diffusione era abbastanza limitata, specialmente nelle Nazioni aventi scarso numero di Stazioni trasmittenti e di piccola potenza.

Quando tre o quattro anni fa i tecnici trovarono il modo di servirsi della corrente alternata per il riscaldamento dei corpi irradianti e per fornire le tensioni adatte alle griglie ed alle placche delle valvole, gli apparecchi radioriceventi sono entrati a far parte della grande famiglia degli apparecchi elettro-domestici. Lo sviluppo prodigioso delle radiodiffusioni in questi ultimi anni, devesi appunto a questa felice trovata che ha spinto poi alla moltiplicazione delle Stazioni trasmittenti, all'aumento della loro potenza ed alla possibilità, per i radioamatori, di godere di ottimi ricevitori, capaci di ascoltare molte diecine di Stazioni, senza tutte le complicazioni e le noie di un tempo.

Inoltre i prezzi degli apparecchi sono andati gradualmente e sensibilmente discendendo, e ciò ne ha indubbiamente facilitata la diffusione.

Non risulta tuttavia — in generale — che le Società Elettriche abbiano ancora compresa la importanza di questa nuova fonte di consumo di energia, o per lo meno, non si hanno finora notizie documentate di indagini effettuate in proposito.

Potrà riuscire perciò di qualche interesse il presente studio che ha appunto per oggetto di ricercare quale aumento di consumo sia determinato dall'uso degli apparecchi radioriceventi da parte degli Utenti luce.

***

L'indagine si è svolta in una città dell'Italia Centrale, di circa 120 000 abitanti, di media agiatezza e con popolazione prevalentemente parsimoniosa: un esempio quindi di buona media fra le città Italiane.

La Società Elettrica che serve detta città, cinque anni fa, per spingere gli utenti ad usare in più larga misura gli apparecchi elettrodomestici, creava un apposito Ufficio di Propaganda e Sviluppo con magazzino di vendita a rate ai propri utenti, e riusciva così a collocare in gran numero, ed anche con una certa facilità e rapidità, fornelli e cucine elettriche, scaldabagni, ventilatori, aspirapolvere, ferri da stiro e tutti quegli altri noti apparecchi per tavola, toletta, igiene, che sono ormai entrati nell'uso comune.

Intuendo l'importanza che poteva assumere la radio, per quanto la detta città sia lontana dalle attuali Stazioni trasmittenti Italiane, deliberava di occuparsi direttamente del collocamento degli apparecchi radioriceventi, avendo cura di sceglierli fra i migliori tipi esistenti sul mercato, riducendo al minimo il proprio guadagno e procurando agli utenti una buona assistenza tecnica.

Il successo è stato superiore alle aspettative.

Per la presente indagine si è fissata l'attenzione sui soli utenti privati, escludendo cioè i pubblici esercizi (caffè, bar, alberghi, circoli, sale di ritrovo) e si sono considerati i consumi dei dodici mesi consecutivi al possesso dell'apparecchio radioricevente, in confronto a quelli verificatisi nei dodici mesi precedenti l'acquisto. Si è perciò limitata l'indagine a soli 347 utenti risultanti trovarsi in tali condizioni.

Per potersi fare un criterio preciso attraverso cifre apparentemente discordanti le une dalle altre, si sono raggruppati gli utenti in tre grandi categorie: *a piccolo consumo*, inferiore cioè ad 1 kWh al giorno; *a medio consumo*, fra 1 e 2 kWh al giorno; ed *a forte consumo*, superiore cioè ai 2 kWh. Data la caratteristica della popolazione, prima ricordata, è risultato che il nucleo dei piccoli consumatori è il 71,6% del totale dei 347, quello dei medi consumatori del 21,65% e l'ultimo di appena il 6,7%.

Sui 347 utenti soltanto 10 hanno palesato una diminuzione di consumo, lievissima perchè di soli 140 kWh in totale (3952 kWh senza radio contro 3812 con radio). Gli altri 337 utenti hanno dato tutti aumenti di consumo che, per qualcuno, è perfino raddoppiato.

Proseguendo nell'analisi dei dati si è riconosciuto necessario una maggiore suddivisione per avvicinarsi di più alla reale situazione e per ottenere medie attendibili.

E così si sono formati degli scaglioni del consumo di 100 in 100 kWh, salvo per i forti consumatori. Si è così potuto compilare la seguente tabella, che offre buona materia per osservazioni e considerazioni.

Gli utenti di scarso consumo presentano, come era prevedibile, un discreto aumento assoluto, che può senz'altro attribuirsi alla Radio, e che corrisponde, dati i tipi degli apparecchi venduti, ad un uso di essa di meno di due ore al giorno, che si verifica, senza dubbio, nelle ore serali di trasmissioni, italiane ed estere, cioè fra le 21 e le 23.

Aumenti più sensibili si hanno nella categoria dei medi consumatori, e principalmente in quelli consumanti 1 kWh al giorno, i quali, oltre ad un più prolungato ascolto delle trasmissioni, hanno certo anche aumentato il consumo luce dei propri ambienti.

Molto variabili sono le cifre di aumento per i forti consumatori, ciò che del resto è spiegabile per la minore influenza che può aver determinato l'uso della radio, per quanto qualcuno di detti utenti abbia acquistato apparecchi potenti e quindi assorbenti finanche 200 W.

Le cifre della tabella sono abbastanza eloquenti, per aver bisogno di ulteriori illustrazioni. Per il 71,6 % degli utenti considerati, l'aumento del consumo, nei dodici mesi consecutivi al possesso del radioricevitore, è stato del 30,04 %. Per il 21,65 % è stato del 27,3 % e solo per i più forti consumatori è stato del 7,9 %.

| UTENTI CON CONSUMO ANNUO SENZA RADIO | No | Consumo annuale senza radio in kWh | | Consumo annuale con radio in kWh | | Aumento | | % di aumento |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | totale | medio | totale | medio | totale | medio | |
| *Piccoli consumatori :* | | | | | | | | |
| consumo minore di 100 kWh | 11 | 1 044 | 95 | 1 505 | 137 | 461 | 42 | 15 |
| fra 101 e 200 kWh ........ | 161 | 23 492 | 146 | 31 060 | 193 | 7 568 | 47 | 32,5 |
| fra 201 e 300 » ........ | 77 | 18 521 | 240 | 23 448 | 304 | 4 927 | 64 | 27,5 |
| *medi consumatori :* | | | | | | | | |
| fra 301 e 400 kWh ........ | 39 | 13 746 | 354 | 20 146 | 517 | 6 400 | 163 | 46 |
| fra 401 e 500 » ........ | 15 | 6 677 | 440 | 8 066 | 535 | 1 389 | 95 | 21,2 |
| fra 501 e 600 » ........ | 11 | 6 045 | 550 | 6 648 | 605 | 603 | 55 | 10 |
| fra 601 e 700 » ........ | 10 | 6 457 | 646 | 7 282 | 728 | 825 | 82 | 12,7 |
| *forti consumatori :* | | | | | | | | |
| fra 701 e 800 kWh ...... | 5 | 3 735 | 745 | 3 974 | 795 | 239 | 50 | 6,5 |
| fra 801 e 900 » ...... | 3 | 2 581 | 860 | 2 691 | 897 | 110 | 37 | 4,4 |
| fra 901 e 1000 » ...... | 7 | 6 555 | 936 | 7 181 | 1 026 | 626 | 89 | 10,1 |
| fra 1001 e 1500 » ...... | 6 | 6 869 | 1 145 | 7 642 | 1 274 | 773 | 129 | 11,2 |
| oltre 1500 kWh ............ | 2 | 4 399 | 2 199 | 4 605 | 2 302 | 206 | 103 | 4,6 |
| Totali e medie ............ | 347 | 100 121 | 288 | 124 248 | 358 | 24 127 | 70 | 24 |

In complesso si è avuto, pur tenuto conto della lieve diminuzione per 10 utenti, un aumento di circa 24 000 kWh, corrispondente al 24 %, cifra questa che dimostra come le speranze della Società distributrice, quando decise di occuparsi della propaganda e diffusione di apparecchi radioriceventi, fossero fondate.

L'aumento medio di consumo per tutti i suddetti utenti risulta di 70 kWh per anno, cifra che è più che attendibile in confronto degli aumenti delle singole categorie e delle loro proporzioni sul totale, e che può quindi attribuirsi quasi per intero all'uso della radio, sia diretto che indiretto per il maggior orario di illuminazione, nelle ore fuori delle punte serali, cui inevitabilmente spinge il desiderio di buone ascoltazioni musicali.

***

Ma altre considerazioni debbono anche farsi per meglio apprezzare i vantaggi che può apportare la divulgazione dell'uso dei radioricevitori alle Società Elettriche.

La crisi mondiale ha colpito naturalmente anche l'Italia ed ha determinato, come da per tutto, una diminuzione in tutti i consumi.

Buon indice di tale diminuzione è il consumo dell'energia elettrica per illuminazione. Mentre in Italia dal principio del secolo in poi andava crescendo di anno in anno, e dal 1919 il gradiente annuo di aumento si era mantenuto costantemente fra il 10 ed il 12 %, nel 1930 si è avuta una battuta di arresto e nel 1931 un regresso di circa l'8 % nonostante un discreto aumento del numero degli utenti.

Nella Città da noi considerata, il 1931 non ha visto diminuire ma anzi leggermente aumentare il consumo luce, che ha avuto un lievissimo incremento del 0,369 %, ma siccome gli utenti sono cresciuti dell'1 % circa, il consumo medio è disceso da 258 a 256 kWh. Praticamente l'utenza ha dimostrato di resistere alla crisi, ciò che, data la già ricordata caratteristica di parsimonia, non fa che confermarla.

Il confronto fra i 258 kWh rappresentanti il consumo medio annuale verificatosi nel 1930 ed i 288 kWh, consumo medio dei 347 utenti considerati, nei 12 mesi precedenti l'acquisto dell'apparecchio, dice che pure appartenendo, questi, ad una classe evidentemente più elevata di cittadini, non usavano della luce in quantità corrispondente alla propria posizione sociale.

Si ha quindi un'ulteriore conferma che l'aumento constatato per essi si possa con molta attendibilità attribuire alla radio, e che un aumento anche maggiore dovrebbe accertarsi in città più ricche.

Se poi si considera che i possessori di apparecchi radioriceventi sono assai più dei 347 su cui abbiamo svolto l'indagine, si può anche asserire che senza la radio si sarebbe avuto nel 1931 una diminuzione del consumo luce, anzichè il lieve aumento di cui abbiamo parlato.

Reputiamo, dopo ciò, che sia del massimo interesse per le Società Elettriche, occuparsi della diffusione degli apparecchi radioriceventi, come già molte di esse si sono date da fare per far comprendere agli utenti i vantaggi degli apparecchi elettrodomestici, e la propaganda più che nelle città di una certa importanza, dove già esistono negozi di radio ed attivi ricercatori di affari, potrebbe assai utilmente svolgersi nei piccoli centri ed anche nelle campagne, dove la radio è poco o nulla conosciuta, dove potrebbe essere apprezzata come un ottimo elemento di divertimento, di istruzione e di avvicinamento spirituale alla vita urbana. Le Società Elettriche hanno il mezzo, senza forti spese, di utilizzare il proprio personale di sorveglianza alle reti e cabine, che, opportunamente cointeressato, si darebbe certo da fare per collocare, con pagamento rateale, gli apparecchi.

Quali che siano in proposito le idee delle Società Elettriche, un fatto non deve disprezzarsi, ed è la constatazione che un utente che possiede un radioricevitore può garantire un consumo extra di almeno 70 kWh annui, e se si considerano le possibilità di sviluppo che la radio, specialmente in Nazioni dove il numero di radioamatori è ancora bassissimo rispetto a quello degli Stati Uniti di America, le centinaia di migliaia di nuovi ascoltatori che si dovrebbero rapidamente conseguire, rappresenterebbero per le Società Elettriche, parecchie diecine di milioni di kWh annui di maggior consumo, pagato alle tariffe di illuminazione.

ING. ANTONIO CIVITA.

*Livorno, gennaio* 1932-X.

# I lavori della C. M. I.

## III riunione plenaria - Esperienze di Faugères

La *Commission Mixte Internationale pour les expériences relatives à la protection des lignes de télécommunication et des canalisations souterraines* (C. M. I.) ha tenuto la sua terza riunione plenaria a Parigi, dal 15 al 21 luglio 1932.

Ad essa, oltre al Presidente della C. M. I. Dott. Breisig e ai due Vicepresidenti Dott. Jäger e Prof. Chappuis, hanno partecipato i delegati dei seguenti organismi internazionali: *Comité Consultatif International des communications téléphoniques à grande distance, Comité Consultatif International des communications télégraphiques à grande distance, Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique* (che era rappresentata dai sigg. Brylinski e Garc zynski), *Union Internationale des Chemins de Fer* e *Union Internationale des Tramways, des Chemins de fer d'intérêt local et des transports publics automobiles*. Inoltre erano rappresentate varie associazioni elettrotecniche nazionali, le Società dell'acqua e del gas e i costruttori di materiale elettrico. Fra i delegati italiani erano gli ingegneri Albanese e Dorati e il Prof. Soleri.

È noto come funziona la C. M. I.: le questioni che secondo il parere della Commissione meritano di essere indagate, sia sperimentalmente sia teoricamente, sono affidate a numerosi Comitati di studio (attualmente ne esistono 18): i Presidenti di questi, che hanno anche ufficio di relatori, riferiscono alla Commissione le conclusioni alle quali si arriva, di volta in volta, in base ai lavori eseguiti e ai risultati delle eventuali esperienze. Di queste ultime si incaricano rispettivamente i vari organismi facenti parte della C. M. I.

Questo sistema, per quanto laborioso, permette però di arrivare a risultati concreti e interessanti. Non possiamo naturalmente dare un riassunto di tutti i rapporti presentati alla Riunione di Parigi, anche perchè alcuni degli argomenti considerati non hanno per gli esercenti che un interesse indiretto; accenneremo solo che la forma dei rapporti, sempre succinta, è normalizzata nel senso che vien prima ricordato il compito prefisso al Comitato di cui si tratta; quindi sono comunicati i risultati ottenuti dall'epoca del rapporto precedente e vengon dedotte le conclusioni relative; infine è esposto il programma dei lavori futuri. Le conclusioni e i punti da assoggettare a uno studio ulteriore posson subire variazioni in dipendenza dei risultati della discussione.

Fra i Comitati che si occupano di questioni interessanti per gli esercenti ricorderemo anzitutto il Comitato 1°, al quale è attribuita l'esecuzione di prove su macchine, apparecchi e impianti, allo scopo di stabilire il valore pratico dei metodi e apparecchi per la misura dell'influenza perturbatrice degli impianti elettrici sui telefoni. Come impianti perturbatori sono stati presi in considerazione le macchine a corrente continua, le commutatrici e i raddrizzatori, le ferrovie a sistema monofase e gli impianti trifasi. Sono stati riferiti in seduta i risultati di un gran numero di misure eseguite in Germania e in Svezia per determinare i valori della tensione e della corrente di perturbazione per le varie categorie di apparecchi disturbatori; risultati che in complesso concordano. Il Comitato ha anche formulato delle proposte per quanto riguarda il metodo di misura delle grandezze di perturbazione.

I lavori del Comitato 2° si ricollegano a numerose esperienze, fra cui quelle di Faugères delle quali parleremo più avanti, e hanno per scopo di studiare i mezzi di combattere i disturbi induttivi dovuti ai raddrizzatori a vapore di mercurio. Sembra che sia possibile attenuare considerevolmente i disturbi prodotti su linee telefoniche ben equilibrate da linee a c. c. alimentate da raddrizzatori: il sistema che avrebbe dato i migliori risultati consiste nel disporre sulla linea a c. c., all'uscita dalla sottostazione, un filtro costituito da una bobina d'induttanza posta in serie sul filo di contatto e da quattro circuiti risonanti disposti in parallelo fra questo filo e la terra. A quanto pare, con questi dispositivi i disturbi prodotti dai raddrizzatori non sono più gravi di quelli che risulterebbero in conseguenza dell'installazione di un gruppo rotante che funzioni nelle stesse condizioni.

Il compito principale del 3° Comitato consiste nello studiare le conseguenze che può avere la messa a terra del neutro negli impianti polifasi dal punto di vista dei disturbi che possono manifestarsi nei circuiti telefonici vicini. Esperimenti interessanti sono stati fatti in Scozia con una rete comprendente km 500 di linee a 132 kV e col neutro direttamente a terra: è stato trovato che, in qualsiasi condizione di prova, le perturbazioni prodotte su linee telefoniche aeree anche molto vicine (m 50) erano assolutamente senza importanza.

Il 10° Comitato di studio si occupa dell'influenza esercitata da linee elettriche su linee telefoniche con le quali si incrocino o rispetto alle quali siano oblique. In base a studi analitici, tale Comitato è riuscito a stabilire che in generale è teoricamente ammissibile applicare le formule dell'elettrostatica allo studio dei fenomeni di influenza elettrica dovuti a correnti alternate di frequenza industriale o di frequenza telefonica. Da prove eseguite su modelli in scala ridotta è risultato inoltre che per calcolare la carica di influenza su una linea telefonica incrociante una linea ad alta tensione si può ammettere che il valore della carica indotta su una lunghezza elementare del filo influenzato sia uguale al prodotto del valore della capacità che presenterebbe questo elemento se appartenesse a una conduttura rettilinea di lunghezza infinita per il valore del potenziale che assumerebbe il campo elettrico sviluppato dal conduttore influenzante, nel punto nel quale si trova l'elemento considerato del conduttore influenzato se quest'ultimo non esistesse.

Le questioni sopra accennate riguardano le linee aeree, delle quali si occupa la Sezione I della C. M. I., mentre la Sezione II si occupa dei cavi sotterranei e sopratutto delle corrosioni. I due rapporti tecnici presentati da questa Sessione plenaria del luglio scorso riguardano uno le condizioni nelle quali si producono le correnti vaganti e i mezzi atti a diminuirne l'intensità e l'altro le misure e i mezzi di protezione contro le corrosioni.

Fra le attività della C. M. I. citeremo anche la compilazione di estratti bibliografici su tutti gli argomenti che possono interessare gli aderenti, estratti che vengono periodicamente distribuiti.

***

Prima di iniziare le sedute tecniche a Parigi, i delegati della C. M. I. si riunirono il 13 luglio a Faugères, presso Béziers, per convalidare una serie di esperienze organizzate dal Ministero delle Poste, Telegrafi e Telefoni francese e dalla Compagnie des Chemins de fer du Midi. Scopo di tali esperienze era di determinare l'influenza dei raddrizzatori a vapore di mercurio sulle linee telefoniche e l'efficacia dei filtri studiati per eliminare le armoniche dei raddrizzatori stessi.

Le esperienze furono fatte sul tratto Béziers-Bédarieux della linea Béziers-Neussargues (vedi fig. 1), che è elettrificata a c. c. alla tensione di 500 V; le sottostazioni, in numero di 14, sono alimentate da una linea trifase a 60 000 V, la conversione è fatta o per mezzo di gruppi motori generatori, o di convertitori o infine di raddrizzatori a vapore di mercurio, a seconda delle sottostazioni.

Il tratto Béziers-Bédarieux è alimentato dalle sottostazioni di Béziers, Espondeilhan, Faugères e Joncels: la prima comprende due gruppi motori-generatori formati ciascuno da un motore sincrono a 5000 V da 5 600 kVA e da due generatrici a c. c. in serie, da 1000 kW ciascuna e alla tensione di 750 V; a Espondeilhan si hanno due gruppi raddrizzatori a vapore di mercurio, ciascuno dei quali ha una potenza continua di 1200 kW e due cilindri a 6 anodi alimentati in parallelo dallo stesso trasformatore con accoppiamento dodecafase, mentre a Faugères vi sono due raddrizzatori esafasi a un sol cilindro, della potenza continua di 1500 kW ciascuno. Infine a Joncels sono installati due gruppi formati ciascuno da due commutatrici esafasi da 1000 kW a 750 V, montate in serie.

Nelle sottostazioni di Espondeilhan e di Faugères sono installati i dispositivi speciali dei quali si doveva controllare l'efficacia e aventi lo scopo di attenuare le perturbazioni che eventualmente avessero potuto prodursi sui circuiti telefonici per effetto della forma ondulatoria della corrente prodotta dai raddrizzatori. Questi dispositivi o filtri sono formati in ogni sotto-

stazione da quattro circuiti in risonanza per le frequenze rispettivamente di 300, 600, 900 e 1200 periodi per secondo e sono inseriti in parallelo fra la catenaria e la terra.

I circuiti telefonici utilizzati nelle esperienze del 13 luglio ap-

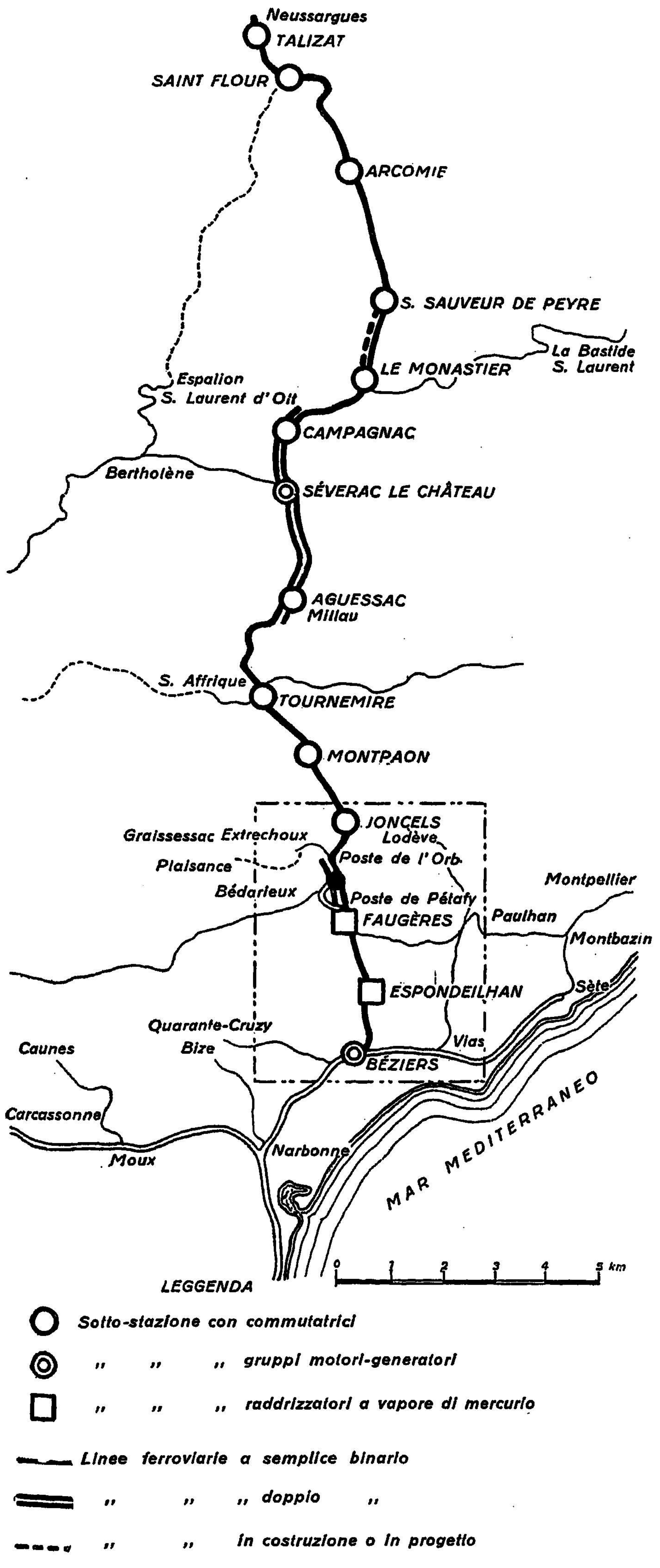



Fig. 1. - Linea Béziers-Neussargues. (Le esperienze sono state fatte sul tratto Béziers-Bédarieux).

partengono in parte alla rete francese di Stato e in parte alle linee di servizio della Compagnie des Chemins de fer du Midi, e sono formati con fili di rame della sezione di 2,5 mmq. La lunghezza dei parallelismi per i circuiti compresi nelle prove è indicata nella tabella I.

TABELLA I.

| Circuito | Lunghezza totale km | Lunghezza del parallelismo con linea di trazione km | Tracciato |
|---|---|---|---|
| A | 31,5 | 26 | Faugères-Béziers (Stato) |
| C | 31,5 | 27 | idem |
| E | 32,5 | 31,6 | Faugères-Béziers (Midi) |
| B | 8,8 | 6 | Faugères-Bédarieux |
| D | 8,8 | 6 | idem |

Trattandosi di convalidare ufficialmente esperienze già eseguite nel dicembre 1931, il programma generale delle prove è stato naturalmente eguale nei due casi, salvo differenze di dettaglio. Ci si è proposti cioè di determinare l'importanza delle tensioni e dei rumori provocati per induzione nei circuiti telefonici paralleli alla linea di trazione, quando tale linea fosse alimentata o no, fosse a vuoto o con circolazione di treni, utilizzando per essa diversi modi di alimentazione e mettendo o no i filtri in servizio. La disposizione generale dei diversi apparecchi di misura, installati nella sottostazione di Faugères, è rappresentata nella fig. 2.

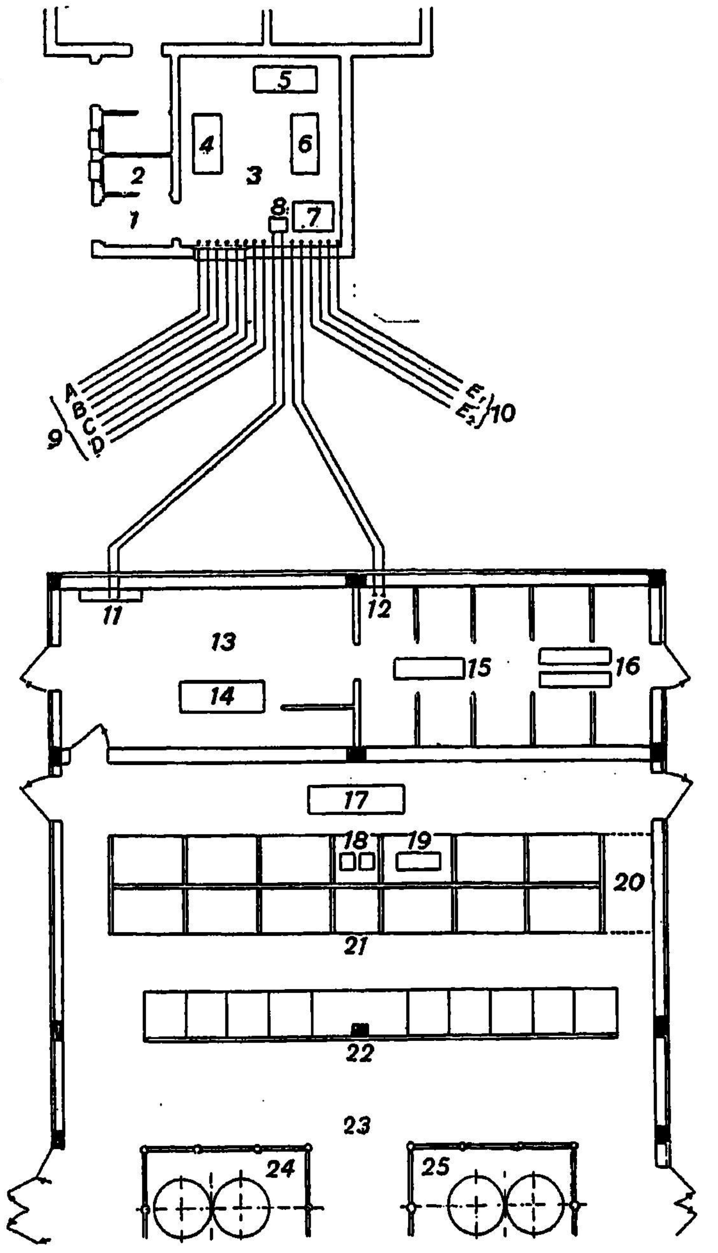



Fig. 2. - Disposizione dei diversi apparecchi di misura alla sottostazione di Faugères.

1. Entrata;
2. Piccolo locale adattato a camera oscura per sviluppo pellicole oscillografo;
3. Sala adattata per misure sui circuiti telefonici;
4. Apparecchi per misure d'isolamento, di dissimmetria col metodo del ponte e di tensioni longitudinali;
5. « Psophomètre »;
6. Revisione risultati;
7. Apparecchio Siemens e Halske;
8. Telefono;
9. Circuiti telefonici P.T.T. derivati per prove;
10. Circuiti telefonici Midi derivati per prove;
11. Pannello telefonico della sottostazione;
12. Linee per rilievi oscillografici;
13. Sala servizi ausiliari della sottostazione;
14. Oscillografo;
15. Gruppo per l'alimentazione dell'oscillografo;
16. Batteria per l'oscillografo;
17. Misuratore delle perturbazioni;
18. Filtri Osborne e C.C.I.;
19. Resistenza di derivazione;
20. Shunt risonanti;
21. Celle a 1500 V;
22. Quadro;
23. Raddrizzatori;
24. Gruppo N. 1;
25. Gruppo N. 2.

Le misure effettuate riguardano anzitutto l'isolamento dei circuiti e quindi il grado di dissimmetria della linea telefonica rispetto alla terra e cioè il rapporto

$$U_e = \frac{R_a - R_b}{\frac{1}{2}(R_a + R_b)}$$

dove $R_a$ e $R_b$ rappresentano le impedenze comprese fra le estremità dei due conduttori telefonici *a* e *b* e la terra. Tale misura è stata fatta sia col metodo del ponte di Wheatstone sia con quello del potenziometro di grande resistenza.

Si è pure misurato il grado di dissimmetria della linea telefonica rispetto alle linee perturbatrici e cioè il rapporto fra la tensione che si rileva fra le estremità della linea telefonica quando questa è chiusa su un'impedenza di valore eguale a quella dell'impedenza caratteristica della linea e la tensione che si rileva fra l'estremità di uno dei fili della linea nel punto dove si fa la misura e la terra.

Più interessanti sono le misure della tensione longitudinale e dei rumori indotti. Per tensione longitudinale si intende il valore efficace della forza elettromotrice d'induzione sviluppata a uno degli estremi di una linea telefonica con l'altro estremo a terra, per effetto delle correnti alternate o delle componenti alternate delle correnti comunque percorrenti le linee vicine.

L'importanza dei rumori indotti è stata rilevata sia con misure auditive per mezzo di un apparecchio della Siemens e Halske, sia con misure oggettive, queste ultime con tre apparecchi diversi che si volevan confrontare, uno della *American Telephon and Telegraph Co.*, il secondo del Ministero inglese delle Poste e Telegrafi e il terzo del Ministero tedesco.

Infine è stata determinata la tensione perturbatrice equivalente e cioè la tensione a frequenza 800 che applicata alla linea induttrice provocherebbe nella linea telefonica vicina la stessa perturbazione che si avrebbe se sulla linea elettrica vi fosse la tensione di esercizio con tutte le sue armoniche. I risultati di queste ultime prove sono raccolti nella tabella II.

L'efficacia dei filtri si vede sopratutto dal confronto fra le prove N. 7 e 8; inoltre si constata che l'importanza dei rumori è dello stesso ordine di grandezza tanto per la prova N. 6, durante la quale non si avevano raddrizzatori collegati alla linea, e durante la prova N. 3 quando erano collegati alla linea i raddrizzatori con filtri.

Come conclusione delle prove, si può dunque dire che i filtri o circuiti risonanti in derivazione rappresentano una soluzione soddisfacente per combattere le perturbazioni dovute ai raddrizzatori di tipo attuale; non bisogna però dimenticare che la tecnica dei raddrizzatori a vapore di mercurio è in piena evoluzione e che dei raddrizzatori invertitori a griglia polarizzata non si conoscono ancora gli effetti nei riguardi delle perturbazioni telefoniche. D'altra parte questi nuovi tipi sono probabilmente destinati a una maggior diffusione, così che il loro esame presenta un certo interesse anche da questo punto di vista.

Dai confronti che si son potuti fare fra raddrizzatori dodecafasi ed esafasi non sembra che i primi presentino una superiorità sui secondi dal punto di vista della lotta contro le perturbazioni.

TABELLA II.

MISURE EFFETTUATE SUL CIRCUITO *C* (V. tab. I).

| N.° della prova | Collegamento delle sottostazioni alle catenarie | Componente alternativa della tensione longitudinale (sul circuito *E*) | Misura dei rumori | | | | | Tensione perturbatrice fra catenaria e terra | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Apparecchio americano | | Apparecchio inglese | Apparecchio tedesco | Apparecchio per confronto qualitivo (Siemens & Halske) | Coi dati di Osborne | Coi dati del C.C.I. |
| | | | decibel | mV | mV | mV | mV | V | V |
| 1 | Nessuna sottostazione in servizio ..... | 0,4 | 38 | 7,2 | 8,4 | 24 | 12 | — | — |
| | In servizio: | | | | | | | | |
| 2 | Béziers, Espondeilhan senza filtri, Faugères senza filtri, Joncels ...... | 35 | 53 | 40,4 | 129 | 130 | 130 | 40,5 | 38 |
| 3 | Béziers, Espondeilhan con filtri, Faugères con filtri, Joncels ......... | 3,4 | 40 | 9 | 13,2 | 28 | 15 | 3,6 | 3,4 |
| 4 | Espondeilhan senza filtri, Faugères senza filtri ...................... | 12 | 47 | 20,3 | 29,4 | 53 | 30 | 20 | 20 |
| 5 | Espondeilhan con filtri, Faugères con filtri ......................... | 3,4 | 38 | 7,2 | 9 | 23 | 8 | 0 | 0 |
| 6 | Béziers, Joncels ................... | 2,2 | 39 | 8,1 | 9,6 | 22 | 10 | 2,7 | 2,2 |
| 7 | Béziers, Faugères, senza filtri ....... | 32 | 52 | 36 | 51 | 105 | 65 | 44,5 | 42 |
| 8 | Béziers, Faugères, con filtri......... | 2,6 | 39,5 | 8,5 | 12 | 27 | 8 | 2,8 | 2,8 |
| 9 | Joncels, filtri di Espondeilhan ..... | 1,6 | 39 | 8,1 | 12 | 27 | 10 | 1,4 | 1,5 |

M. A.

# Elettricità e rurali (1)

L'importanza nazionale del problema è stata definitivamente affermata dal fatto che il Duce ha personalmente insediato il Comitato nazionale istituito dal Ministero di Agricoltura per l'elettrificazione agricola. « Venticinque milioni di rurali italiani, Egli ha detto, debbono poter partecipare più largamente all'impiego dell'energia elettrica, aprendo un nuovo importante mercato al collocamento di essa: così, anche in questo campo, agricoltura e industria collaboreranno alla prosperità del Paese. La mèta è precisa: occorre metodo e tenacia per conseguirla ».

Una vecchia frase, che l'agricoltura non è un cliente desiderabile per le imprese di produzione dell'energia, è definitivamente cancellata: il problema sta oggi semplicemente nel determinare con quali modalità, in quali limiti la *elettrificazione agricola* sia in Italia conveniente.

Bisogna bene intendersi su questa espressione. Alcune applicazioni dell'energia elettrica nelle campagne sono già abbastanza diffuse: di particolare rilievo sono quelle per il sollevamento di acqua. Elettropompe per irrigazione sono in alcune province numerosissime; negli impianti idrovori di bonifica è stata continua la sostituzione dell'energia elettrica al carbone e agli olii minerali. Essa è spesso impiegata in talune industrie rurali (oleifici, caseifici, ecc.): la luce elettrica è presente in molte case e villaggi delle campagne. Ma queste applicazioni, piuttosto che agricole, sono collaterali all'agricoltura: di vera elettrificazione agricola si può solo parlare quando l'energia elettrica sia applicata sistematicamente — ciò che oggi è raro — *anche* alle lavorazioni del suolo. Sta qui l'importanza *nazionale* del problema.

Oggi l'energia necessaria alle aziende rurali — e, per la parte di gran lunga maggiore, appunto per le lavorazioni del suolo — quando non sia fornita direttamente dall'uomo, viene quasi tutta o da petrolio *importato* (negli ultimi anni, intorno a 800.000 quintali all'anno) o dal bestiame domestico. Una massa ingente dei foraggi prodotti dai nostri campi — forse non lontana dai 150 milioni di quintali di fieno all'anno — si trasforma, alimentando il bestiame, in forza motrice. Quanto più largamente potremo usare l'energia delle nostre acque, tanto più potremo limitare l'importazione del petrolio e trasformare quei foraggi, anzichè in forza motrice, in carne e latte, portando un nuovo forte contributo a render più autonoma l'economia italiana.

Se un'intensa meccanizzazione dell'agricoltura, con energia elettrica, consentisse un giorno di destinare — non dico gli indicati 150 milioni di quintali di fieno, ciò che è impossibile — ma anche solo 60-70 milioni alla produzione di carne o di latte, se ne potrebbero ottenere annualmente intorno a 2 milioni di quintali di carne macellata, ovvero, in luogo di essa, 30-35 milioni di quintali di latte.

Per apprezzare l'importanza di queste cifre si pensi che la produzione annuale italiana di carne si calcola intorno ai 6 milioni di quintali, quella del latte sui 45-50 milioni di quintali; e che negli anni scorsi il *deficit* della nostra bilancia commerciale, per i prodotti zootecnici, ha anche superato il miliardo.

***

La elettrificazione agricola così intesa è subordinata, s'intende, alla *convenienza economica* di sostituire la nuova energia a quelle finora usate nelle aziende rurali. Ed ecco che la soluzione del problema si è spesso incagliata nelle secche di sterili polemiche sul prezzo dell'energia.

Anche questo aspetto non è, evidentemente, trascurabile: compete agli organi sindacali e corporativi di trovare le soluzioni eque, e già essi, infatti, vi si adoperano attivamente. Bisogna d'altronde francamente riconoscere: 1°) che sulla convenienza dell'elettrificazione agricola non pesa tanto il prezzo dell'energia fornita alle linee principali, quanto il costo delle linee agricole di distribuzione e del macchinario; 2°) che il costo e quindi il prezzo dell'energia ha caratteristiche particolari, che lo subordinano strettamente alle modalità di impiego di essa, e sopra tutto alla possibilità di utilizzare i chilowatt impegnati per un maggiore o minor numero di ore durante l'anno.

Sul primo punto c'è un fatto nuovo (o quasi nuovo) di grande importanza: lo Stato, in considerazione degli interessi nazionali che ho ricordati, ha riconosciuto di dover contribuire — *in quanto sia necessario* — nel costo del macchinario e delle linee agricole di distribuzione dell'energia, così come contribuisce nel costo delle altre immobilizzazioni fondiarie: la nuova legge unica sulla bonifica integrale ha già sancito natura e misura dei contributi.

Ma — pur con la possibilità di questi e con un'equa determinazione di tariffe, di modalità di vendita, ecc. (gli agricoltori chiedono soprattutto che queste siano semplici, agevolmente comprensibili, adatte insomma allo spirito rurale) — resta il problema fondamentale: fra le numerosissime applicazioni di energia elettrica all'agricoltura tecnicamente possibili, fra le svariatissime condizioni in cui essa si esercita, occorre pazientemente discriminare — con metodo e con tenacia, come ha detto il Duce — i casi nei quali l'utilizzazione annua degli impianti e le altre circostanze rendono l'elettrificazione conveniente, cioè riconoscerne l'*area di convenienza* e le modalità relative.

E ciò, non con considerazioni astratte, meno ancora con polemiche più o meno abili, fra le quali ci siamo troppo a lungo attardati, ma con larghe prove sistematicamente condotte su scala pratica, nelle varie tipiche condizioni offerte dalla realtà agricola, e con una corretta interpretazione dei risultati, prudente ma non aprioristicamente scettica.

Indirizzare, coordinare, controllare, interpretare le necessarie prove, con la partecipazione di tutte le competenze — elettrotecniche, meccaniche, agricole —, questo è il compito assegnato al *Comitato nazionale*.

Il Comitato comprende non solo tecnici autorevolissimi, ma anche i rappresentanti di tutte le forze vive della Nazione, nel campo che ci interessa: non può essere dubbio, dunque, che dalle prove si passerà rapidamente all'azione, nei più larghi limiti riconosciuti convenienti.

***

Intanto, le parole del Duce, la formazione del Comitato nazionale, hanno certamente disperso quell'atmosfera di reciproche incomprensioni e diffidenze, che a lungo ha ravvolto questo argomento: hanno creato l'ambiente spirituale adatto a marciare sicuramente verso la mèta.

Il mondo e la vita rurale, che il Fascismo vuole portata sempre più in alto, possono più largamente aprirsi all'uso di quell'energia, che ben può dirsi, da Volta a Marconi, italianissima.

Un'industria potente che fa onore all'Italia, un'agricoltura dal Fascismo rinnovellata, sapranno, sotto le insegne del Littorio, affratellarsi, perchè la *possibilità*, nel secondo decennio della Rivoluzione, diventi *realtà*.

L'alto onore della presenza del Duce alla prima adunanza del Comitato tende tutte le volontà verso la mèta.

ARRIGO SERPIERI
*Sottosegretario di Stato per la Bonifica Integrale.*

(1) Riportiamo da « Il Popolo d'Italia » del 7 ottobre questo articolo di S. E. il sottosegretario di Stato per la Bonifica integrale, On. Serpieri.

# FATTI E TESTIMONIANZE

## La riduzione delle ore di lavoro (1)

(Da *Il Popolo d'Italia* del 30 settembre 1932).

*Signor Direttore,*

Non mi posso lagnare del fatto che un giornale milanese mi abbia onorato del titolo insperato di « *maestrucolo rurale* ».

Per opera di Benito Mussolini, i *rurali* sono al primo piano nella considerazione politica, ed ai *maestri elementari*, elevati tutti alla dignità di funzionarii dello Stato, è affidato il compito più delicato: formare la coscienza del fanciullo con sentimento di italianità.

E quantunque il mio contraddittore serotino sia insanabilmente debole in materia di calcolo aritmetico, non mi posso neanche lagnare del suo profitto scolastico, perchè egli stesso, rifacendo la calcolazione, ha trovato, com'era inevitabile, che prima aveva sbagliato.

Infatti, supponendo di ridurre la settimana lavorativa da 48 a 40 (quaranta ore) egli aveva affermato in un primo tempo, con un faticoso errato e inutile conteggio, che l'industriale il quale ante riduzione spendesse 54 milioni all'anno per la maestranza, avrebbe avuto un maggiore onere di 9.171.800 lire! ! In base a questo risultato è certo che il mio ignoto scolaretto sarebbe stato bocciato all'esame di maturità. Ma dopo la mia gratuita lezione di aritmetica, egli si è rimesso al lavoro; e questa volta ha trovato, correttamente, che il maggior onere è di lire 10.800.000; risultato questo esattissimo, se si ammette, ripeto, di ridurre la settimana da 48 a *40* ore.

Senonchè io non ho mai parlato di 40 ore, Signor Direttore; ho parlato di 36 (dico trentasei) ore settimanali; e non potevo parlare di 40 perchè io esaminavo (tanto in un mio precedente scritto che lo scolaro naturalmente non ha obbligo di conoscere, quanto in una letterina al giornale *Il Sole*) la proposta del Senatore Agnelli, nella quale è stampato questo testuale periodo: *Dovremo cioè passare dalle 48 alle 36 ore e pagare per 36 ore di lavoro lo stesso salario settimanale corrisposto per 48.* « *Aumentare cioè la paga oraria del 33 per cento* ».

Prego i lettori di leggere due volte l'ultima frase, la quale basta a dimostrare quanto segue:

1) quando scrissi che chiunque con 8 ore giornaliere spendesse per salarii 54 milioni all'anno dovrebbe spendere 18 milioni di lire annuali in più, se lo costringessero ad adottare la proposta Agnelli (ridurre le ore di lavoro da 8 a 6 giornaliere), *non ho sparato grosso*, come per dileggio ha scritto il mio avversario; ma ho soltanto applicato una regola di buon senso aritmetico; cosicchè ha sparato grosso ed ha sbagliato più grosso ancora soltanto chi ha troppo presunto della sua scienza;

2) nelle polemichette di questo genere, chi detiene il potere della stampa quotidiana ha il dovere di sorvegliare che la polemica si svolga con perfetta lealtà. Voglio dire che non dovrebbe essere lecito cambiare le carte al contraddittore (nel caso mio, sostituire la proposta agnelliana di ridurre a 36 ore la durata del lavoro settimanale, con l'ipotesi di ridurla soltanto a 40 ore) per potersi cavare d'impiccio e capovolgere la realtà;

3) se i lettori desiderassero sapere quale onere diretto avrebbe lo stesso industriale dei 54 milioni, qualora la riduzione della settimana lavorativa senza riduzione di paga, avvenisse su una base diversa, ecco un prontuario bell'e fatto:

| Durata del lavoro settimanale, in ore | | Onere rispetto a 54 milioni attuali | |
|---|---|---|---|
| attuale | futura | percentuale | complessivo |
| 48 | 48 | zero | zero |
| 48 | 45 | 1/15 | 3.600.000 |
| 48 | 42 | 1/7 | 7.714.285 |
| 48 | 40 | 1/5 | 10.800.000 |
| 48 | 39 | 9/39 | 12.461.538 |
| 48 | 36 | 1/3 | 18.000.000 |
| 48 | 32 | 1/2 | 27.000.000 |

Così esaurito, spero, il malinconico episodio aritmetico, mi conceda di aggiungere qualche cosa nel merito.

L'esemplificazione pratica che mi ha procurato il sapiente rabbuffo di cui mi occupo, l'avevo inserita in una lettera a

(1) Il mio « zibaldone » su la proposta Agnelli (v. *L'Energia Elettrica* del luglio scorso, pagg. 638-640) ha dato il via a un paio di polemiche su giornali milanesi. Mi astengo dal manifestare la mia impressione. Dirò soltanto d'essere rimasto mortificato nel constatare che c'è gente, anche laureata, la quale non conosce la regola della proporzione inversa; e dovendo calcolare quale aumento di maestranza occorra per fare un determinato lavoro se ciascun operaio lavori soltanto 40 invece di 48 ore settimanali, ha stampato, e si è ostinato a ristampare anche quando ne la corressi, che basta aumentare gli operai di un sesto!

Se ora ho chiesto alla Rivista di riprodurre due delle lettere da me inviate ai giornali in questa occasione non è naturalmente per « brillare » in queste malinconiche schermaglie aritmetiche (alle quali secondo un noto figuro giornalistico-parlamentare, falsificatore quasi costante di cifre e di fatti, io avrei ridotto la questione). È piuttosto perchè in esse ho un po' sviluppato il mio pensiero sulle conseguenze finali del cambiamento che l'Ufficio del Lavoro, invitato dal Governo Italiano, sta studiando di introdurre come obbligo internazionale in tutto il mondo.

Giacinto Motta.

*Il Sole*, occasionata dal fatto che un collaboratore di quel giornale aveva pubblicato un lungo studio in appoggio alla riduzione delle ore di lavoro, *senza tuttavia curarsi di chiarire se la proposta presentata dall'Italia a Ginevra coincidesse con la proposta Agnelli*, cioè «*legasse*» la riduzione delle ore all'aumento della paga oraria in modo da mantenere inalterata la paga settimanale. Ed io invocavo un chiarimento.

Ebbene il chiarimento venne lo stesso giorno occasionalmente, da fonte diversa, ma che non poteva essere più autorevole. Il Senatore De Michelis sul *Popolo d'Italia* scriveva che l'Ufficio del Lavoro di Ginevra studiava bensì la proposta di ridurre internazionalmente le ore di lavoro nominali, ma intanto la riduzione prevista parrebbe da 48 a 40 e non a 36 ore; e inoltre nulla è stabilito sul contemporaneo aumento delle paghe, problema che il Senatore De Michelis dichiara giustamente ben distinto dalla riduzione delle ore di lavoro e più grave, e che secondo lui potrebbe risolversi col concorso dell'industriale, dell'operaio e dello Stato.

Anche questa idea è diversa dalla proposta Agnelli. Ma comunque si opini, e comunque sarà risoluto il gravissimo problema, non è esatto calcolare il rincaro dei prodotti che conseguirà da un provvedimento del tipo Agnelli in una determinata industria, tenendo conto soltanto dell'aumento di onere dipendente dalla maestranza propria di quell'industria, come ha fatto sul giornale *Il Sole* un egregio avvocato dal nome fatidico per acutezza di mente. Se per continuare lo stesso esempio, uno stabilimento spende 54 milioni nella maestranza e produce per 150 milioni di mercanzie (prezzo di costo globale) non è esatto dire che, dopo tutto, anche la riduzione da 48 a 36 ore aumenta il costo dei prodotti *soltanto* di 18 milioni, perchè gli altri 96 milioni (che insieme ai 54 di maestranza formano il costo totale di 150 milioni di lire) sono rappresentati da materie prime o semilavorate o lavorate interamente, oppure da servizi e prestazioni; e in tutti questi elementi è incorporata e rappresentata una parte maggiore o minore di mano d'opera o in genere di lavoro umano, che a tenore delle idee tipo Agnelli dovrebbe aumentare nello stesso rapporto della maestranza diretta.

Il tessitore di stoffe per abiti, per esempio, oltre al terzo d aumento nella propria maestranza, deve *soffrire* l'analogo aumento corrisposto dal filatore che ha filato il cotone o la lana, dal tintore che ha colorato il filato, dalla ferrovia o dall'armatore che ha trasportato dal paese d'origine il cotone sodo o la lana, dal coltivatore che ne avrà curato la produzione, ecc.; e il sarto che ti farà l'abito, caro lettore, dovrà aumentarti il prezzo per tener conto anche dell'*aumento* della sua propria maestranza e di tutti gli altri suoi costi proprii. Cosicchè si è assai più prossimi al vero ritenendo *che tutto quanto il costo di tutti i prodotti e servizii aumenterà della stessa percentuale*, e certo ci si illude sperando che il rincaro sia determinato soltanto dal maggior costo della maestranza diretta. Se poi si tiene conto delle percentuali di aumento da parte degli enti che presiedono al trasporto e distribuzione dei prodotti, attraverso la lunga e complicata catena dei grossisti, rivenditori e dettaglianti, si fa poca fatica e si sbaglia pochissimo a prevedere che il costo della vita aumenterà in misura non molto diversa dalla stessa percentuale di cui aumentano i salari orarii, se non in misura maggiore.

Se ho esposto queste idee, non bisogna credere che io sia un avversario preconcetto del mutamento proposto; niente affatto; penso invece che se si potesse operare il cambiamento dall'oggi al domani per un colpo di bacchetta magica, ci troveremmo tutti *forse*, economicamente parlando, nelle stesse condizioni di prima.

Mi dà pensiero il periodo di regime variabile, cioè il tempo che passerà fra l'attuale sistemazione e la futura. È specialmente in questo periodo che ci saranno dei mutamenti nelle condizioni dei singoli. Ma necessariamente se taluno si troverà meglio, sarà perchè altri starà peggio, perchè se un cambiamento di questo genere avesse potere di creare qualche cosa di nuovo, cioè la prosperità, proporrei subito di ridurre la settimana non a 36 ma a 18 ore; e perchè non a 12?

Scherzi a parte, io ho fede soprattutto nel lavoro, cioè: *a*) nel pensiero dello studioso che darà nuovi mezzi all'uomo per produrre di più lavorando di meno come individuo organico, ma impiegando assai più energia meccanica; *b*) nel lavoro ordinato e disciplinato delle masse, chiamate a realizzare i nuovi trovati della scienza.

Con questo non voglio neanche negare importanza ai fattori psicologici, che hanno invece un potere immenso. Se la proposta del cambiamento creasse nei più la persuasione che è vantaggioso, ci sarebbe già, dal punto di vista politico ed umano, una formidabile ragione per attuarlo.

GIACINTO MOTTA.

---

(Da *Il Sole* dell'8 ottobre 1932).

*Signor Direttore,*

Eccomi indotto, per evitare apprezzamenti erronei, a replicare anche al signor Ginella. Ma procurerò di essere succinto, al qual scopo dividerò la risposta in tre parti:

*A*) I convenevoli. – Dovrei ringraziare il signor Ginella per aver trovato che io sono qualche cosa di più di un maestrucolo, ma non me la sento troppo, sia perchè in realtà sono qualche cosa di diverso, non di più; sia perchè il signor Ginella, forse per farsi perdonare questa specie di obiettività, dice che la questione è stata trattata con «fondatezza di ragionamento» anche dal mio contradittore. Devo concludere che egli trova fondato anche asserire che la quinta parte di 54 milioni è proprio 9.171.800 lire? Preferisco ascrivere questa bontà, veramente francescana, a un sentimento comprensibile; e ritenerlo, almeno verso i colleghi in giornalismo, complimentoso di natura, anche per amore di quieto vivere.

*B*) La logica. – Nell'articolo del 18 settembre, il signor Ginella ha cominciato un periodo con queste testuali parole: «*La proposta Agnelli-De Michelis-Hoover* (*anche il Presi-*«*dente degli Stati Uniti l'ha fatta sua*), *ecc.*». Con queste parole lo scrittore, magari senza volerlo, ha creato nel lettore la persuasione che la proposta del Governo italiano (De Michelis) coincidesse con la proposta Agnelli, al punto da poterle unificare in una sola.

Ebbene, la mia lettera del 21 settembre, pubblicata il 22 da *Il Sole*, aveva appunto il solo modesto proposito di chiarire questo errore, anche perchè non ho la consuetudine di perdere il filo del ragionamento, cioè di lasciarmi trascinare fuori strada e ingrandire il campo della divergenza... neppure nel lodevole scopo di nascondere il torto, come fanno molti, quand'è difficile negarlo.

Ora, il signor Ginella, pur trovando che quella mia domanda era oziosa, che io ho impostato il problema in modo piccino, che non dovevo prendere grettamente alla lettera la proposta Agnelli, ecc. (espressioni tutte che dimostrano una ingiustificata irritazione contro di me) è costretto a riconoscere che effettivamente la proposta Agnelli e quella del Governo italiano sono due cose diverse. Di questo riconoscimento mi accontento, anche se non ne avevo più bisogno dopo le dichiarazioni pubbliche del senatore De Michelis, il quale non poteva essere più esplicito nel negare che la riduzione delle ore settimanali di lavoro «implicasse» l'aumento inversamente proporzionale della paga oraria, come faceva credere il primo articolo di Ginella. Dirò anzi che se non mi fosse sfuggito l'articolo di De Michelis apparso su *Il Popolo d'Italia* lo stesso giorno 21 settembre, non avrei certo disturbato *Il Sole*.

*C*) Il merito. — Il signor Ginella nè espone, nè giudica esattamente il mio pensiero. Ma non ho l'illusione di credere che i lettori tengano molto a conoscerlo interamente. Ecco perchè, in merito a talune curiose affermazioni del signor Ginella, come quella che in Italia non ci sono molte aziende con 9.000 dipendenti (e che c'entra questo?) e le altre, più singolari, intese ad attenuare le conseguenze economiche dell'aumento che deriverebbe al costo dei prodotti dall'adozione della proposta Agnelli (la quale, si noti bene, è universale) mi limiterei a riportare poche idee fra quelle esposte su *Il Popolo d'Italia* del 30 settembre.

.....................................................

***

Per deferenza verso il signor Ginella e i lettori di *Il Sole* non ho difficoltà ad aggiungere oggi che nella mia piccola ignoranza io ho l'impressione che *tutto*, al mondo, dipenda dal lavoro, e che perciò il costo di tutto dipende direttamente o indirettamente, in modo forse proporzionale, dalla retribuzione che si dà al lavoro.

Mi sono persuaso che questo mio modo di vedere non è forse del tutto erroneo, studiando le statistiche americane per ciò che concerne l'industria manifatturiera. Ecco qui due tabelle (ricavate dal *Commerce Yearbook 1931*) che potranno essere utilmente meditate anche dai teorici e dai professionisti dell'economia politica.

*Tabella I.*

INCIDENZA DEL COSTO DEL LAVORO SUL VALORE DEI PRODOTTI SECONDO I CENSIMENTI DELL'INDUSTRIA MANIFATTURIERA NEGLI STATI UNITI

(Commerce Yearbook 1931)

| a | b | c | d | e | f | g | h |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anno del censimento | Spesa totale (1) per il personale | | Costo dei materiali impiegati e dell'energia | | Ammortamenti, interessi, assicurazioni, pubblicità, varie, generali e profitto | | Valore dei prodotti |
| | Milioni di dollari | $100 \frac{b}{h}$ | Milioni di dollari | $100 \frac{d}{h}$ | Milioni di dollari | $100 \frac{f}{h}$ | Milioni di dollari |
| 1899 | 2.389 | 20,9 | 6.576 | 57,7 | 2.442 | 21,4 | 11.407 |
| 1904 | 3.184 | 21,5 | 8.500 | 57,5 | 3.110 | 21,0 | 14.794 |
| 1909 | 4.366 | 21,1 | 12.143 | 58,7 | 4.163 | 20,2 | 20.672 |
| 1914 | 5.342 | 22,3 | 14.278 | 59,5 | 4.368 | 18,2 | 23.988 |
| 1919 | 13.343 | 21,5 | 37.233 | 60,0 | 11.466 | 18,5 | 62.042 |
| 1921 | 10.765 | 24,7 | 25.321 | 58,0 | 7.567 | 17,3 | 43.653 |
| 1923 | 13.815 | 22,8 | 34.706 | 57,3 | 12.035 | 19,9 | 60.556 |
| 1925 | 13.652 | 21,8 | 35.936 | 57,3 | 13.126 | 20,9 | 62.714 |
| 1927 | 14.079 | 22,4 | 35.133 | 56,0 | 13.506 | 21,6 | 62.718 |
| 1929 | 15.216 | 21,6 | 38.550 | 54,7 | 16.669 | 23,7 | 70.435 |

(1) Esclusi gli stipendi degli impiegati addetti agli uffici amministrativi centrali delle aziende, a partire dall'anno 1923.

*Tabella II.*

RETRIBUZIONE MEDIA ANNUA DEI PRESTATORI DI LAVORO SECONDO I CENSIMENTI DELL'INDUSTRIA MANIFATTURIERA NEGLI STATI UNITI

(Commerce Yearbook 1931)

| a | b | c | d | e |
|---|---|---|---|---|
| Anno del censimento | Salariati | | Stipendiati | |
| | Numero (in migliaia) | Retribuz. annua media (dollari) | Numero (in migliaia) | Retribuz. annua media (dollari) |
| 1899 | 4.713 | 426 | 364 | 1.047 |
| 1904 | 5.468 | 477 | 520 | 1.104 |
| 1909 | 6.615 | 518 | 790 | 1.189 |
| 1914 | 6.896 | 590 | 963 | 1.323 |
| 1919 | 9.000 | 1.162 | 1.438 | 2.003 |
| 1921 | 6.947 | 1.181 | 1.146 | 2.236 |
| 1923 | 8.778 | 1.254 | 1.269 | 2.211 |
| 1925 | 8.384 | 1.280 | 1.256 | 2.326 |
| 1927 | 8.350 | 1.299 | 1.301 | 2.483 |
| 1929 | 8.839 | 1.315 | 1.359 | 2.646 |

La costanza quasi assoluta, durante un trentennio, del rapporto fra il costo del personale e il valore dei prodotti dell'industria manifatturiera (rapporto che oscilla intorno al valore 0,22) basterebbe da sola a dimostrare che variando la retribuzione del personale adibito all'industria manifatturiera, il valore dei prodotti varia proporzionalmente.

Passando dal 1899 al 1929, il numero dei dipendenti si è pressochè raddoppiato; la retribuzione unitaria è all'incirca triplicata e il valore dei prodotti è diventato sei volte tanto. Ecco, dunque, come l'esperienza sembra additarci il presumibile risultato finale delle proposte tipo Agnelli.

Con queste argomentazioni non pretendo aver esaurito la discussione nè atteggiarmi a detentore della verità pura; non mi pare tuttavia di errare molto (sempre astraendo da considerazioni psicologiche e politiche, di cui non intendo occuparmi) pensando che se la proposta Agnelli fosse davvero applicata a tutte le aziende di tutto il mondo, come egli ha scritto, gli effetti stabili (trascuro il disagio e le ingiustizie del periodo di avviamento) non sarebbero forse molto diversi da quelli di una identica e simultanea svalutazione generale di tutte le monete, cioè sostanzialmente irrilevante per tutti quelli che lavorano in un modo qualsiasi, e soltanto gravi per coloro che godono di redditi fissi, espressi in moneta.

Non m'illudo, Signor Direttore, di avere persuaso molti; ma non ci tengo; veda pertanto Lei se crede opportuno pubblicare o ritornarmi la presente.

*Milano, 7 ottobre* 1932.

GIACINTO MOTTA.

# Atti Ufficiali

## dell'Unione Nazionale Fascista Industrie Elettriche (UNFIEL)

## Norme per la fornitura ed il controllo degli olii isolanti per trasformatori ed interruttori

*Nel numero di maggio 1932 della nostra Rivista, abbiamo pubblicato lo «Schema di Norme per la fornitura ed il controllo degli olii isolanti per trasformatori ed interruttori», predisposto dal Sottocomitato Olii del C. E. I.*

*Essendo ormai scaduto il termine per le eventuali osservazioni e proposte di modifiche, pubblichiamo qui il testo definitivamente proposto dal Sottocomitato.*

### CAPITOLO I.

### FUNZIONE E PROPRIETÀ DEGLI OLII (1).

**101.** Gli olii per uso elettrotecnico devono essere olii esclusivamente minerali, ottenuti per distillazione frazionata del petrolio e successiva opportuna raffinazione.

Essi, allo stato di purezza, posseggono, insieme ad un'elevata rigidità dielettrica, la proprietà di offrire una grande resistenza ad alterarsi durante l'esercizio e quella di non modificare, che in misura tollerabile, le qualità dei materiali isolanti che coll'olio sono in contatto.

Gli olii servono generalmente come mezzo isolante; nei trasformatori essi hanno in più la funzione importantissima di contribuire al raffreddamento; negli interruttori invece devono contribuire allo spegnimento dell'arco che si produce all'apertura del circuito.

**102.** Gli olii devono avere una viscosità convenientemente bassa per facilitare nei trasformatori i movimenti convettivi che contribuiscono ad un efficace raffreddamento, e per concorrere negli interruttori al loro buon funzionamento.

Una caratteristica molto importante degli olii destinati ad apparecchi funzionanti all'aperto è il congelamento che deve avvenire alla temperatura più bassa possibile. Gli olii minerali, essendo miscele complesse di vari idrocarburi, non hanno un punto di congelamento ben definito, cosicchè, alla temperatura di congelamento, si è ritenuto opportuno sostituire il criterio della scorrevolezza a bassa temperatura, che può essere valutata dal tempo impiegato da una certa quantità di olio raffreddato ad una data temperatura, per percorrere, in un dato tubo ad U, un determinato spazio sotto una determinata pressione.

La temperatura di infiammabilità di un olio (temperatura alla quale l'olio emette vapori che mescolati con l'aria ed in presenza di una fiamma si accendono) non è invece una caratteristica di importanza fondamentale, perchè le temperature normali di funzionamento degli olii negli apparecchi elettrici sono sensibilmente più basse, e perchè, se si forma un arco permanente nell'olio, questo può venire scomposto ed incendiato qualunque sia il valore della temperatura di infiammabilità.

**103.** L'attitudine ad opporsi ad una scarica disruttiva è un'altra delle proprietà degli olii isolanti (rigidità dielettrica) ed è misurata dalla tensione elettrica necessaria per provocare la scarica attraverso un determinato spessore d'olio, in determinate condizioni sperimentali. La tensione che produce la scarica attraverso un dato spessore di olio varia grandemente a seconda delle condizioni in cui vien fatta la prova, della forma e dimensioni degli elettrodi, ecc. La formazione della scarica è facilitata soprattutto dalla presenza di materiali in sospensione e dalla umidità contenuta nell'olio.

Le fibre ed i materiali, che l'olio contiene in sospensione, assorbono l'umidità e durante la prova, sotto l'azione del campo elettrico, formano una specie di ponte fra gli elettrodi, che può occasionare la prima scarica ad una tensione notevolmente più bassa di quella che corrisponde alla effettiva rigidità dell'olio.

L'influenza dell'umidità sulla rigidità dielettrica dell'olio è molto grande anche per minime quantità (e se ne può avere

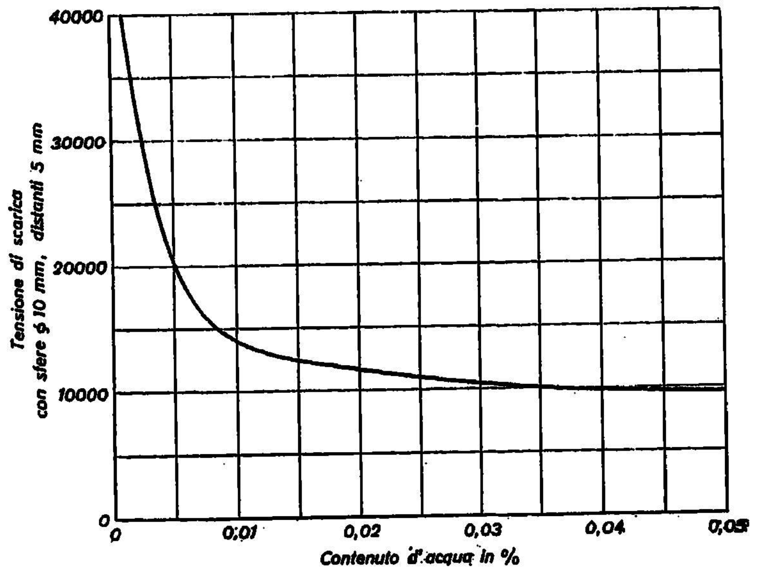



Fig. 1.

un'idea dalla curva della fig. 1) tanto più quando essa vi si trova allo stato di dispersione colloidale sotto forma di minutissima suddivisione.

La prova della rigidità dielettrica può dare quindi una buona idea dello stato di purezza dell'olio ed è perciò di grande aiuto nella sorveglianza degli olii in esercizio. Essa ha invece un'importanza molto minore come prova di collaudo di un olio nuovo, perchè tutti gli olii minerali posseggono un'elevata rigidità quando siano accuratamente essicati e filtrati, come è appunto prescritto nella prova di rigidità degli olii nuovi (n. 507).

*Nota.* — Sarebbe pure interessante controllare l'attitudine più o meno marcata dell'olio ad assorbire l'umidità dell'ambiente; ma le modalità di tale determinazione non sono ancora normalizzate.

**104.** Un'altra proprietà importante degli olii, fondamentale per la buona conservazione dell'olio in servizio, è la resistenza che l'olio oppone ai fenomeni di ossidazione e di alterazione. Nei trasformatori in servizio, con qualsiasi specie di olio minerale, si osserva in grado più o meno accentuato il fenomeno della formazione di fiocchi di colore giallo-rossiccio, che col tempo si consolidano in un deposito scuro e denso, il quale ostruisce i canali di circolazione dell'olio e, alterando le condizioni di raffreddamento, può causare riscaldamenti locali pericolosi e sommamente nocivi alla buona conservazione degli isolanti.

Sulla formazione di questi depositi si può dire che, sotto

(1) Tutto quanto riguarda le proprietà fisiche e chimiche degli olii ed i metodi per il loro controllo, è stato elaborato d'accordo con la Commissione Tecnica Governativa Olii Minerali.

l'influenza dell'aria, dell'umidità, del calore, dell'azione catalitica dei metalli e probabilmente del campo elettrico, si verificano nell'olio processi di ossidazione, condensazione e polimerizzazione, in seguito ai quali dalle parti instabili dell'olio si formano a poco a poco dei composti resinosi acidi solubili nell'olio caldo, i quali si trasformano in parte alla loro volta in polimeri di natura asfaltica.

La presenza dell'aria e dell'ossigeno favoriscono la formazione dei depositi; questa è pure favorita dalla presenza di certi metalli, specialmente del rame, per l'azione catalitica che essi esercitano.

Il processo della formazione dei depositi è complesso e si compie attraverso ad una formazione intermedia di sostanze acide solubili nell'olio caldo, cosicchè, col tempo, l'acidità dell'olio può andare aumentando. Questo aumento di acidità, unito alle elevate temperature, può danneggiare i materiali isolanti in contatto con l'olio e può essere veramente esiziale alla buona conservazione degli avvolgimenti dei trasformatori.

## CAPITOLO II.

### ISTRUZIONI PER L'OFFERTA, L'ORDINAZIONE, LA CONSEGNA DEGLI OLII ISOLANTI.

**201.** Se l'offerta e l'ordinazione di olio per usi elettrotecnici contiene la clausola seguente: « L'olio deve rispondere in tutto alle Norme del C.E.I. », l'olio in questione dovrà, per qualità, uniformarsi interamente ai requisiti tecnici specificati nelle presenti Norme.

**202.** Quando l'olio è destinato ad apparecchi da montare all'aperto, sarà opportuno indicare il limite inferiore di temperatura che si raggiunge nelle località dove questi saranno installati.

**203.** Quando il compratore intende mescolare l'olio da acquistare con altro preesistente, è consigliabile che egli lo dichiari al fornitore e che dia, possibilmente e se richiesto, un campione.

**204.** La consegna dell'olio deve essere fatta esclusivamente in recipienti metallici o di vetro.

## CAPITOLO III.

### ISTRUZIONI PER IL PRELIEVO DEI CAMPIONI.

**301.** I campioni di prova, da servire per il collaudo della fornitura, saranno prelevati dai recipienti all'arrivo, non prima di 24 ore e non oltre 10 giorni dal ricevimento. Il giorno del prelievo sarà fissato dal compratore che ne dovrà dare tempestivo avviso al fornitore per l'eventuale suo intervento. Il prelevamento dei campioni sarà fatto dal compratore alla presenza di un rappresentante della Ditta fornitrice, a meno che questa vi abbia rinunciato.

**302.** I campioni saranno in numero di tre e muniti dei sigilli delle parti; di essi uno per il fornitore, uno per l'acquirente ed il terzo a disposizione per gli eventuali ulteriori accertamenti in caso di contestazione.

I sigilli saranno preferibilmente di ceralacca; con questa verrà ricoperto il tappo dopo che sarà stato avvolto in un cappuccio di carta, assicurato al collo della bottiglia con legatura di spago. Sull'etichetta dovranno essere chiaramente indicati:

*a*) il nome del prodotto e le caratteristiche della partita in campionamento;

*b*) il nome del venditore e dell'acquirente;

*c*) la data del campionamento e le firme dei delegati delle parti.

**303.** I campioni devono essere prelevati, custoditi e trasportati con tutte le cure e cautele atte ad evitare ogni possibile inquinamento, dimodocchè essi rappresentino fedelmente le caratteristiche della partita consegnata.

Dovrà pertanto essere seguita con attenzione la procedura indicata nei paragrafi seguenti.

**304.** *Sonde* :

*a*) Per estrarre campioni da cilindri, cisterne od altri apparecchi si devono usare sonde di vetro o di metallo.

*b*) La sonda consigliabile per estrarre campioni da cilindri deve essere tale da giungere fino a 3 mm dal fondo del recipiente e deve avere una capacità da 0,5 a 1 litro circa.

Per recipienti più piccoli la sonda da usare deve essere proporzionalmente più piccola.

*Nota*. — Un tipo adatto al prelievo di campioni da cilindri della capacità di 200 litri circa, è rappresentato nella fig. 2. Ha una lunghezza di circa 90 cm, un diametro di 30 mm e finisce alle due estremità tronco-coniche con fori del diametro di mm 10 circa. La parte inferiore è munita di tre piedi metallici, disposti in modo che l'estremità inferiore della sonda arrivi a 3 mm circa dal fondo del recipiente. All'estremità superiore sono saldati due anelli che permettono di sostenere la sonda con due dita, mentre il dito pollice rimane libero per chiudere il foro superiore.

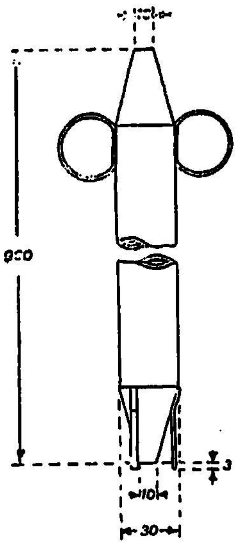



Fig. 2.

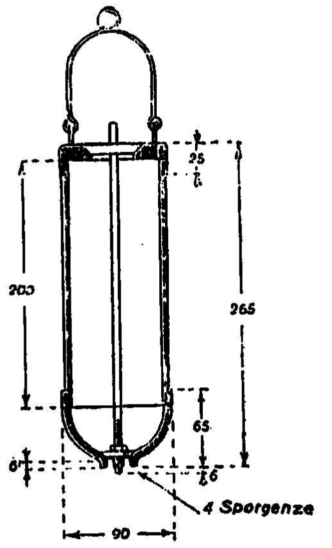



Fig. 3.

*c*) La sonda destinata al prelievo dei campioni da carri cisterna deve avere una lunghezza sufficiente per arrivare, con il suo bordo inferiore, fino a circa 12 mm dal fondo della cisterna.

*Nota*. — Un tipo consigliabile è rappresentato nella fig. 3. È di metallo trafilato o fuso, lavorato in tutte le sue parti. Un'apposita valvola si apre automaticamente quando il dispositivo giunge al fondo della cisterna e permette l'uscita dall'alto dell'aria contenuta nella sonda.

**305.** *Recipienti per i campioni*. — Devono essere lattine o bottiglie di vetro chiaro, munite di tappo di sughero o di vetro smerigliato; devono essere perfettamente pulite e asciutte.

*Nota*. — La bottiglia di vetro ha il vantaggio che si può verificare visualmente se è bene pulita. I campioni tenuti in bottiglia di vetro devono però essere conservati al buio per impedire che l'influenza della luce possa alterare le caratteristiche di colore e dei depositi dell'olio. Si dovrà pertanto riporre ciascuna bottiglia in apposito astuccio di cartone, non appena eseguito il prelevamento del campione.

Non si devono usare tappi di gomma; i tappi di sughero devono essere nuovi e di buona qualità. Si può evitare il contatto dell'olio col tappo ricoprendo quest'ultimo con un foglio di stagnola o di alluminio. Se si impiegano lattine è necessario che le saldature dei lembi dei fogli di latta siano tutte all'esterno.

**306.** *Pulizia degli apparecchi*.

*a*) Le sonde ed i recipienti destinati a contenere i campioni devono essere ben lavati prima dell'uso, avendo cura che non vi rimangano traccie di filacci o altre materie fibrose e che, in caso di apparecchi nuovi, siano asportate anche le minime traccie del fondente usato nella saldatura.

*Nota* 1. — Le sonde ed i recipienti non chimicamente puliti e secchi possono facilmente inquinare i campioni e dare luogo a risultati non attendibili.

*Nota* 2. — Per assicurare la massima facilità di rimozione di ogni traccia del fondente, è raccomandabile usare per la saldatura un fondente di colofonia in opportuno solvente. Questa è facilmente asportabile con benzolo od alcool, mentre altri fondenti sono di più difficile rimozione. Traccie anche minime di fondente possono inquinare il campione.

*b*) Le sonde dovranno essere pulite con benzina e poi asciugate nella stufa descritta al n. 307 *a*). È buon sistema lavarle ed asciugarle subito dopo ogni prelevamento, di guisa che siano sempre pronte per un nuovo prelievo di campione.

*c*) I recipienti debbono essere lavati prima con benzina ed asciugati, poi con una saponata acquosa concentrata, risciacquati con acqua distillata, ed infine asciugati con corrente d'aria calda ed essiccati nella stufa descritta al n. 307 *a*).

Il preventivo lavaggio con benzina si può omettere per recipienti che abbiano contenuto solo olio nuovo.

**307.** *Modo di conservare gli apparecchi*.

*a*) Prima del loro impiego le sonde ed i recipienti devono essere conservati in un armadio secco, riscaldato, nel quale la temperatura non scenda mai sotto i 38°C.

*b*) Le sonde devono essere conservate in posizione verticale, collocate in una rastrelliera munita sul fondo di un opportuno canale di scolo.

*c*) I recipienti, dopo la pulizia di cui al numero precedente, verranno collocati aperti nell'armadio; essi dovranno invece essere chiusi immediatamente quando si tolgono dall'armadio.

I recipienti che non possono essere tenuti nell'armadio riscaldato fino al momento del loro impiego (come quelli che devono essere preparati per essere spediti al luogo del prelievo dei campioni) vanno sottoposti alle modalità di lavatura e asciugamento di cui al numero precedente. Dopo essere stati tolti dall'armadio e tappati, i tappi verranno avvolti con cappucci di carta assicurati al collo della bottiglia con legatura; e finalmente il tappo e una parte del collo verranno immersi in paraffina fusa per un totale ricoprimento. Nel togliere i tappi ed i cappucci paraffinati occorrerà avere una particolare attenzione che la paraffina non vada ad inquinare l'olio.

**308.** *Modo di prelievo dei campioni.*

*a*) Si deve prendere un quantitativo di olio sufficiente per tutte le prove. È sufficiente un litro circa per le prove fisico-chimiche ed un altro litro circa per la prova della rigidità dielettrica.

*b*) I campioni devono essere prelevati solo quando l'olio ha raggiunto la temperatura dell'ambiente; l'olio freddo può condensare sulla superficie tanta umidità dall'atmosfera, da far variare in modo sensibile le sue propietà isolanti. Per conseguenza non si faranno campioni quando piove e si dovrà aver cura che non avvengano inquinamenti per polvere trasportata dal vento o per altre cause.

*c*) I campioni saranno sottoposti alle prove solamente dopo un riposo di almeno 8 ore.

*d*) I barili, dai quali si deve togliere l'olio di campione, devono essere messi in fila col cocchiume in alto. I tappi saranno levati e posti a lato dei fori, con la parte bagnata di olio verso l'alto. Si chiude la sonda col pollice e la si immerge nell'olio per circa 30 cm, si leva quindi il pollice affinchè l'olio possa salire sulla sonda. Si chiude di nuovo col pollice l'estremità superiore della sonda e la si estrae dal fusto. L'olio così estratto servirà per lavare la sonda e perciò questa verrà adagiata orizzontalmente e verticalmente così che l'olio venga in contatto con ogni superficie interna della sonda, allo scopo di ottenere la massima nettezza. Durante la pulizia della sonda, bisogna evitare di toccare quelle parti della stessa che saranno immerse successivamente nell'olio da campionarsi, perchè il contatto delle dita o della mano può essere sufficiente a causare notevoli variazioni nelle caratteristiche, specialmente di rigidità dielettrica. L'olio che ha servito per lavare la sonda, si getta via lasciandolo scolare completamente.

Si introduce nuovamente la sonda nell'olio, non muovendo il pollice finchè l'estremo della sonda non abbia toccato il fondo del recipiente; quando la sonda è piena, se ne chiude l'estremo superiore col pollice, la si estrae rapidamente ed il suo contenuto viene lasciato scolare nell'interno del recipiente destinato a contenere il campione.

L'estremo inferiore della sonda non deve essere mai toccato con le dita dell'altra mano. La mano libera deve essere usata per dirigere il getto di olio che fluisce dalla sonda, la quale deve essere toccata solamente per quanto è necessario. L'olio che esce dalla sonda non deve toccare la mano o le dita mentre lo si versa nel recipiente; l'olio che avanza deve essere gettato via. Quando il recipiente destinato a contenere il campione è riempito, deve essere chiuso rapidamente; così pure dovrà essere chiuso il barile col proprio tappo.

Il recipiente sarà immediatamente etichettato e fatto pervenire al più presto al laboratorio destinato alle prove.

*e*) Quando la partita di olio è contenuta in recipienti più piccoli dei normali cilindri o barili, il prelievo dei campioni deve essere fatto usando sonde proporzionalmente più piccole, ma con le stesse modalità descritte nel paragrafo precedente.

*f*) L'olio contenuto nei carri cisterna verrà campionato introducendo sonde attraverso al coperchio superiore del vagone, badando bene, nell'aprire detto coperchio, di non introdurre nessuna impurità nell'olio. Si farà scendere la sonda nell'interno della cisterna fino a toccarne il fondo, cosicchè essa si apra e si riempia d'olio automaticamente. Per nessuna ragione il campione potrà essere prelevato direttamente dalla valvola di scarico del fondo.

*g*) Nel caso in cui da una stessa partita devono essere presi diversi campioni, si deve evitare il pericolo di inquinamenti tra l'uno e l'altro, perciò o si usano sonde diverse per ciascun campione, oppure se si vuole adoperarne una sola, per ogni successivo prelievo essa deve essere previamente asciugata e poi lavata con l'olio del nuovo campione; questo olio di lavaggio deve essere buttato via prima di prendere il quantitativo destinato al campione.

Deve essere provveduto un sufficiente numero di sonde per assicurare lo scolamento di ciascuna di esse dopo la risciacquatura coll'olio prima di usarle nuovamente. Quando si devono fare pochi campioni, sono sufficienti due sonde, ma per farne un grande numero, per esempio quando si tratta di campionare un carro completo di olio confezionato in cilindri, è desiderabile di averne 6 o più.

*h*) Quando si vuol prendere un campione medio da una stessa partita, può essere usata una stessa sonda durante tutta l'operazione di campionamento e si può omettere la risciacquatura con olio ad ogni presa di campione.

**309.** *Modalità per prelevare campioni di olio da apparecchi in servizio.* — Nel caso in cui si debbano prelevare campioni di olio contenuto in trasformatori, interruttori od altri apparecchi elettrici, nei quali non può essere usata la sonda, le modalità prescritte nei precedenti paragrafi verranno seguite per quanto è possibile; in ogni modo bisogna far sì che il campione rappresenti quanto più possibile la qualità dell'olio che si trova al fondo del cassone dell'apparecchio. Le casse degli interruttori, dei trasformatori e degli altri apparecchi elettrici, sono normalmente provviste di valvole di scarico e di rubinetti, attraverso i quali può essere versato direttamente l'olio nel recipiente destinato a riceverlo. Bisogna lasciar fluire attraverso alle valvole od ai rubinetti un sufficiente quantitativo di olio per essere sicuri che il campione non contenga porzioni di olio che erano trattenute nel rubinetto o nella valvola di scarico. Per questo, la valvola ed il tubo di scarico devono essere di dimensioni tali da dare un getto di olio uniforme e da evitare qualsiasi ostruzione della condotta da parte degli eventuali depositi.

## CAPITOLO IV.

## PRESCRIZIONE PER GLI OLII.

Le seguenti prescrizioni valgono per olii nuovi come provengono dalle Raffinerie (1).

### Caratteristiche fisiche.

**401.** *Caratteri organolettici.* — L'olio deve essere limpido e di colore chiaro.

**402.** *Impurità.* — L'olio non deve contenere materiali in sospensione (polvere, fibre, sabbia, ruggine, ecc.).

**403.** *Umidità.* — L'olio, come proviene dalle Raffinerie, deve essere praticamente esente da umidità.

**404.** *Peso specifico a* 15°C — Deve essere compreso fra 0,85 e 0,92 (2).

**405.** *Viscosità a* 20°C — Massimo 8° Engler (Vk = 60,8).
» » 50°C — » 2°,5 » (Vk = 16,6).
» » 75°C — » 1°,5 » (Vk = 6,3) (3).

**406.** *Scorrevolezza a bassa temperatura.*

*a*) Per olii destinati ad apparecchi da installare all'interno: a 0°C massimo 4 secondi; a —5°C massimo 12 secondi.

*b*) Per olii destinati ad apparecchi da installare all'aperto: a —5°C massimo 6 secondi; a —20°C massimo 18 secondi.

**407.** *Temperatura d'infiammabilità* (Pensky-Martens). — Minimo 140°C.

**408.** *Rigidità dielettrica.* — Durante gli ultimi cinque minuti della prova di cui al n. 507, non si dovrà verificare nessuna scarica e non si dovrà percepire nessun rumore.

### Caratteristiche chimiche.

**409.** *Acidità ed alcalinità inorganica.* — L'olio deve essere esente da acidi e da alcali inorganici.

**410.** *Acidità organica.* — Massimo 0,05 % (espressa in acido oleico).

---

(1) Alcuni membri del Sottocomitato avevano proposto dei valori massimi di acidità e depositi anche per gli olii nuovi già trattati nei trasformatori e pronti per l'uso. Dopo lunga discussione il Sottocomitato, dopo aver constatato che mancano allo stato attuale dei dati sperimentali attendibili per stabilire tali valori, ha deciso di soprassedere a qualsiasi prescrizione al riguardo in attesa che i Costruttori dei trasformatori si procurino tali elementi.

(2) Sono da preferire gli olii a peso specifico basso.

(3) La viscosità cinematica Vk è la viscosità assoluta divisa per il peso specifico dell'olio. La viscosità assoluta viene espressa in centipoises.

**411.** *Asfalto e resine.* — L'olio deve essere esente da asfalto e da resine.

**412.** *Zolfo.* — Massimo 0,25 %. L'olio non deve contenere zolfo atto ad annerire il rame secondo quanto è detto al n. 513.

**413.** *Ceneri.* — Traccie.

**414.** *Indice di alterabilità.* — Al termine della prova di cui al n. 515:

*a*) il deposito non dovrà superare il 0,5 per mille;

*b*) l'acidità (espressa in acido oleico) non dovrà superare il limite massimo di 0,25 %.

**415** (facoltativo). *Tendenza ad alterare il cotone* (1). — Al termine del trattamento di cui al n. 516, il cotone dovrà avere una resistenza alla trazione non inferiore al 60 % di quella che lo stesso cotone imbevuto d'olio aveva prima del trattamento.

## CAPITOLO V.

### METODI DI CONTROLLO (2).

**501.** *Colore.* — Si osserverà contro luce l'olio contenuto in un tubo da saggio di 15 mm di diametro interno. L'olio dovrà apparire chiaro e limpido. Lievi torbidezze potrebbero provenire da umidità o da paraffina. Riscaldando il tubo, le impurità dovute alle paraffine scompariranno a 45°÷50°C, quelle dovute alla umidità a 100°C.

**502.** *Impurità in sospensione.* — Si sciolgono 5 gr di olio in 100 cmc di benzolo caldo e si filtra la soluzione attraverso un filtro Schleicher e Schüll N. 589, nastro bianco, previamente essicato in stufa a 110°C e tarato. La filtrazione si fa usando un imbuto riscaldato. Prima di prelevare il quantitativo destinato alla prova si dovrà agitare energicamente il campione. Finita la filtrazione e lavato bene il filtro, sempre con benzolo caldo, si secca il filtro, in stufa a 110°C e quindi lo si lascia raffreddare in un essicatore a cloruro di calcio; dopo di che si pesa il residuo.

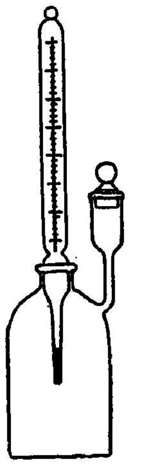


Fig. 4. Picnometro.

**503.** *Peso specifico.* — Per questa determinazione si farà uso del picnometro, il quale è costituito da un'ampollina di vetro a tappo smerigliato con una marca di taratura per acqua a 15°C. Si riempie il picnometro fino alla marca e poi si pesa tenendo nota della temperatura.

La differenza tra il peso del recipiente pieno e quello vuoto, divisa per il peso dell'acqua del picnometro a 15°C, dà il peso specifico dell'olio in esame.

Se la temperatura alla quale viene fatta la determinazione è diversa dai 15°C, si farà la correzione usando il coefficiente 0,0007 (valevole per olii di peso specifico compreso fra 0,85 e 0,92).

**504.** *Viscosità.* — Serve il viscosimetro di Engler, costituito (vedi fig. 5) da due caldaie metalliche poste l'una dentro l'altra. La caldaia interna ha sul fondo un foro, che viene chiuso da una spina di legno.

Nella caldaia interna si mette l'olio, mentre l'esterna serve a contenere l'acqua necessaria per il riscaldamento. L'apparecchio poggia sopra un treppiedi, che contiene il dispositivo per il riscaldamento. Sotto il treppiedi si trova un matraccio tarato per 200 cmc. Si versano 240 cmc d'olio nella caldaietta, e si riscalda quindi il bagno finchè il termometro immerso nell'olio segna la temperatura voluta. Dopo che la temperatura sarà rimasta costante per alcuni minuti, si apre la valvola e si conta, con un contasecondi, il tempo necessario per empire il matraccio fino al segno corrispondente a 200 cmc.

Il tempo impiegato dall'olio, diviso per quello necessario per il passaggio del medesimo quantitativo di acqua a 20°C, dà il grado di viscosità.

Per avere risultati esatti è necessario che la temperatura del bagno esterno dell'apparecchio sia molto prossima a quella dell'olio in prova (differenza da 0°,5 a 1°C).

Per ogni campione di olio si eseguiranno tre prove: i tempi risultanti non dovranno differire l'uno dall'altro più del 5 %.

**505.** *Scorrevolezza a bassa temperatura.* — Serve l'apparecchio rappresentato nella fig. 6, di cui la parte fondamentale è costituita da un tubo di vetro ad U le cui dimensioni in mm risultano dalla fig. 7.

Il bicchiere 1, contenente dell'acqua, porta un sifone 2 che termina in basso in una bottiglia di Woulf 3. Dato il dislivello tra il bicchiere e la bottiglia, l'acqua, zampillando dal sifone, eserciterà una certa pressione nella bottiglia stessa. Questa pressione viene misurata mediante un manometro 4

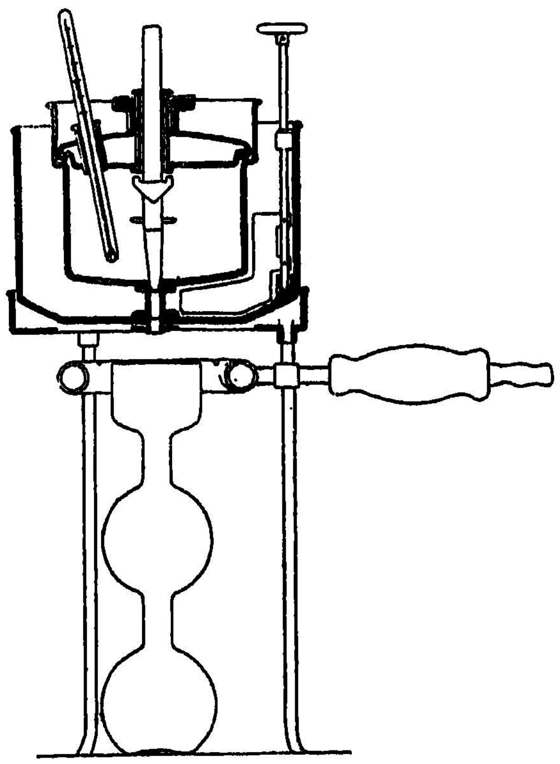


Fig. 5. - Viscosimetro Engler.

e viene trasmessa all'olio in prova mediante un tubo munito di un rubinetto a tre vie 5. Il pallone 6, soprastante al bicchiere, serve a mantenere costante il livello dell'acqua nel bicchiere stesso e quindi a mantenere costante la pressione. L'apparecchio è munito anche di un rubinetto di scarico.

Per la determinazione si regola il dislivello tra il bicchiere e la bottiglia in modo da leggere sul manometro una pressione esatta di 100 mm di acqua.

L'olio da esaminare viene mantenuto per mezz'ora nel suo recipiente originale o in un tubo da saggio ben tappato alla

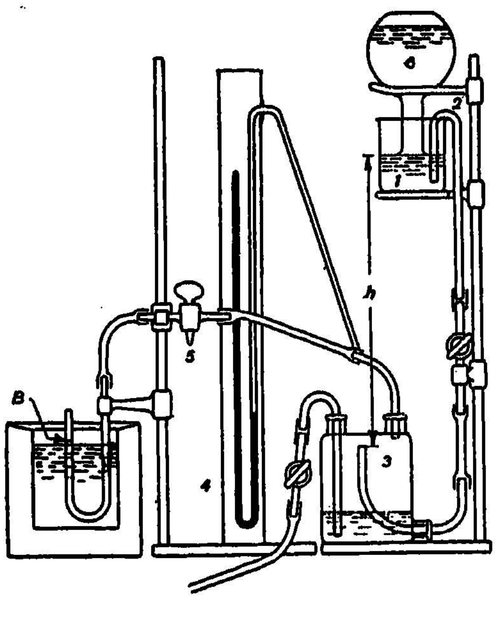


Fig. 6.

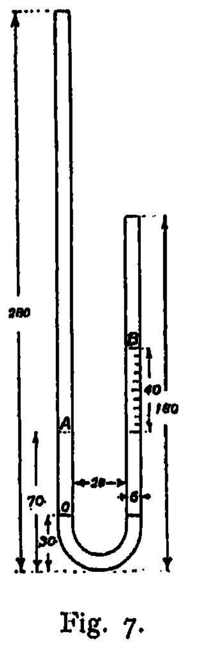


Fig. 7.

temperatura di 20°C e poi versato mediante una pipetta sottile nel tubo ad U in modo che arrivi al segno A. È necessario mantenere l'olio a 20°C prima della determinazione, per mettere tutti gli olii nelle stesse condizioni di prova; solo in tal modo si può trascurare la contrazione dell'olio dovuta al raffreddamento.

Caricato il tubo ad U, lo si immerge nella miscela frigorifera, assicurandolo ad un morsetto e lasciandolo in riposo esattamente per mezz'ora. È importantissimo che il tubo ad U non venga mosso durante il raffreddamento. Il segno B dovrà sporgere leggermente dalla miscela frigorifera.

Trascorsa la mezz'ora si controlla a vuoto la pressione, poi si apre rapidamente il rubinetto a tre vie, immettendo la pressione nel tubo ad U e mettendo contemporaneamente in movimento un cronometro.

Per azione della pressione, l'olio sale nel tubo ed il tempo in secondi che impiega per raggiungere il segno B, ossia per

---

(1) Questa prescrizione non riguarda l'olio destinato ad apparecchi, in cui gli isolanti siano rivestiti di lacche inattaccabili dagli acidi che si possono produrre negli olii.

(2) Per le analisi chimiche quantitative è opportuno rivolgersi ad un Laboratorio Chimico fornito dei mezzi necessari.

percorrere i 40 mm, dà il giudizio sulla scorrevolezza dell'olio alla temperatura di prova.

Finita la determinazione si mette l'olio in comunicazione colla pressione atmosferica e si attende 10 minuti prima di ripetere la prova.

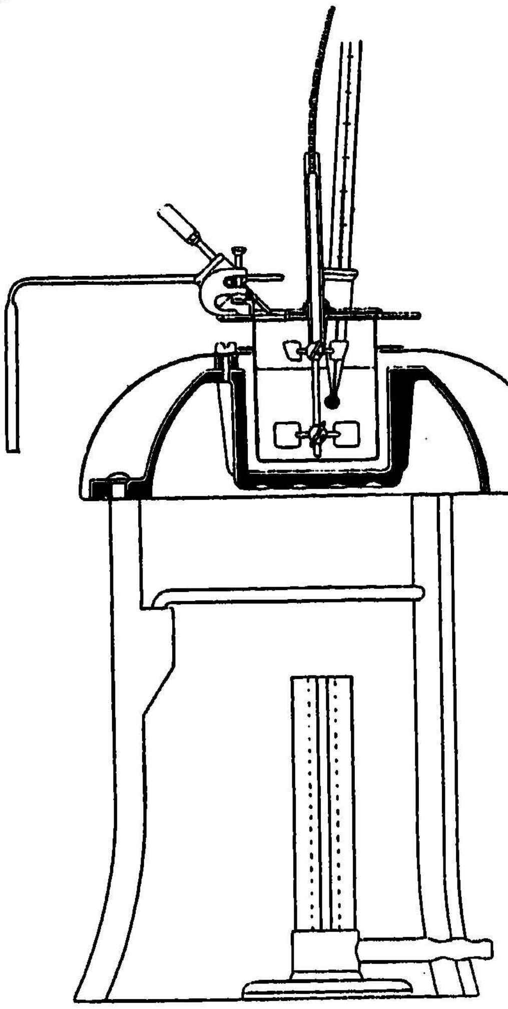


Fig. 8. - Apparecchio Pensky-Martens.

Per ogni campione di olio si eseguiranno tre prove: i tempi risultanti non dovranno differire l'uno dall'altro più del 5 %.

**506.** *Temperatura di infiammabilità.* — Si ricorre all'apparecchio Pensky-Martens (fig. 8). L'olio viene riscaldato in vaso chiuso, e agitato con dispositivo speciale. Di quando in quando, mediante apposita leva, si apre un foro predisposto nel coperchio e da esso si introduce per la durata di 2'' una fiammella di ignizione, che non deve essere più lunga di 2 ÷ 3 mm. Verso la fine della determinazione la fiammella va introdotta nel recipiente per ogni grado d'innalzamento della temperatura.

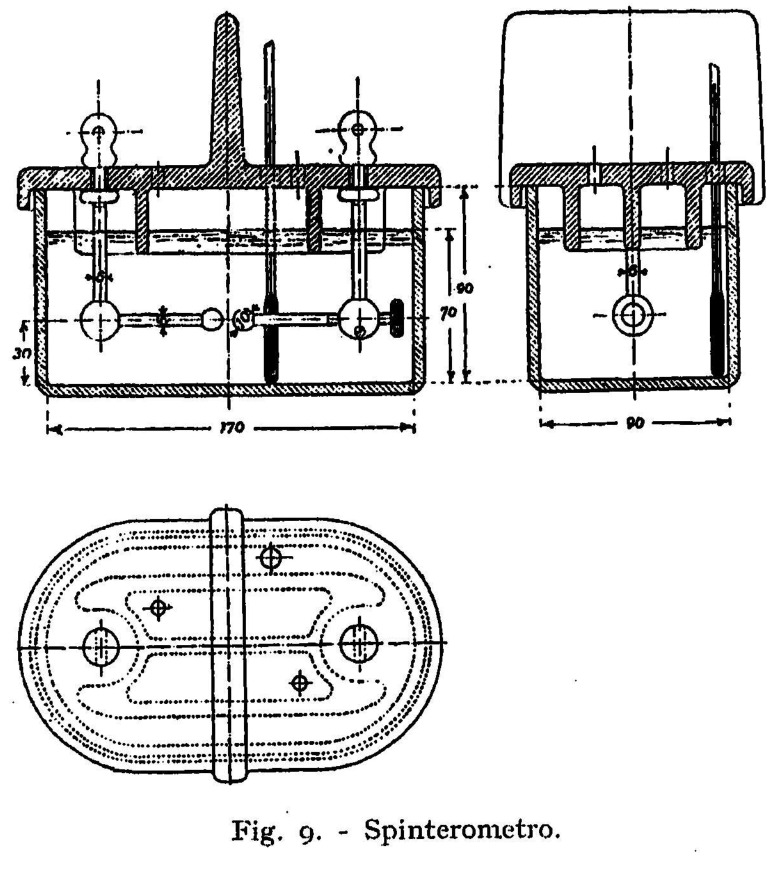



Fig. 9. - Spinterometro.

Il punto di infiammabilità è dato da subito bagliore che si propaga dalla fiammella di ignizione a tutta la superficie dell'olio.

**507.** *Rigidità dielettrica.* — È consigliabile usare una vaschetta di vetro come rappresentata nella fig. 9 contenente lo spinterometro, costituito da due sferette di ottone di 10 mm di diametro, fissate alla distanza di 5 mm.

Prima della prova l'olio (circa un litro) dovrà essere essiccato con sei ore di riscaldamento a 110° C; indi sarà filtrato con ordinaria carta da filtro previamente essicata e lasciato raffreddare a temperatura di qualche grado superiore all'ambiente.

Dopo aver accuratamente pulito e risciacquato con lo stesso olio da provare, vaschetta e sfere, si verseranno lentamente nella vaschetta circa tre quarti di litro d'olio e si lascierà il tutto in riposo per circa 10 minuti prima di applicare agli elettrodi la tensione di prova. Questa dovrà essere alternata, di frequenza industriale, di forma praticamente sinusoidale, e dovrà essere regolata o con regolatore ad induzione, oppure agendo direttamente sulla eccitazione dell'alternatore. La misura della tensione si eseguirà con un buon voltmetro sul primario o sul secondario del trasformatore elevatore; ma si dovrà una volta tanto eseguire un controllo con uno spinterometro a sfere sull'alta tensione, col quale si viene a tener conto tanto della caduta di tensione nel trasformatore, quanto della eventuale deformazione della curva di tensione (1). Il trasformatore di prova deve poter raggiungere una tensione di almeno 50 kV, e la sua potenza non deve essere inferiore a 400 VA. Qualora si impieghi un trasformatore di potenza notevolmente superiore, la corrente di corto circuito sull'alta tensione dovrà essere limitata a circa 0,5 A mediante resistenze liquide o metalliche sull'alta tensione stessa. La tensione applicata allo spinterometro verrà portata al valore efficace di 30 kV in ragione di 1 kV per secondo circa. Questo valore dovrà essere mantenuto per la durata di mezz'ora. Durante gli ultimi cinque minuti della prova non si dovrà verificare nessuna scarica e non si dovrà percepire nessun rumore.

**508.** *Acidità inorganica.* — Si verificherà mescolando 10 gr d'olio con 100 cmc di acqua distillata e riscaldando la miscela dopo averla convenientemente agitata. Lasciata riposare la miscela, quando i due liquidi saranno separati, si estrarranno 30 cmc di acqua, nella quale si verseranno alcune goccie di una soluzione di arancio di metile (0,3 gr di arancio di metile in 1000 cmc di acqua distillata).

In presenza di acidi l'arancio di metile diventa rosso.

**509.** *Alcalinità.* — Si verificherà come al n. 508; soltanto, invece di aggiungere l'arancio di metile, si aggiungeranno alcune goccie di fenolftaleina (soluzione alcoolica 1 per cento).

In presenza di alcali si avrà un'intensa colorazione rosso-violacea.

**510.** *Acidità organica.* — Si determina come segue:

In un cilindro di vetro graduato di 100 cmc, previamente neutralizzato, si versano 10 gr di olio e 90 cmc di una miscela formata di due parti di benzolo ed una parte di alcool etilico al 95 %, pure previamente neutralizzata con soda caustica decinormale, fino ad ottenere un colore rosso-vino, usando come indicatore alcune goccie di una soluzione alcoolica al 2 % di bleu alcalino 6 B. Si aggiungono allora 2 cmc della soluzione di bleu alcalino suddetta, si agita sino a che l'olio si è disciolto completamente e si titola con una soluzione decinormale di soda caustica fino ad ottenere la colorazione rosso-vino.

Si moltiplicano per 0,282 i cmc di soda caustica $\frac{N}{10}$ usati, esprimendo così direttamente l'acidità in per cento di acido oleico.

**511.** *Asfalto.* — La determinazione si fa nel modo seguente: 2 gr di olio vengono disciolti in 80 cmc di benzina normale. Si lascia a riposo per 16 ore, poi si filtra attraverso un filtro Schleicher e Schüll N. 589, con nastro bianco e del diametro di mm 90, previamente essicato a 110°C e tarato in pesa filtro; si lava con benzina normale fino a che essa passa perfettamente incolore. L'insolubile, essiccato a 110°C, sarà considerato come asfalto duro.

**512.** *Resina.* — Si determina qualitativamente mescolando 10 cmc di olio con 10 cmc di alcool al 70 %. Si passa la miscela attraverso un filtro imbevuto di alcool e si riscalda in capsula di porcellana fino all'evaporazione a secco. Eventuali residui avranno una consistenza resinosa. Questi verranno sciolti in 1 cmc di anidride acetica. Vi si aggiungerà poi una goccia di acido solforico del peso specifico di 1,35. In presenza di resina il liquido prenderà un colore violetto, che però dopo poco tempo diventerà bruno.

---

(1) Tale controllo è indispensabile ogni qualvolta si cambi la sorgente di f. e. m. impiegata.

**513.** *Zolfo.*

a) *Determinazione qualitativa*: una lastra di rame brillante, immersa nell'olio a 85°÷90°C circa, deve rimanere lucida e pulita anche dopo 20 ore di immersione.

b) *Determinazione quantitativa*: si determina mediante la bomba Mahler. Si bruciano a tal fine 0,8÷1 gr dell'olio da esaminare nella bomba Mahler alla pressione di circa 25 atmosfere di ossigeno.

Dopo raffreddamento si fanno passare i gas di combustione attraverso una soluzione di acqua ossigenata al 3 %.

Terminata questa operazione si apre la bomba e la si lava quantitativamente con acqua distillata calda, raccogliendo il liquido attraverso un filtro. Dopo aver fatto bollire la soluzione per un quarto d'ora si acidifica leggermente con acido cloridrico concentrato e si precipita l'acido solforico con cloruro di bario. Si fa bollire per altri 20 minuti circa e si lascia a riposo per circa 10 ore, si filtra attraverso un filtro Schleicher e Schüll N. 589, con nastro bleu e del diametro di mm 110. Dopo aver lavato bene con acqua distillata calda si calcina in una muffola fino a colore rosso scuro. Dopo raffreddamento in essiccatoio si pesa il solfato di bario, si moltiplica per il coefficiente 0,1373 e si divide per il peso dell'olio impiegato: si ottiene così il contenuto in zolfo in per cento.

**514.** *Ceneri.* — Si pesano 20 gr circa di olio in una capsula tarata e previamente arroventata. Si pone la capsula su un cartone d'amianto munito di un foro corrispondente al fondo della capsula e si riscalda mediante una piccola fiamma in modo che l'olio distilli senza infiammarsi e senza uscire dai bordi della capsula. Quando tutto l'olio è distillato si riscalda a forte fiamma su un triangolo di porcellana fino a quando tutto il carbone è bruciato.

Se questa operazione va troppo lenta, si tratta il residuo, dopo raffreddamento, con una soluzione concentrata di nitrato ammonico (che deve essere chimicamente puro, privo di ceneri) e si essica in stufa a 110°C. Si scalda allora il residuo con cautela e, dopo aver scacciato il sale d'ammonio, con fortissima fiamma. Si pesa dopo raffreddamento in essiccatore.

Se dopo che l'olio è distillato, si nota una forte quantità di alcali nella cenere (ciò che è indicato facilmente da un residuo fuso caratteristico), si lascia raffreddare la capsula prima di calcinare a forte fiamma. Il residuo carbonioso viene estratto con acqua distillata bollente; si passa la soluzione quantitativamente attraverso un filtro privo di cenere e si lava. Si essica la capsula col filtro, si incenerisce e si calcina fortemente come si è detto sopra. Dopo raffreddamento si porta la soluzione di alcali nella capsula, si tira a secco a 105° e si essica fino a costanza di peso.

**515.** *Prova di alterabilità.*

a) *Depositi*: Per determinare la tendenza a formare depositi si pesano 40 gr di olio in una provetta di vetro neutro di Jena, avente un diametro interno di mm 22 ed un'altezza di mm 200, contenente 2 gr di rete di rame elettrolitico brillante a 400 maglie per cmq, tagliata in forma di quadrato e avvolta a cilindro. La provetta porta all'altezza di 122 mm una marca ed è contrassegnata con le lettere f. « L.O.M. ».

Si riscalda l'olio senza interruzione per 300 ore a 110°C in un termostato Heraeus con le dimensioni interne in mm di 250, 250, 260. La temperatura viene misurata con un termometro, il quale abbia il bulbo a circa 55 mm dal fondo su cui poggiano le provette con l'olio in esame.

Terminato il riscaldamento, si filtra l'olio ancora caldo attraverso un filtro Schleicher e Schull N. 589, con nastro bianco e del diametro di 90 mm. Il filtro viene previamente essicato in un pesa-filtri a 110°C e pesato dopo 15 minuti di raffreddamento. Si deve aver cura che durante la filtrazione l'olio non si raffreddi al di sotto di 80°C, usando perciò un imbuto riscaldato.

Finita la filtrazione si mette da parte l'olio filtrato (sul quale si determinerà l'acidità) e si lava il filtro con benzina normale fino a quando essa passa incolore. Fatto ciò si essica il filtro a 110°C e quindi lo si lascia raffreddare per 15 minuti in essiccatoio a cloruro di calcio e si pesa.

Una piccola parte del residuo rimane nella provetta e sulla rete; si lava perciò la provetta accuratamente prima con benzina normale e poi con benzolo caldo, si versa detto benzolo in una bevuta tarata, si scaccia il solvente, si secca e si pesa. Si aggiunge il risultato al peso del residuo trovato sul filtro e si moltiplica il peso totale per 25; in tal modo si esprime la quantità di depositi per mille.

b) *Acidità*: Si determina sull'olio filtrato, dopo raffreddamento a temperatura ambiente ed entro 6 ore dalla filtrazione. Si agita energicamente l'olio per renderlo omogeneo e se ne pesano 10 gr in un cilindro graduato di 100 cmc e si procede in modo identico a quanto è detto al paragrafo 510.

**516.** *Tendenza ad alterare il cotone.* — Si preparano due bacchette di vetro su ciascuna delle quali viene avvolto una matassina formata di 10 m di filo di cotone greggio (titolo 92/2, 90÷100 giri per 10 cm).

Una di queste bacchette viene immersa nell'olio da provare, dopo di che si misurerà la resistenza alla trazione del filo di cotone, per cui vale la media di 15 prove.

L'altra bacchetta verrà invece immersa in 40 gr di olio contenuti in una provetta di vetro neutro di Jena, avente il diametro interno di mm 22 ed un'altezza di mm 200, contenente 2 gr di rete di rame elettrolitico brillante a 400 maglie per cmq tagliata in forma di quadrato e avvolta a cilindro, come per la prova di cui al n. 515.

Il filo di cotone non deve venire a contatto con la reticella di rame e deve essere tutto immerso nell'olio.

Dopo 300 ore di riscaldamento a 110°C si misurerà la resistenza alla trazione del filo di cotone così trattato, prendendo la media di almeno 15 prove.

(L'olio di questa prova non dovrà servire nè per la determinazione dell'acidità, nè per quella dei depositi).

La diminuzione di resistenza meccanica, in confronto alle prove eseguite sul cotone imbevuto di olio nuovo, darà la valutazione della tendenza dell'olio ad alterare i materiali isolanti.

## CAPITOLO VI.

## RACCOMANDAZIONI PER L'ESERCIZIO DI APPARECCHI CONTENENTI OLIO.

### Trattamento degli olii prima della messa in servizio.

**601.** L'olio, prima di essere usato in qualsiasi apparecchio elettrico, deve essere convenientemente essiccato e filtrato per eliminarne completamente l'umidità e le impurità.

**602.** I trasformatori che siano stati per lungo tempo in un ambiente umido, o pei quali l'olio sia stato fornito separatamente, devono essere asciugati mediante opportuno trattamento. Per abbreviare il processo di disidratazione è consigliabile verificare se in fondo alla cassa ci sia dell'acqua, che si farà scolare.

**603.** *Riscaldamento mediante resistenze metalliche.* — Uno dei sistemi pratici per tale operazione è quello di eseguire il riscaldamento con energia elettrica, mediante resistenze metalliche disposte al fondo del cassone del trasformatore. Per evitare che un riscaldamento eccessivo del metallo possa deteriorare l'olio, le resistenze saranno calcolate in modo che la corrente non superi il valore indicato dalle seguenti formule:

per i fili $I \leqq 50 \sqrt{\frac{d^3}{\rho}}$

per i nastri $I \leqq 30 \sqrt{\frac{s\,p}{\rho}}$

$I$ = corrente in Ampère;
$d$ = diametro del filo in mm;
$s$ = sezione della piattina o nastro in mmq;
$p$ = perimetro della piattina in mm;
$\rho$ = restività del metallo costituente la resistenza in micro-ohm-cm (a caldo). Come materiale è da preferire l'argentana e leghe analoghe.

L'energia necessaria al riscaldamento potrà venire ridotta, avvolgendo attorno alla cassa del materiale coibente che eviti

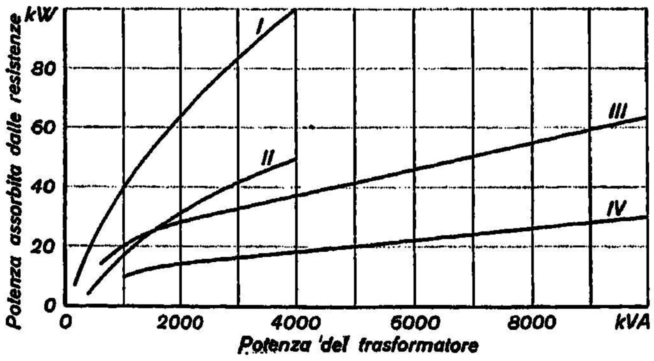



Fig. 10.

il disperdimento del calore; nei trasformatori a raffreddamento artificiale verrà sospesa naturalmente la circolazione del mezzo raffreddante durante questa operazione. La fig. 10 indica la potenza necessaria per questo riscaldamento, in relazione alla potenza dei trasformatori, e precisamente:

curve I e II per trasformatori in olio con raffreddamento naturale, cassa *senza* e rispettivamente *con* opportuna protezione con materiale coibente;

curve III e IV per trasformatori in olio con raffreddamento ad acqua, cassa *senza* e rispettivamente *con* opportuna protezione con materiale coibente.

La temperatura dell'olio, misurata mediante un termometro collocato 20 cm sotto la superficie, verrà mantenuta intorno a 110°C, senza mai superarli. Si troncherà il processo quando non si noterà più alla superficie alcuna traccia di ebollizione. A riscaldamento ultimato sarà opportuno eseguire un controllo della rigidità dielettrica, su campioni prelevati sia appena cessato il riscaldamento, sia successivamente a distanza di alcune ore. Sarà anche opportuno, se possibile, eseguire un controllo dell'acidità dell'olio.

Il riscaldamento è più efficace se eseguito in autoclave in cui sia fatto il vuoto. In tal caso la temperatura potrà essere ridotta in relazione al grado di vuoto raggiunto (bastano 10°C circa di più della temperatura di ebollizione dell'acqua nelle condizioni di vuoto raggiunto).

*Nota.* — Una verifica quantitativa del grado di disidratazione raggiunto può essere fatta mescolando in una provetta una piccola quantità di olio con solfato di rame anidro in polvere; questo diventa azzurro in presenza anche solo di traccie d'umidità.

**604.** *Riscaldamento dei trasformatori fuori olio.* — Se le circostanze lo permettono, è conveniente in generale far precedere il riscaldamento di cui sopra da altro preliminare da compiersi col trasformatore fuori olio. Poichè in qualche caso si può produrre una pericolosa ossidazione di residui di olio, è consigliabile interpellare in proposito la Casa costruttrice.

Tale operazione si può eseguire entro una stufa con circolazione d'aria calda. La potenza occorrente al riscaldamento di questa, è press'a poco eguale alla potenza di corto circuito del trasformatore, quale si può calcolare in base ai dati indicati sulla targa caratteristica. Per grossi trasformatori (ad esempio oltre i 5000 kVA) basta una potenza minore. Le resistenze elettriche, destinate a consumare l'energia anzidetta, vengono collocate nel canale di ammissione dell'aria e la circolazione di questa viene regolata in modo opportuno.

Quando si dispone di una tensione adatta, si può riscaldare il trasformatore in corto circuito con una corrente di valore conveniente (circa metà od un terzo del valore normale). Il riscaldamento dell'avvolgimento si fa lentamente, aumentando per gradi la corrente, in modo che la temperatura dopo 12 ore raggiunga i 40°C, dopo 48 ore i 90°C circa. Quest'ultima temperatura resta costante durante tutto il processo. Si raccomanda di determinare la temperatura col metodo dell'aumento della resistenza degli avvolgimenti e di controllarla mediante termometro. Anche qui l'impiego di un autoclave a rarefazione aumenta l'efficacia del processo e permette di ridurre sensibilmente la temperatura (di regola da 10°÷15°C più della temperatura del vapore acqueo, corrispondente alla pressione, cioè al grado di vuoto dell'autoclave).

Tale processo ha una durata da 2 a 4 giorni: quindi il trasformatore viene collocato nella propria cassa ripiena d'olio, preventivamente asciugato, ed il tutto trattato come è detto nel numero precedente.

**605.** Il riscaldamento del trasformatore può essere fatto, quando sia possibile, mediante circolazione dell'olio in adatti apparecchi riscaldatori esterni. Questo procedimento ha il vantaggio rispetto a quello del n. 603, di rendere più rapida l'eliminazione dell'umidità contenuta nel trasformatore per effetto dell'attiva circolazione dell'olio e ridurre il pericolo di carbonizzazione dell'olio per effetto dell'eccessivo riscaldamento delle resistenze.

### Verifica dell'olio dei trasformatori ed interruttori durante l'esercizio.

**606.** Durante l'esercizio, le proprietà dell'olio possono alterarsi, sia per la formazione di depositi, sia per assorbimento di umidità o per infiltrazione di acqua. Perciò l'olio deve essere sottoposto ad un controllo periodico.

Ogni sei mesi circa si dovranno togliere dal trasformatore due campioni d'olio, uno preso al fondo, l'altro alla superficie. I due campioni, senza asciugarli nè filtrarli, saranno sottoposti alla prova di rigidità dielettrica, come al n. 507. Solo la tensione applicata agli elettrodi verrà gradualmente aumentata fino a produrre la scarica continua. Inoltre verrà accuratamente determinata l'acidità come al n. 510. È raccomandata la massima cura nella pulizia e nell'asciugamento della vaschetta e delle sfere dello spinterometro. Data la possibilità che nell'olio si trovino materiali in sospensione, può accadere che si verifichino scariche a tensione minore di quella che provoca la scarica continua. In tal caso si assume, pel giudizio del campione, la media delle tre tensioni che hanno provocato le tre prime scariche. Si può ancora ritenere adoperabile, per trasformatori ad alta tensione, un olio la cui tensione di scarica risulti uguale o maggiore di 30 000 V (per 5 mm di distanza delle sfere). Al disotto di tale limite occorre essiccare l'olio coi metodi già indicati.

Durante l'essiccamento dell'olio, la prova allo spinterometro indica in ogni momento a quale punto sia giunta l'operazione e quando convenga troncarla.

Le provette d'olio, prelevato sistematicamente come sopra è indicato, saranno contraddistinte con numero progressivo e data, e disposte in ordine cronologico. L'accurata ispezione indicherà lo stato dell'olio e rivelerà l'eventuale inizio di alterazioni pericolose.

**607.** Per prevenire infiltrazioni di acqua nell'olio dei trasformatori con raffreddamento ad acqua, si raccomanda di controllare almeno una volta all'anno la tenuta dei refrigeranti, provandoli in modo conveniente con una pressione pari al doppio almeno di quella normale di esercizio, ed in ogni caso non minore di 2 atmosfere. In occasione della prova di rigidità dielettrica dell'olio se ne controlleranno le proprietà, quali il colore, la viscosità e l'acidità. Eventuali alterazioni di queste proprietà in confronto di quelle del campione tipo (il quale dovrà essere prelevato a trasformatore nuovo, cioè prima della sua regolare messa in servizio) saranno un indice dell'eventuale formazione dei depositi. Se l'alterazione fosse notevole, converrà sollevare il trasformatore dall'olio e verificare se esistano sullo stesso traccie dei depositi in discorso. In tal caso converrà filtrare l'olio, e se il deposito è notevole lavare il trasformatore. Servono egregiamente a questo scopo i filtri a pressione con carta assorbente e le centrifughe. La filtratura e la centrifugazione sono più efficaci se eseguite a temperatura non superiore a 20°÷30°C. La filtratura con olio molto caldo non elimina completamente l'umidità e la centrifugazione ad alta temperatura può ossidare l'olio.

È consigliabile ad ogni modo di filtrare l'olio dei trasformatori di grande potenza (ad es. oltre 2000 kVA) una volta all'anno.

Se l'acidità organica dell'olio, filtrato a freddo, risulta superiore a 1 ÷ 1,5%, è consigliabile ricambiare l'olio, soprattutto se la temperatura di regime normale del trasformatore è piuttosto elevata (superiore a 60°). Procedendo alla sostituzione dell'olio si dovrà liberare anzitutto ogni parte del trasformatore dai depositi in discorso. Poi si laveranno gli avvolgimenti con petrolio e quindi con un getto di olio caldo a 50°÷60° e non più, onde non deteriorare l'isolamento. Il pacco lamellare, la cassa, i tubi per refrigerante, ecc., potranno essere puliti con strofinacci o spazzole.

**608.** Converrà infine sottoporre l'olio ai controlli suddetti dopo periodi di sovraccarichi eccezionali dei trasformatori, ovvero di funzionamento in condizioni di raffreddamento deficiente.

**609.** L'olio degli interruttori dovrà essere filtrato ogni qualvolta si verifichino dei depositi. Alcune qualità di olio producono, durante la formazione degli archi di apertura degli interruttori, dei depositi carboniosi i quali assumono talora la forma di fiocchi nerastri, che galleggiano alla superficie e si depositano anche sulle parti sovrastanti. Questi olii dovranno allora essere filtrati o centrifugati; in tale occasione si dovranno pulire con cura tutte le parti interne degli interruttori, per liberarle dai depositi in discorso, e determinare l'acidità dell'olio.

L'olio degli interruttori dovrà essere verificato periodicamente almeno una volta all'anno per verificare la rigidità dielettrica e la formazione di depositi o parti carboniose.

**610.** I serbatoi metallici destinati alla raccolta dell'olio devono avere la superficie interna, a contatto con l'olio, non verniciata e senza traccie di ruggine.

# Norme per l'esecuzione e l'esercizio degli impianti elettrici

*Il Sottocomitato Norme Impianti del C. E. I. ha portato a termine il lavoro di revisione delle « Norme per l'esecuzione e l'esercizio degli impianti elettrici » in vigore dal 1° novembre 1929.*

*A termini dell'art.* 10 *dello Statuto del Comitato Elettrotecnico Italiano, pubblichiamo qui appresso il nuovo testo proposto, ricordando che le eventuali osservazioni e proposte di modifiche dei Soci tecnologici dovranno essere trasmesse alla Presidenza del C. E. I. entro tre mesi dalla data di pubblicazione.*

PREMESSA

*Nessuna norma, per quanto sapiente, può garantire l'immunità delle persone e delle cose contro i pericoli dell'energia elettrica. Essa può solamente diminuire* le occasioni *del pericolo, così e come le norme igieniche diminuiscono, non eliminano, le* probabilità *delle malattie.*

*Per quanto tassative esse risultino, le disposizioni contenute in queste norme devono quindi essere intese in senso relativo, nè deve credersi che la loro rigorosa applicazione basti ad impedire in modo assoluto il determinarsi o il manifestarsi di date condizioni o di dati fenomeni.*

## CAPITOLO I.

### 1. - Oggetto e portata delle Norme.

**1101.** Le presenti **Norme** sono applicabili alle installazioni elettriche aventi per oggetto, insieme o separatamente, la produzione, la trasformazione, il trasporto dell'energia elettrica, e la sua utilizzazione a scopo di luce riscaldamento e forza motrice.

Esse non contemplano le norme di esecuzione delle parti speciali dei seguenti impianti: miniere, apparecchi elettrochimici, trazione elettrica, su autoveicoli, telegrafia, telefonia, segnalazioni, laboratori elettrotecnici, sale di prova.

Gli impianti elettrici dei teatri, cinematografi e locali di spettacolo in genere devono rispondere anche alle speciali norme riportate in appendice (1). Per gli impianti a bordo delle navi si devono seguire le norme apposite.

Le norme si applicano integralmente ai nuovi impianti ed alla trasformazione completa delle installazioni esistenti; si devono anche applicare agli ampliamenti, alle trasformazioni parziali e alle riparazioni che non comportano grandi cambiamenti nella parte destinata a rimanere, la quale può continuare a sussistere, purchè non presenti pericoli per le cose e le persone.

Esse non sono applicabili in quei casi in cui leggi o speciali regolamenti impongono Norme più restrittive.

### 2. - Termini e locuzioni particolari usate in queste Norme agli effetti delle Norme stesse.

**1201. Tensione di un sistema** si definisce la più alta delle differenze di potenziale efficaci o continue mantenute fra due qualunque dei conduttori (2).

**1202.** Un impianto elettrico è ritenuto a **bassa tensione** quando la tensione del sistema è inferiore od eguale a 600 V per corrente continua e 300 V efficaci per corrente alternata; in caso contrario è ritenuto ad **alta tensione.**

**1203.** La **corrente normale** di un apparecchio è quella che vi deve poter circolare in modo permanente e senza inconvenienti.

**1204. Officina elettrica** si definisce un locale o gruppo di locali adibito essenzialmente all'esercizio di macchine ed apparati elettrici, e nel quale si trovi in permanenza del personale apposito.

**Cabina elettrica** si denomina invece un locale o gruppo di locali adibito essenzialmente all'esercizio di macchine ed apparati elettrici, ordinariamente chiuso a chiave e privo di sorveglianza permanente.

Gli spazi recinti chiusi a chiave, in quanto siano adibiti a servizi elettrici sono, per le Norme, equiparati alle cabine elettriche, ovunque si trovino.

Sono equiparate alle cabine elettriche anche le installazioni di trasformatori su pali e su piattaforme sorrette da pali.

Le sottostazioni all'aperto sono equiparate alle officine elettriche quando sono permanentemente presidiate ed alle cabine elettriche in caso diverso.

**1205. Quadro** si definisce il complesso degli apparecchi di manovra, di misura, di regolazione, di protezione e simili, nonchè dei collegamenti elettrici fra tali apparecchi, le macchine, i trasformatori e le linee.

**Quadro di manovra** si definisce quella parte speciale del quadro che comprende gli strumenti di misura e segnalazione e gli organi per il comando diretto e indiretto di apparati manovrabili dal quadro.

**Quadro di misura** si definisce quella parte speciale che comprende soltanto gli strumenti di misura ed i loro accessori e collegamenti.

**1206. Linee aeree esterne** si definiscono le linee destinate a trasmettere l'energia elettrica e sopportate da sostegni posti all'aperto.

**1207. Impianto ricevitore** si definisce il complesso delle condutture, degli apparecchi e dei macchinari installati nell'interno degli edifici e spazi annessi, per distribuirvi e utilizzarvi la energia elettrica a scopo di luce, di forza motrice, di riscaldamento, ecc.

**1208. Separatore** è un apparecchio atto ad interrompere in modo direttamente visibile la continuità metallica di un conduttore.

**Interruttore** è un apparecchio atto ad aprire o chiudere un circuito elettrico sotto carico.

**Interruttore multipolare** è un interruttore atto ad interrompere simultaneamente la corrente di tutti i conduttori del sistema.

**1209. Valvola** è un dispositivo provvisto di un tratto conduttore destinato a fondere (fusibile) quando la corrente superi un dato valore, determinando conseguentemente l'interruzione del circuito.

**Valvola multipolare** si definisce, per estensione, un complesso di tante valvole quanti sono i conduttori del sistema, esclusi i conduttori neutri o collegati permanentemente a terra (2109).

**Valvola di tensione** è un dispositivo provvisto di due parti conduttrici separate da un tratto isolante destinato a permettere la scarica disruptiva quando la differenza di tensione fra le due parti conduttrici superi un dato valore, determinando la continuità metallica fra le due parti conduttrici medesime.

---

(1) Le « Norme particolari di costruzione e d'esercizio degli impianti elettrici nei teatri, cinematografi e locali di spettacolo in genere » sono state pubblicate nel numero di maggio 1932 de « L'Energia Elettrica ».

(2) Così per es. in un impianto a tre fili a corrente continua, ed in uno bifase a tre fili, la tensione del sistema è la differenza di potenziale fra i due fili estremi; in un impianto trifase è la differenza di potenziale concatenata tra due qualunque dei tre conduttori di linea, se anche esistesse il conduttore di centro e se anche il centro stesso fosse messo a terra.

**1210. Isolante** è un materiale che offre permanentemente altissima resistenza al passaggio conduttivo e disruttivo della corrente elettrica.

**Isolatore** è un pezzo sagomato di porcellana o di vetro, o di altro isolante incombustibile ed indeformabile, normalmente foggiato in modo da potervi fissare conduttori od accessori.

**1211. Piano isolante** è una struttura a superficie piana non sdrucciolevole destinata ad isolare da terra in modo per quanto possibile sicuro il personale che deve servirsene.

Quando è fisso deve essere così disegnato e, se del caso, completato in modo da impedire al personale di venire accidentalmente a contatto con le parti dell'impianto elettrico isolate da terra e simultaneamente con pareti, oggetti o persone non ugualmente isolate.

**1212. Mettere a terra** un punto in un sistema significa collegare metallicamente quel punto ad uno o più elettrodi di metallo (piastre, tubi ed equivalenti) affondati nel terreno ed in buon contatto con esso.

## CAPITOLO II.

### 1 - Disposizioni generali.

**2101.** Tutte le parti di un impianto elettrico devono essere disposte in guisa da evitare che le scintille o le fiamme o i riscaldamenti, a cui eventualmente dessero luogo, possano ingenerare pericolo di danni alle persone o alle cose.

**2102.** Le parti sotto tensione non rivestite con isolamento sufficiente, e negli impianti ad alta tensione anche quelle rivestite, devono essere protette contro il contatto accidentale delle persone, salvo il disposto dell'art. 2406. L'applicazione di questa regola non è richiesta per tensioni inferiori a 1200 V nelle officine o cabine elettriche e negli stabilimenti industriali nei quali le parti sotto tensione siano accessibili soltanto a personale idoneo.

**2103.** Le parti metalliche, che per difetto di isolamento potrebbero trovarsi sotto tensione, devono negli impianti ad alta tensione essere sempre e dovunque messe a terra collegandole se possibile metallicamente fra di loro. Per i collegamenti a terra si devono usare conduttori di rame di sezione non minore di 20 mm², o di ferro zincato, purchè di sezione equivalente.

**2104.** Si devono prendere le misure più opportune per impedire o rendere innocuo il passaggio o la produzione d'alta tensione nei circuiti a bassa tensione.

A questo scopo possono usarsi sia le valvole o limitatori di tensione, sia dei dispositivi che producano un corto circuito o la interruzione o separazione del circuito pericoloso, sia infine una buona messa a terra di punti appropriati.

**2105.** In ogni impianto o porzione di impianto elettrico i vari conduttori devono presentare, sia fra di loro come verso terra, un appropriato isolamento.

L'isolamento dei singoli circuiti a bassa tensione protetti da valvole, come pure nei singoli tronchi di linea compresi fra due valvole successive, è ordinariamente da ritenersi sufficiente se la corrente di dispersione non supera un milliampère con la tensione $E$ del sistema, ciò che dà un isolamento globale di $1000 \times E\ \Omega$.

Misurando l'isolamento fra polo e polo, devono essere distaccati dal circuito gli apparecchi utilizzatori, ma invece inseriti tutti gli interruttori, i lampadari, le valvole, ecc.

La misura d'isolamento deve possibilmente essere fatta con apparecchi capaci di fornire una tensione continua da 500 a 1000 V.

**2106.** Ogni apparecchio elettrico in genere, strumento di misura, macchina, trasformatore, ecc., deve portare l'indicazione della tensione, della corrente e delle altre eventuali caratteristiche costruttive necessarie per l'uso.

**2107.** È ammesso di far comunicare col suolo una parte del circuito elettrico, ma questo deve essere sempre interamente metallico e, nella parte in contatto con la terra, avere i giunti perfetti e le sezioni non meno grandi di quelle che occorrerebbero in un impianto ben proporzionato ove non vi fosse alcuna comunicazione con la terra.

Devono inoltre osservarsi le cautele atte ad attenuare i danni eventualmente dovuti alle derivazioni a terra (1).

**2108.** Il legno e materiali analoghi sono in genere ammessi come isolanti, purchè per tutte le tensioni siano preparati ed imbibiti in modo da renderli non igroscopici.

Il legno preparato ed imbevuto di sostanze adatte, può servire come isolante per qualsiasi tensione. L'impiego della fibra deve limitarsi alle basse tensioni. Il marmo può essere impiegato direttamente come isolante per tensioni non superiori ai 500 V, l'ardesia ai 300 V, purchè in locali normali di lavoro. In ambienti umidi e dove si svolgono vapori acidi o salini il marmo e l'ardesia non si devono impiegare direttamente come isolanti nemmeno per basse tensioni.

**2109.** Non si devono inserire interruttori unipolari o valvole nè sui conduttori messi a terra nè sui conduttori neutri. L'eccezione è tollerata per l'interruttore (non per la valvola) nelle officine e cabine elettriche.

La norma non si applica alle ramificazioni bipolari di fili isolati derivati dai sistemi con neutro anche se messo a terra.

### 2. - Macchine elettriche, raddrizzatori e trasformatori.

**2201.** Le macchine (generatori, motori, convertitori, ecc.), i raddrizzatori, i trasformatori ed accessori, oltre che soddisfare alla prescrizione dell'art. 2106, devono essere:

*a*) possibilmente montati in luoghi asciutti e ventilati;

*b*) protetti da polveri o fibre o gas infiammabili;

*c*) sufficientemente lontani e convenientemente separati da ogni materiale combustibile;

*d*) muniti di interruttori multipolari largamente proporzionati.

Per i trasformatori in particolare, si devono installare interruttori multipolari oppure valvole tanto sul primario quanto sul secondario, salvo quando il trasformatore sia direttamente connesso col generatore, nel qual caso può bastare l'interruttore sul secondario.

Le disposizioni indicate possono essere applicate anche a gruppi di trasformatori.

La installazione degli interruttori non è necessaria per i riduttori di tensione.

Dove le condizioni *a*), *b*), *c*) non sono attuabili le macchine devono essere del tipo ermeticamente chiuso o dotate di ventilazione mediante aria aspirata ed emessa fuori del locale in cui la macchina si trova.

Nei locali dove possono temersi vere e proprie esplosioni non si possono installare macchine elettriche di nessun tipo.

### 3. - Accumulatori.

**2301.** I locali contenenti accumulatori:

*a*) sono considerati per le Norme come cabine elettriche;

*b*) devono essere ben ventilati ed avere almeno il pavimento inattaccabile dall'elettrolito;

*c*) devono illuminarsi esclusivamente con lampade ad incandescenza protette da involucri a tenuta d'aria. Sulla porta deve essere un avviso che proibisce l'introduzione di lampade a fiamma libera;

*d*) non devono normalmente contenere apparecchi nè macchine di alcun genere, salvo il disposto dell'articolo 2502 *h*).

**2302.** Le batterie di accumulatori devono:

*a*) essere disposte in modo che ogni elemento sia accessibile almeno da una parte e non torni facile toccarne contemporaneamente due, fra i quali esista alla scarica una differenza di potenziale maggiore di 300 V;

*b*) essere isolate dal banco, e questo da terra, mediante isolatori;

*c*) essere munite di piano isolante fisso quando hanno alla scarica una tensione maggiore di 300 V.

### 4. - Quadri.

**2401.** A disposizione del personale di servizio, in ogni officina o cabina elettrica, deve essere permanentemente esposto lo schema fondamentale del quadro dal quale risultino le connessioni e gli apparecchi essenziali, con le indicazioni necessarie a comprenderne la natura e lo scopo.

**2402.** Il quadro deve essere costruito in modo che l'esercizio e la manutenzione possano effettuarsi senza pericolo per il personale.

**2403.** L'incastellatura del quadro deve essere costruita con materiali incombustibili. Se in qualche parte accessoria si può usare il legno, questo deve essere reso ininfiammabile. All'incastellatura si applica l'art. 2103.

**2404.** Quando un quadro comprende sezioni per sistemi o per tensioni diverse, le incastellature e gli apparecchi relativi a ciascuna tensione o sistema si devono disporre o contrassegnare con colori in modo che ne risultino degli aggruppamenti per quanto possibile separati o distinti.

---

(1) Sull'opportunità di sostituire la parola «attenuare» alla parola «evitare» i pareri furono discordi. La Commissione richiama quindi in particolare l'attenzione dei lettori su questo punto.

**2405.** Le connessioni fra i diversi apparecchi del quadro devono soddisfare alle disposizioni generali dell'art. 2102 ed a quelle particolari sui conduttori.

Inoltre devono essere sufficientemente rigide e montate, mediante isolatori opportuni, ad una distanza libera fra di loro e verso terra determinata in base alla tensione del sistema, tenendo conto della corrente di corto circuito e della estensione ed importanza dell'impianto dipendente dal quadro.

Per tensioni fino a 100 kV la distanza libera in cm fra i conduttori nudi non deve essere minore di 8 + 0,8 kV e la distanza libera minima fra conduttori e massa non deve essere minore di 6+0,6 kV (1).

Si devono evitare in ogni caso per le alte tensioni spigoli e gomiti di piccolo raggio.

Le connessioni ausiliarie, cioè quelle a servizio dei relais, apparati di misura, di messa in parallelo e simili, e in genere tutte le condutture a bassa tensione aventi sezioni inferiori a 6 mmq, devono essere rivestite con isolante appropriato e, dove è necessario, protette meccanicamente. Una stessa protezione può contenere anche parecchi conduttori; non è necessario che questi appartengano allo stesso circuito, ma devono appartenere ad uno stesso sistema.

**2406.** I passaggi di servizio dei quadri devono avere una sagoma minima dipendente dalla tensione dei conduttori che li attorniano.

Quando il contatto accidentale delle persone con le parti sotto tensione non sia eliminato mediante ripari di dimensioni e rigidità opportune, si devono ritenere per tensioni fino a 1200 V le seguenti cifre minime: m 0,80 orizzontali per m 2,00 verticali, oppure m 1,40 orizzontali per m 2,00 verticali, a seconda che gli elementi sotto tensione occupino, oltre il soffitto, uno solo oppure i due lati del passaggio. Per tensioni maggiori i minimi indicati vanno aumentati in ragione di 1 cm per ogni migliaio di Volta tanto per le distanze verticali quanto per le orizzontali. Le cifre indicate si riferiscono alle distanze degli elementi sotto tensione fra loro o rispetto alla parete o pavimento prospicienti e si devono ritenere come minimi.

È consentito derogare da questa disposizione quando non sia possibile accedere alle parti in tensione del quadro senza aver prima tolto la tensione al quadro stesso.

**2407.** Il quadro può formare un unico complesso col quadro di manovra, quando la tensione del sistema non è superiore a 10 000 V.

Tale quadro misto può essere costruito senza passaggio posteriore, purchè disposto in modo che nessun corpo estraneo possa venire in contatto con le parti in tensione dietro al quadro, e che in ogni tempo si possano verificare dal davanti e lateralmente le congiunzioni fra conduttori ed apparecchi.

In ogni altro caso il quadro misto deve avere a tergo un passaggio di servizio secondo le norme dell'art. 2406. Per l'alta tensione il quadro misto deve essere circondato da un piano isolante, oppure tutti gli apparecchi, ed in particolare gli strumenti di misura, devono essere sottratti al contatto accidentale o protetti con involucro isolante non infiammabile o con custodie metalliche messe a terra, e le incastellature e il pavimento, se metallici, devono essere pure messi a terra.

Qualora la connessione a terra delle incastellature, delle carcasse e delle casse metalliche non desse affidamento di sufficiente sicurezza, davanti ai quadri di manovra ed agli interruttori per alte tensioni devono essere disposte convenienti pedane isolanti.

**2408.** Salve le eccezioni consentite dagli art. 2102, 2501 *d*), i quadri di manovra devono comportare solamente circuiti ed apparecchi a bassa tensione ben isolati e protetti, avere l'incastellatura a terra, soddisfare gli art. 2401 e 2403 e, quando sono conglobati col quadro di distribuzione, anche gli articoli 2404, 2407.

**2409.** Gli organi di comando, gli interruttori, le valvole ed ogni altro dispositivo montato sul quadro di manovra, oltre che soddisfare alle disposizioni speciali degli articoli seguenti, devono portare le necessarie indicazioni sulla loro natura e destinazione.

### 5. - Apparecchi.

*Generalità.*

**2501.** Gli apparecchi elettrici, oltre che soddisfare alle prescrizioni dell'art. 2106, devono essere costruiti, proporzionati e montati in modo che:

*a*) per effetto della più grande intensità di corrente a cui sono destinati non possano raggiungere delle temperature pericolose per l'apparecchio stesso o per gli oggetti vicini;

*b*) nel loro funzionamento ordinario non possano recare danno alle persone per effetto di scintille, archi, fusioni di metallo, proiezioni del materiale fuso, ecc.;

*c*) per l'attacco e l'introduzione dei fili sia assicurato un contatto perfetto ed un isolamento sufficiente verso gli oggetti vicini;

*d*) le parti percorse da corrente siano montate sopra supporti isolanti largamente proporzionati, incombustibili, non deformabili per il calore e non igroscopici; esse inoltre, quando non siano altrimenti sottratte al contatto accidentale delle persone, devono essere provviste di custodie o protezioni isolanti, od anche metalliche purchè convenientemente montate e protette.

Si può derogare a quest'ultima norma nelle officine e cabine elettriche, quando si tratti di apparecchi a tensione inferiore a 1200 V;

*e*) in qualsiasi tipo di manovra a mano degli apparecchi si trovi interposto fra la persona e la parte percorsa da corrente un pezzo sufficientemente e sicuramente isolante, e per tensioni superiori a 1200 V anche un pezzo o una membratura messa permanentemente a terra. Da questa norma sono esclusi gli utensili isolanti come i fioretti, le tenaglie e simili.

*Interruttori – Commutatori – Separatori.*

**2502. Interruttori e commutatori.** Gli interruttori e i commutatori devono rispondere alle seguenti condizioni:

*a*) poter raggiungere la posizione definitiva di aperto e chiuso a scatto rapido e senza possibilità di assumere posizioni intermedie;

*b*) portare, se di tipo chiuso, una chiara indicazione di: *aperto*, *chiuso*; tale indicazione può essere omessa per piccoli interruttori luce;

*c*) avere il manubrio o la chiavetta ben isolati per la tensione del sistema ed avuto riguardo alle condizioni locali;

*d*) possedere adatta protezione preferibilmente di materia isolante o perfettamente e largamente isolata se di materiale metallico;

*e*) poter interrompere la corrente massima per la quale sono installati senza dar luogo ad arco permanente nè a corto circuito o messa a terra dell'impianto;

*f*) operare simultaneamente su tutti i conduttori del circuito salvo quanto è detto nell'art. 2109. Solo i circuiti bipolari a bassa tensione installati in locali asciutti e non consumanti più di 500 W possono essere muniti di interruttori unipolari;

*g*) in caso di apparecchi alimentati da linee volanti, essere inseriti al termine della conduttura fissa, anche se altro interruttore è installato al termine della conduttura mobile;

Da tale prescrizione sono escluse le prese luce e simili, per piccole potenze, nei quali casi però è raccomandabile l'uso di prese con valvole;

*h*) essere di tipo multipolare completamente chiuso, quando non si possa a meno che installarli in locali dove siano esposti a polveri o fibre o gas infiammabili. Per le stanze da bagno e per gli altri locali umidi o bagnati dove in genere chi manovra l'interruttore può trovarsi casualmente in cattive condizioni d'isolamento, gli interruttori per luce e piccoli apparecchi utilizzatori non devono essere manovrabili direttamente ma mediante cordone di materiale non conduttore o simili, oppure mediante relais a tensione non superiore a 20 V, o infine devono essere installati all'esterno del locale; interruttori e commutatori devono sempre essere di tipo robusto a funzionamento sicuro e ampiamente dimensionati.

I comuni interruttori a leva in aria, anche di tipo chiuso o protetto, per corrente alternata, si possono adoperare solamente per tensioni fino a 500 V e corrente fino a 500 A, salvo i tipi installati all'aperto per i quali è ammesso superare tali limiti.

Con l'alta tensione, per gli interruttori a contatti celati è necessario aggiungere un conveniente numero di separatori o a monte o a valle o in entrambi i luoghi a seconda dei casi, in modo da assicurare la mancanza di tensione per le persone che devono accedere al circuito in corrispondenza all'interruttore o a valle di esso.

**2503. Separatori.** — I separatori devono per la loro costruzione e per il loro modo d'installazione:

*a*) portare la corrente massima senza eccessivo riscaldamento;

*b*) non potersi chiudere nè aprire casualmente da loro stessi. Ogni qualvolta l'attrito sui contatti non sia tale da garantire la posizione della lama, è consigliabile munire i separatori di dispositivo di agganciamento di sicurezza;

---

(1) Sull'opportunità di cancellare la frase: « Per tensioni superiori dette distanze devono essere stabilite in base all'effettivo gradiente che si verifica alla superficie del conduttore » contenuta nel testo attualmente vigente, i pareri furono discordi. La Commissione richiama quindi in particolare l'attenzione dei lettori su questo punto.

c) avere sempre nella posizione estrema di apertura le debite distanze da pareti, telai, ecc., salvo per i coltelli a rotazione centrale;

d) essere preferibilmente visibili dal posto stesso della loro manovra, ad ogni modo visibili da un luogo di facile accesso anche se eventualmente muniti di segnalatore di aperto o chiuso a distanza.

e) per tensioni superiori a 3000 V avere così fra i contatti della stessa lama come fra le parti metalliche di separatori di polarità diversa una distanza non inferiore in cm a 8 + 0,8 kV;

f) avere per altissime tensioni possibilmente tutte le parti dotate di superficî tondeggianti, evitando punte e spigoli vivi;

g) essere costruiti e disposti in modo da potersi manovrare facilmente senza pericolo, mediante adatto fioretto o comando meccanico;

h) non venire installati in locali esposti a polveri o fibre o gas infiammabili.

*Valvole ed interruttori automatici.*

**2504.** Le valvole fusibili devono per la loro costruzione ed il loro modo di installazione:

a) impedire che nelle condutture e negli apparecchi protetti abbiano a mantenersi correnti così intense da far loro assumere una temperatura eccessiva;

b) funzionare senza dar luogo ad arco permanente, nè a corto circuito o messa a terra dell'impianto, per corrente da commisurare a quella normale dei circuiti protetti, tenuta anche presente la potenza dell'impianto generatore;

c) permettere il passaggio continuo di una corrente superiore a quella normale in misura variabile a seconda dei casi, ma non mai tale da danneggiare i conduttori facenti parte del circuito;

d) essere munite, per l'inserzione in circuito, di pezzi di contatto in metallo duro, quando siano fatte di metallo tenero o plastico, e preferibilmente non avere coperchi metallici;

e) permettere il ricambio del fusibile sotto tensione, senza pericolo per il personale.

A questo scopo esse si devono in generale poter manovrare con opportuni utensili isolanti, ovvero, negli impianti a bassa tensione, devono essere disposte a valle dell'interruttore;

f) essere, per basse tensioni, costruite in modo da impedire almeno fino a 20 A, l'erronea sostituzione del fusibile adatto con fusibili per correnti troppo intense;

g) portare impresse per le basse tensioni tanto sulla parte fissa quanto sulla mobile (e quivi preferibilmente all'esterno) la tensione e l'intensità della corrente per cui sono costruite;

h) realizzare la separazione dei fusibili dei singoli conduttori a mezzo di materiali isolanti e incombustibili;

i) costituire un apparecchio a sè, potendosi tutt'al più tollerare il loro raggruppamento con gli interruttori a leva negli impianti a bassa tensione;

l) essere installate su tutti i poli delle derivazioni effettuate da una conduttura principale, e il più vicino possibile al punto in cui ha luogo il frazionamento della sezione o della corrente della conduttura medesima.

Un gruppo di derivazioni per impianti luce può essere protetto con una sola valvola multipolare, quando assorba globalmente meno di 700 W, per lampadine montate in ambienti e su apparecchi diversi, od anche meno di 1200 W, per lampadine montate su un medesimo lampadario.

L'installazione delle valvole non è poi necessaria per le condutture a bassa tensione dei quadri di manovra, nè per le connessioni fra eccitatrici, alternatori, macchine, quadri nè in tutti i casi in cui per la fusione di una valvola può essere messo in pericolo il funzionamento generale dell'impianto;

m) essere disposte in posizioni comodamente accessibili.

Per basse tensioni e per correnti superiori a 150 A alle valvole è preferibile l'uso di interruttori automatici.

Per alte tensioni l'uso delle valvole del tipo in aria deve ritenersi limitato a potenze e a tensioni rispettivamente non superiori a 350 kVA e 16000 V oppure 150 kVA e 25000 V. Fanno eccezione a questa norma le valvole a protezione dei trasformatori di misura (riduttori di tensione).

**2505.** Per gli interruttori automatici, oltre tutte le condizioni elencate all'art. 2502, valgono anche quelle elencate alle lettere a), b) dell'art. 2504.

*Resistenze.*

**2506.** I reostati e le resistenze devono:

a) essere costruiti con materiali incombustibili; è ammesso come isolante l'olio e il legno (o materiali analoghi) impregnato quando è immerso nell'olio;

b) essere montate sufficientemente lontane da materiali combustibili, e non mai in locali contenenti polveri o fibre infiammabili od esplodibili;

c) quando siano accessibili, avere tutte le parti percorse da corrente protette da un involucro opportuno di materiale incombustibile; se si tratta di alta tensione, e l'involucro è metallico, questo deve essere messo a terra;

d) non assumere in alcuna parte esterna ed esposta al contatto accidentale una temperatura superiore ai 90° centigradi;

e) essere muniti di dispositivo che permetta un'interruzione sicura senza produzione di archi dannosi o pericolosi quando l'apparecchio debba servire anche all'interruzione di corrente.

Queste norme non si applicano alle resistenze impiegate per riscaldamento.

*Scaricatori e linee di terra.*

**2507.** Poichè è accertato che gli attuali sistemi di protezione contro le sovratensioni non sono di sicura efficacia in ogni caso, la mancanza di tali apparecchi in un impianto elettrico non può essere ritenuta come deficienza tecnica dell'impianto stesso.

**2508.** Gli scaricatori ad intervallo d'aria devono in ogni caso essere costruiti e montati in modo da interrompere automaticamente l'arco conseguente al loro funzionamento. Essi inoltre devono essere in grado di funzionare anche per scariche ripetute ed essere disposti in modo da evitare la propagazione di archi.

È necessaria l'applicazione di separatori su tutti i conduttori delle derivazioni dei singoli scaricatori salvo per gli impianti a bassa tensione.

**2509.** La derivazione verso terra di qualsiasi scaricatore deve:

a) essere preferibilmente costruita con conduttore di rame nudo di sezione proporzionata alla corrente che lo può attraversare per effetto del corto circuito sucessivo alla scarica, in ragione di almeno 1 mm² ogni decina di Ampère, ma in ogni modo non inferiore a 25 mm²;

b) avere la minor lunghezza possibile ed essere montata col minor numero possibile di risvolte, distintamente da ogni altra linea;

c) essere sottratta al contatto accidentale mediante opportuno involucro, che può essere anche di legno;

d) avere sempre una buona continuità elettrica sino alla presa di terra.

**2510.** Le derivazioni verso terra degli scaricatori per linee ad alta tensione, e le terre relative, devono normalmente essere distinte e lontane quanto possibile sia da quelle per le incastellature e carcasse (vedi articolo 2103), sia da quelle per linee a bassa tensione, sia infine da quelle per i parafulmini ordinari, destinati a proteggere contro l'elettricità atmosferica, salvo che si disponga di un ottimo sistema costituito da numerose prese di terra connesse fra di loro, nel qual caso a questo sistema potranno far capo tanto le derivazioni a terra degli scaricatori quanto quelle delle masse e di ogni altro genere.

In ogni caso gli scaricatori applicati a conduttori appartenenti allo stesso sistema, e montati nella stessa officina o cabina elettrica, devono far capo ad un unico sistema di terra e le derivazioni di terra degli scaricatori applicati a sistemi a bassa tensione devono far capo alla terra delle masse.

Il collegamento a terra deve essere eseguito in ogni caso nel modo migliore possibile, in relazione alle condizioni locali.

Possono servire da elettrodi tanto delle piastre metalliche non facilmente corrodibili, di almeno ½ mq di superficie, quanto e preferibilmente dei tubi metallici infissi nel terreno col sistema dei pozzi artesiani. Possono anche usarsi le rotaie di corsa di ferrovie e tramvie elettriche ma per l'alta tensione non si possono usare che elettrodi appositi, salvo quanto detto per i sistemi di terra.

È ammesso di usare come elettrodi le tubazioni dell'acqua potabile ma soltanto per la messa a terra delle incastellature di apparecchi a bassa tensione. In nessun caso è accettabile di usare come elettrodi le tubazioni del gas illuminante.

**2511.** Le derivazioni verso terra possono essere fissate direttamente alle incastellature e alle pareti senza alcuna interposizione d'isolante, salvo quelle di scaricatori collegati a terre distinte dalle altre, come detto nella prima parte dell'art. 2510.

## CAPITOLO III.

### Linee aeree esterne.

#### 1. - Conduttori.

**3101.** Per l'alta tensione le linee aeree esterne devono essere eseguite con conduttori nudi. Lo stesso sistema è preferibile anche per le linee esterne a bassa tensione.

In casi speciali, agli effetti di una migliore protezione contro eventuali contatti, la linea deve essere costruita con rame rivestito di cotone miniato o simile. È da proscriversi l'uso dei conduttori rivestiti il cui rivestimento si deteriori o si distrugga rapidamente per effetto degli agenti atmosferici.

I conduttori di rame devono avere sezioni non inferiori a 10 mmq per l'alta tensione ed a 6 mmq per la bassa tensione, eccettuate le derivazioni a bassa tensione ai singoli consumatori, le quali possono anche eseguirsi con filo di rame nudo di 4 mmq. I conduttori d'altro metallo devono avere sezioni minime equivalenti come resistenza meccanica a quella sopra indicata.

**3102.** I conduttori per le linee aeree esterne devono essere sollecitati, nelle condizioni più sfavorevoli (concomitanza di temperatura minima e di vento massimo oppure di massimo manicotto di neve o ghiaccio), a non più di metà del carico di rottura e non oltre 9/10 del limite di elasticità. La pressione del vento va ragguagliata ad almeno 120 kg per mq di superficie piana normalmente colpita.

Per i conduttori cilindrici la pressione del vento per metro di lunghezza va ragguagliata a quella esercitata sopra una superficie piana pari a sei decimi della sezione meridiana, oppure va calcolata con l'espressione $P = 0{,}0045\ d\ V^2$, nella quale $d$ è il diametro del conduttore (o del cerchio circoscritto alla sezione retta) in metri e $V$ la velocità ammessa per il vento in km/ora.

Il sovraccarico di ghiaccio e di neve deve valutarsi caso per caso secondo le condizioni climatiche della regione, ritenuto che per le regioni alpine si deve ammettere di kg 1,2 ÷ 1,7 per metro lineare.

Le variazioni di temperatura sono da valutarsi a seconda delle circostanze locali, assumendo per la temperatura minima, ove manchino dati sicuri, la cifra di 15° C sotto zero (1).

**3103.** I conduttori permanentemente messi a terra, e quelli muniti di un involucro metallico continuo, collegato colla terra, possono direttamente appoggiarsi ai fabbricati o ai sostegni, salvo quanto è detto all'art. 2509 per le linee di terra degli scaricatori.

Ogni altro conduttore di linea aerea esterna deve essere fissato esclusivamente ad isolatori, di dimensioni e tipo meccanicamente ed elettricamente appropriati.

---

(1) **Neve e ghiaccio sui conduttori.**

La densità della neve deposta sul conduttore varia assai da caso a caso:

| | Densità |
|---|---|
| Neve asciutta | 0,05 |
| » allo stato ordinario | 0,12 ÷ 0,15 |
| » umida | 0,50 |
| Ghiaccio | 0,92 |

Il sovraccarico massimo di ghiaccio non corrisponde alle temperature minime. Di solito si notano forti sovraccarichi di ghiaccio in fondo valle, allo sbocco di vallate e quando la temperatura ambiente è poco diversa da zero. Dove la temperatura si mantiene assai bassa la neve è secca e farinosa e non dà sovraccarichi molto notevoli.

Il sovraccarico pare indipendente dal diametro del filo e dipende essenzialmente dalle condizioni fisiche dell'ambiente.

Il carico massimo prodotto da manicotti di neve osservato all'uscita delle nostre vallate alpine è di circa 1,2 ÷ 1,7 kg per metro lineare.

Per quanto il ghiaccio sia indipendente, in tesi generale, dal diametro del filo, è però comodo avere rapidamente il peso per metro per ogni singolo spessore di crosta di ghiaccio deposta attorno al conduttore. Si suppone la densità eguale a 0,92.

$$g = 2{,}9\ (\delta^2 + \delta\ d)$$

$g$ peso ghiaccio al metro lineare in grammi;
$d$ diametro del conduttore in mm;
$\delta$ spessore dello strato di ghiaccio in mm.

Per es. sopra un conduttore di 10 mm di diametro il peso del ghiaccio avente 15 mm di spessore sarà g 1090 per ml.

Come dato pratico conviene rammentare che in parecchie regioni vi sono diametri limiti di fili adottabili.

Così nel Trentino, nel Cadore, nell'Ossola e località analoghe è consigliabile l'adozione di cautele speciali, come p. es., abbondare nelle distanze fra i conduttori e nella loro sezione.

**Variazioni di temperatura.**

Da ritenersi buoni i seguenti dati:

| Regione | Temperatura in °C min. | Temperatura in °C mass. | Temperatura in °C differ. |
|---|---|---|---|
| Italia Meridionale e Isole (Vallate e pianure) | — 5° | + 50° | 55° |
| » Media (Vallate e pianure) | — 10° | + 50° | 60° |
| » Settentrionale (Valle del Po) | — 15° | + 50° | 65° |
| » Settentrionale e Media (Località nevose quote elevate 800 ÷ 1500 m s.m., Alpi, Prealpi, Appennini) | — 25° | + 40° | 65° |
| » Settentrionale (Passi e Valichi 1500 ÷ 2500 m s. m.) | — 30° | + 30° | 60° |

Per fissare l'isolatore al gambo si devono impiegare materiali e dispositivi (mastice, capsula) atti a distribuire in modo conveniente lo sforzo. Sono da scartare i materiali che per dilatazioni o per alterazione fisico-chimica tendono a produrre per sè stessi sollecitazioni anormali.

In corrispondenza dei sostegni di angolo i conduttori devono essere disposti in modo da evitare per quanto possibile che il conduttore abbandoni il sostegno.

**3104.** I conduttori delle linee esterne e gli apparati relativi devono essere inaccessibili dal suolo, dai tetti, dalle finestre, dai balconi, ecc. senza munirsi di mezzi speciali (scale, pertiche e simili) o, per sostegni di linee ad alta tensione, senza superare un ostacolo materiale qualsiasi (corda o fili spinati, punte metalliche e simili) disposto ad indicare il pericolo.

**3105.** Ogni conduttore di linea esterna deve avere dagli altri conduttori, dai sostegni, dai fabbricati e in genere da ogni altro oggetto o protezione una distanza minima da stabilire caso per caso a seconda della tensione, della distanza fra gli appoggi, delle dimensioni proprie e dei conduttori vicini, del rivestimento di cui fosse munito e della importanza ed estensione della rete cui appartiene.

**3106.** Le giunzioni dei conduttori fra loro e con gli apparecchi devono soddisfare alle condizioni di conduttività, di isolamento e di resistenza meccanica imposte ai conduttori medesimi.

## 2. - Sostegni.

**3201.** I sostegni devono presentare le necessarie garanzie di resistenza. Quelli in ferro ed in cemento armato devono essere dimensionati in modo che in qualunque sezione trasversale la massima sollecitazione unitaria del ferro non superi un terzo del carico di rottura o un terzo di quella limite ove si tratti di membratura sollecitata alla flesso-pressione.

Si deve inoltre verificare che per i sostegni in ferro e in cemento armato, nelle condizioni più sfavorevoli e nella supposizione della rottura di un terzo dei conduttori, la sollecitazione unitaria del ferro non abbia a superare i 9/10 del limite di elasticità.

Nel calcolo, la pressione del vento sopra di essi sarà calcolata con le seguenti formule:

*Vento sui pali a sezione circolare* (legno, cemento armato, acciaio, ecc.).

$$F = 0{,}0045\ d\ V^2 \qquad (1)$$

$F$ = spinta in kg;
$d$ = diametro medio del palo in m;
$V$ = velocità massima del vento in km/ora.

*Vento su mensole ecc.*

$$F = 0{,}007\ V^2\ S \qquad (2)$$

$F$ spinta in kg;
$V$ velocità massima del vento in km/ora;
$S$ area battuta dell'oggetto in mq.

*Vento sui pali a traliccio.*

$$F = 0{,}007\ V^2\ A\ \left(1 + \frac{V_0}{P_0}\right) \qquad (3)$$

$F$ spinta in kg sul palo;
$A$ area effettiva presentata dalla faccia del traliccio in mq;
$V$ velocità massima del vento in km/ora;
$V_0$ area dei vuoti della faccia del traliccio in mq;
$P_0$ area totale compresa nel perimetro della faccia del traliccio in mq.

Si può ritenere che $1{,}1F$ sia circa la spinta totale sul palo a sezione quadrata esercitata dal vento secondo la diagonale della sezione.

**3202. Pali in legno.** I pali di essenza dolce devono essere preferibilmente iniettati o imbevuti di sostanze preservative adatte; i pali di essenze più resistenti (castagno selvatico, larice) possono non essere iniettati.

I pali non iniettati se direttamente interrati devono essere incatramati al piede, specialmente nella zona intorno al piano di terra.

I pali iniettati possono non essere incatramati.

La testa di tutti i pali deve essere tagliata o a cono o secondo due piani inclinati, imbevuta di vernice di biacca, olio essiccativo, catrame e simili, per impedire l'entrata dell'acqua lungo le fibre; giova spesso una robusta legatura con filo di ferro.

**3203.** I pali di legno non vanno di regola cementati alla loro base perchè il blocco di calcestruzzo accelera la putrefazione del legno; le fondazioni devono essere possibilmente drenate.

Le fondazioni dei sostegni di ferro e di cemento armato devono avere, tenuto conto della reazione del terreno, un momento resistente al rovesciamento non inferiore a 1,3 volte il momento massimo agente sul sostegno o, quando non si tenga conto della reazione del terreno, non inferiore a tale momento massimo, semprechè il terreno sia tale da poter calcolare sulla sua reazione.

**3204.** È consigliabile che i sostegni delle linee ad alta tensione siano numerati. Se ad alta tensione devono rispondere al disposto dell'art. 3104 e portare la targa monitoria di pericolo di morte.

**3205.** I sostegni di ferro e di cemento armato delle condutture esterne a tensione superiore a 1200 V devono venire messi a terra.

Nel caso che i sostegni siano collegati metallicamente fra di loro a mezzo di un conduttore di terra non è richiesta la messa a terra di tutti i sostegni.

I tiranti metallici accessibili dei pali di legno per condutture a tensione superiore a 1200 V devono venire messi a terra, quando non sia evitata la possibilità di contatto con mensole in ferro, perni o ganci degli isolatori.

Per tensione inferiore a 1200 V i tiranti metallici possono essere isolati mediante isolatori posti ad altezza non inferiore a m 3 dal suolo.

Può omettersi tanto la messa a terra che l'isolamento quando sia evitata la possibilità per il tirante di venire in contatto con parti metalliche connesse coi gambi degli isolatori.

**3206.** Si deve evitare fino che possibile di sorpassare agli edifici con linee aeree ad alta tensione; se ciò non è possibile i conduttori vanno fissati agli appoggi secondo le disposizioni dell'art. 3301 *g*).

**3207.** Si deve evitare fin che sia possibile di posare sugli stessi sostegni linee a tensioni diverse, la minore delle quali serva a distribuire l'energia agli utenti *direttamente*, cioè senza l'intermedio di ulteriori trasformatori distributori.

Se ciò non è possibile, si devono posare i conduttori a tensione più alta superiormente agli altri, ed adottare per essi le medesime disposizioni stabilite all'articolo 3301 *g*).

**3208.** Le linee di telecomunicazione è preferibile siano appoggiate a sostegni propri; se la linea di telecomunicazione è appoggiata agli stessi supporti di una linea elettrica essa deve:

*a*) collocarsi sempre inferiormente ai conduttori sotto tensione a distanza, per l'alta tensione, di almeno un metro;

*b*) essere isolata per una tensione critica di 21 000 V a secco e 13 300 V sotto pioggia, oppure come la linea elettrica se questa ha un isolamento minore;

*c*) avere gli apparecchi relativi installati e protetti in modo che, anche in caso di contatto fra le due linee, non si crei alcun pericolo per il personale, adottando un piano isolante per l'uso degli apparecchi stessi.

### 3. - Incroci ed attraversamenti.

**3301. Attraversamenti ferroviari.** Ove linee elettriche industriali si incrocino con ferrovie in sede propria, salvo quanto detto, si devono seguire le norme seguenti:

#### A) - *Attraversamenti superiori.*

*a*) L'angolo compreso fra l'asse della conduttura e quello dell'opera attraversata non deve essere inferiore a 30 gradi sessagesimali.

*b*) La distanza verticale minima fra i conduttori della linea elettrica e il piano del ferro, tanto nelle condizioni di carico più sfavorevoli indicate all'art. 3102, quanto nell'ipotesi che il conduttore sia scaricato ad una temperatura superiore di 60° C alla minima, non deve essere inferiore a m 7 aumentati di un centimetro e mezzo per ogni migliaio di Volta della tensione della linea, col minimo di m 8 nel caso di ferrovia a vapore e di m 12 nel caso di ferrovia della quale sia prevista l'elettrificazione.

*c*) Nella campata di attraversamento le condutture delle linee elettriche industriali vanno di regola costituite dello stesso tipo di conduttore adottato per il resto della linea. Per le linee a tensione superiore a 1200 V per corrente continua e a 500 V efficaci per corrente alternata, la sezione deve essere proporzionata in modo che il carico di rottura non risulti inferiore a 800 kg. Tale limite può ridursi alla metà per condutture di distribuzione sottoposte a tensioni minori. Sono da evitare i giunti nelle campate di attraversamento.

*d*) I sostegni delle condutture nelle campate di attraversamento vanno di preferenza costruiti in metallo o in cemento armato. Sostegni di legno possono tuttavia ammettersi quando si tratti di linee a tensione non superiore a 9 000 V fra i fili e costituite da non più di quattro conduttori (neutro compreso) aventi una sezione singola non maggiore di 25 mm², ma devono essere di essenza dura, ovvero iniettati con sistemi di riconosciuta efficacia, infissi nel terreno mediante struttura di ferro o di cemento armato e protetti contro il pericolo di scariche atmosferiche, mediante conduttore metallico, disposto lungo il palo, con l'estremità superiore sorpassante la cima del palo stesso e con quella inferiore immersa nel terreno.

I sostegni devono di regola infiggersi fuori della sede ferroviaria e ad una distanza orizzontale netta non inferiore a m 6 dalla rotaia più prossima.

*e*) Il calcolo delle condutture e dei relativi sostegni nelle campate di attraversamento, va effettuato ammettendo una temperatura di 20° C sotto zero e un vento contemporaneo di 130 km/ora. Nelle località a clima molto mite la temperatura va supposta uguale solamente a 5° C sotto zero, anzichè a 20°. Dove invece, per le speciali condizioni locali, si debba temere la formazione sui fili di manicotti di ghiaccio di notevole entità, si deve considerare anche l'ipotesi di una temperatura di 20° C sotto zero, di un manicotto di ghiaccio dello spessore di 12 mm e di un vento contemporaneo di 65 km/ora.

La pressione del vento sui conduttori e sui sostegni va calcolata con le formule seguenti:

$F = 0{,}0045\ V^2 d\, l$ per i conduttori e i sostegni a sezione circolare;

$F = 0{,}007\ V^2 S$ per le membrature piane;

$F = 0{,}007\ V^2 S \left(1 + \frac{V_0}{P_0}\right)$ per le membrature a traliccio a due faccie;

nelle quali:

$F$ spinta del vento in kg;
$V$ velocità massima del vento in km/ora;
$d$ diametro del conduttore in metri;
$l$ lunghezza del conduttore in metri;
$S$ superficie piana battuta, in metri quadrati, normale alla direzione del vento;
$V_0$ area dei vuoti, in metri quadrati, della faccia del traliccio;
$P_0$ area totale, in metri quadrati, compresa nel perimetro della faccia del traliccio.

Nelle condizioni di carico sopraindicate la sollecitazione massima del conduttore non deve superare un terzo del carico alla rottura.

I due sostegni delle campate di attraversamento devono essere verificati nelle seguenti ipotesi di carico:

1) Che tutti i conduttori tanto della campata di attraversamento che di quelle contigue siano interi e che conduttori e sostegni siano colpiti da vento a 130 km/ora normale alla campata di attraversamento.

2) Che tutti i conduttori di una delle campate attigue a quella di attraversamento siano rotti e che inoltre conduttori e sostegni siano colpiti da vento a 130 km/ora normale alla campata di attraversamento.

Dove, per le speciali condizioni locali, si debba temere la formazione sui fili di manicotti di ghiaccio di notevole entità, si devono verificare i sostegni anche nelle seguenti ipotesi:

3) Che tutti i conduttori, tanto delle campate di attraversamento che di quelle contigue, siano interi e coperti di un manicotto di ghiaccio dello spessore di 12 mm e che tanto il manicotto di ghiaccio quanto i sostegni siano colpiti da vento di 65 km/ora normale alla campata di attraversamento.

4) Che tutti i conduttori di una delle campate adiacenti a quella di attraversamento siano rotti, che i conduttori siano coperti da un manicotto di ghiaccio dello spessore di 12 mm e che tanto il manicotto di ghiaccio quanto i sostegni siano colpiti da vento di 65 km/ora normale alla campata di attraversamento.

In ciascuno dei quattro casi il palo va calcolato tenendo conto, oltre che dell'azione del vento sullo stesso, degli sforzi che i conduttori trasmettono al palo medesimo.

In tali ipotesi la sollecitazione massima dei sostegni non deve superare, per sostegni in cemento armato, quella stabilita ai n. 17 e 18 della Parte II delle prescrizioni approvate con R. Decreto Legge 4 settembre 1927, n. 1981 ed un quinto del carico di rottura per quelli in legno, nei casi 1) e 3). Nei casi 2) e 4) la sollecitazione massima non deve superare un quarto del carico di rottura per i sostegni in legno e quelle sopraindicate aumentate del 30% per i sostegni in cemento armato.

Per i sostegni in ferro omogeneo il limite delle sollecitazioni unitarie interne longitudinali delle membrature va posto uguale a 12 kg/mm² per le ipotesi 1) e 3) e a 18 kg/mm² per le ipotesi 2) e 4), considerandosi le sezioni trasversali al netto dell'area corrispondente ai fori per i chiodi.

Il limite delle sollecitazioni unitarie agli scorrimenti trasversali o longitudinali nelle membrature non deve superare i 7/10 del limite per le sollecitazioni assiali.

Per la verifica delle condizioni di resistenza delle membrature compresse con pericolo di inflessione laterale si deve procedere come in appresso:

Sia $l$ la lunghezza della membratura o di un tratto della medesima considerato come articolato a cerniera agli estremi;

$m$ il minimo raggio di girazione della sezione retta completa della membratura;

$r$ la sollecitazione unitaria massima effettiva alla compressione semplice (riferita all'area netta della sezione trasversale nel punto della membratura in cui c'è il massimo pericolo di flessione laterale).

I) Nelle ipotesi di carico 1) e 3) deve essere:

Se $\frac{l}{m}$ è uguale o inferiore a 30,

$r$ uguale o inferiore a 12 kg/mm².

Se $\frac{l}{m}$ è superiore a 30 e inferiore a 105,

$r$ uguale o inferiore a $\left(1{,}207 - 0{,}0069 \frac{l}{m}\right)$ 12 kg/mm².

Se $\frac{l}{m}$ è uguale o superiore a 105,

$r$ uguale o inferiore a $\frac{5300}{\left(\frac{l}{m}\right)^2} \cdot 12$ kg/mm².

II) Nelle ipotesi di carico 2) e 4) deve essere:

Se $\frac{l}{m}$ è uguale o inferiore a 10,

$r$ uguale o inferiore a 18 kg/mm².

Se $\frac{l}{m}$ è superiore a 10 ed inferiore a 105,

$r$ uguale od inferiore tanto a 18 kg/mm² quanto a $0{,}8 \left(31 - 0{,}113 \frac{l}{m}\right)$ kg/mm².

Se $\frac{l}{m}$ è uguale o superiore a 105,

$r$ uguale od inferiore tanto a 18 kg/mm² quanto a $0{,}8 \times 0{,}212 \cdot 10^6 \left(\frac{m}{l}\right)^2$.

Nella verifica delle condizioni di resistenza al carico di punta dei montanti si assume per $l$ la massima lunghezza (determinata dal tracciato geometrico) del tratto compreso fra due nodi consecutivi del reticolato di una stessa faccia nella parte a maglie più grandi del tronco del sostegno che si considera.

Quando i nodi dei reticolati di due faccie adiacenti sono alternati sopra uno stesso montante, si deve assumere (ferma restando per $l$ la lunghezza libera sopraindicata) per raggio di girazione $m$, anzichè il minimo, quello relativo all'asse baricentrico della sezione normale alla faccia che si considera.

Le massime sollecitazioni nelle chiodature, riferite ai mm² di sezione trasversale del gambo del chiodo, non devono eccedere i limiti precedentemente indicati per le sollecitazioni agli scorrimenti trasversali e longitudinali.

*f*) La stabilità della fondazione dei sostegni o della loro infissione nelle pareti o opere murarie destinate a sopportarli va verificata tenendo conto di tutti gli elementi sui quali sia tecnicamente legittimo fare assegnamento (resistenza al rovesciamento del blocco di calcestruzzo della fondazione considerato come monolitico, resistenza della terra alla compressione, azione della terra come peso, aderenza dei montanti in ferro del palo a parti in muratura o cemento armato, resistenza di piastre di fondazione metalliche o in cemento armato, ecc.).

L'azione complessiva dei diversi elementi che concorrono a resistere contro il rovesciamento del sostegno deve essere tale che il momento resistente non sia inferiore al momento di rovesciamento moltiplicato per 1,75 nelle ipotesi di carico 1) e 3) e non sia inferiore al momento di rovesciamento moltiplicato per 1,50 nelle ipotesi di carico 2) e 4), salvo nel caso di sostegni infissi nella roccia o in casi analoghi, pei quali non si richiede nessuna particolare prescrizione circa il rapporto fra detti momenti.

Qualora la natura del terreno non consentisse di tener conto per la stabilità della fondazione di nessun altro elemento all'infuori della resistenza al rovesciamento del peso del blocco di fondazione in calcestruzzo aumentato del peso del sostegno e del peso delle parti in terra contenute eventualmente in cavità del blocco o collocate sopra una risega esterna del blocco stesso, il rapporto fra il momento resistente ed il momento di rovesciamento può essere ridotto ad 1,5 per le ipotesi di carico 1) e 3) e ad 1,25 per le ipotesi di carico 2) e 4).

*g*) I conduttori elettrici della linea elettrica industriale nella campata di attraversamento devono essere fissati agli appoggi in modo da impedire il pericolo di scorrimento o di caduta, anche in caso di rottura di un isolatore. All'uopo, nel caso di isolatori a perno, ogni conduttore va fissato mediante due isolatori, situati in un piano normale all'asse della linea ed a conveniente distanza, in guisa che ognuno di essi sia, per quanto è possibile, sottoposto alla medesima sollecitazione. Nel caso di isolatori a sospensione si può usare tanto il sistema di completo amarraggio, quanto il sistema cosidetto di semiamarraggio, quanto infine l'impiego di due catene in semplice sospensione in un piano verticale.

Il complesso formato da ciascun isolatore montato verticalmente sul relativo portaisolatore o di ciascuna catena di isolatori deve resistere, senza rompersi nè deformarsi oltre i limiti di elasticità, ad uno sforzo di trazione (applicato orizzontalmente alla testa dell'isolatore o nel senso della lunghezza della catena) avente un valore almeno doppio di quello che risiduerebbe nel conduttore che esso sostiene, dopo avvenuta la rottura del medesimo nella campata adiacente.

Qualora lo sforzo di trazione trasmesso dal conduttore risulti superiore alla metà dello sforzo di rottura della catena di isolatori, esso deve ripartirsi fra più catene.

### B) – *Attraversamenti inferiori.*

Le condutture aeree a fili nudi devono terminare, ad altezza non minore di m 6 sul terreno, a due pilastri capilinea situati uno da una parte e l'altro dall'altra della ferrovia, ed essere fra loro collegate mediante conduttori isolati, disposti sotto la ferrovia, non sopportanti veruna parte della tensione meccanica delle condutture a fili nudi.

Ciascuno dei detti conduttori di collegamento deve avere per tutta la sua lunghezza un isolamento tale da potere sicuramente e continuamente sostenere una tensione doppia di quella di esercizio fino a che questa non superi i 20 000 V efficaci, ed eguale, in caso diverso, a quella d'esercizio aumentata di 20 000 V efficaci.

Ciascun conduttore o l'insieme dei conduttori deve essere completamente circondato da un involucro metallico di sufficiente grossezza, messo in buona comunicazione con la terra e disposto in guisa che dall'esterno non si possa in alcun modo toccare la conduttura.

L'involucro o gli involucri metallici devono essere solidamente fissati con grappe o ganci di ferro, nei manufatti in muratura, ai piedritti ed ai volti, ed in quelli a travata metallica soltanto ai piedritti ed in modo che non riesca mai minore di m 0,50 la distanza fra i detti involucri di protezione ed il piano inferiore della travata.

Si può anche permettere che i conduttori sottopassanti la ferrovia, isolati come sopra, siano sostenuti da isolatori fissati alle murature, purchè l'insieme dei conduttori, coi relativi isolatori, sia circondato da un involucro metallico di sufficiente grossezza, pure fissato alle murature e messo in buona comunicazione con la terra, e nel caso dei manufatti a travata metallica intercedа la detta distanza minima di m 0,50 fra l'involucro stesso ed il piano inferiore della travata.

L'involucro o gli involucri metallici di protezione devono essere estesi lungo il tratto intercedente fra i due pilastri capilinea che devono, sempre che sia possibile, essere impiantati fuori della sede ferroviaria.

Ciascuno dei pilastri deve essere atto a resistere oltrechè all'azione del vento, all'intera tensione meccanica massima che può verificarsi nella prima tesata di linea da esso sostenuta.

Anche per questi pilastri valgono le prescrizioni dell'articolo 3301 A) *d*) e *f*).

In via eccezionale, qualunque sia la tensione della linea, ciascuno dei due pilastri capilinea può, quando sia impiantato fuori del terreno di proprietà dell'Amministrazione ferroviaria, essere anche costituito da uno o più pali di legno, uno o più dei quali conviene in generale disporre a guisa di puntello dalla parte della prima tesata di linea sostenuta dal pilastro stesso.

Si può derogare alle precedenti prescrizioni, ammettendo attraversamenti inferiori con fili nudi e senza involucro metal-

lico di protezione, sotto ponti in muratura o travate metalliche, quando i supporti non insistano su terreno o manufatti di proprietà dell'Amministrazione ferroviaria e la minima distanza del più basso conduttore dal suolo non sia inferiore a m 6 e la minima distanza dei conduttori dal manufatto non sia inferiore a m 2 per opere murarie e a m 3 per travate metalliche.

Per attraversamenti inferiori a fili nudi costituenti linee di contatto per trazione elettrica saranno fissate di volta in volta speciali prescrizioni.

**3302. Attraversamenti di linee telegrafiche e telefoniche.** Ove linee elettriche industriali si incrocino con linee telegrafiche o telefoniche si devono applicare le norme degli art. 3102, 3103, 3104, 3105, 3106, 3201, 3202, 3203, 3204, 3205, nonchè le seguenti:

*a*) La linea elettrica industriale va preferibilmente collocata al livello superiore.

*b*) La distanza minima fra i conduttori della linea elettrica industriale e della linea telegrafica o telefonica al punto di incrocio, nelle condizioni di carico più sfavorevoli per effetto della temperatura e del sovraccarico, non deve essere inferiore a un metro aumentato di un centimetro e mezzo per ogni migliaio di Volta della tensione della linea industriale e dell'1 % della distanza dell'incrocio dall'asse del sostegno più vicino della linea superiore.

*c*) Per le linee a tensioni superiori a 1200 V per corrente continua ed a 500 V efficaci per corrente alternata, la sezione dei conduttori della linea superiore deve essere proporzionata in modo che il carico di rottura non risulti inferiore a 600 kg.

*d*) I conduttori nella campata di attraversamento devono essere fissati agli appoggi secondo le disposizioni dell'articolo 3301 A) *g*).

*e*) I sostegni delle condutture nelle campate di attraversamento vanno di preferenza costruiti in metallo o in cemento armato. Sostegni di legno possono tuttavia ammettersi quando si tratti di linee a tensione non superiore ai 15 000 V fra i fili e costituite da non più di quattro conduttori (neutro compreso) aventi una sezione singola non maggiore di 25 mm², ma devono essere di essenza dura, ovvero iniettati con sistemi di riconosciuta efficacia, infissi nel terreno mediante struttura di ferro o di cemento armato e protetti contro il pericolo di scariche atmosferiche, mediante conduttore metallico, disposto lungo il palo, con l'estremità superiore sorpassante la cima del palo stesso e con quella inferiore immersa nel terreno.

*f*) È concesso di eseguire l'attraversamento facendo uso di cavi con rivestimento metallico per la linea industriale o per la linea telegrafica o telefonica ovvero di involucri metallici o gabbia rigida di protezione ovvero mediante altri sistemi che offrano meccanicamente ed elettricamente le garanzie necessarie. L'involucro metallico o gabbia deve avere una lunghezza pari alla larghezza del fascio di fili superiori, aumentata della metà dell'altezza minima del filo più elevato rispetto all'involucro o gabbia e di un decimo della distanza del punto d'incrocio dal sostegno più vicino della linea sovrastante.

In questi casi non è richiesta l'osservanza delle norme predette.

**3303. Attraversamenti di strade e corsi d'acqua.** Ove linee elettriche industriali si incrocino con autostrade, con strade nazionali, provinciali o comunali o con corsi d'acqua navigabili si devono applicare le norme degli art. 3101, 3102, 3103, 3104, 3105, 3106, 3201, 3202, 3203, 3204, 3205, nonchè le seguenti nel caso di autostrade, strade nazionali, provinciali o comunali di grande traffico e di corsi d'acqua navigabili:

*a*) La distanza verticale minima fra i conduttori della linea e il piano stradale o il livello massimo dell'acqua tanto nelle condizioni più sfavorevoli di carico indicate all'art. 3102 quanto nell'ipotesi che il conduttore sia scarico ad una temperatura superiore di 60° C a quella minima, non deve essere inferiore a m 6 per la bassa tensione, ed a m 7 aumentati di un centimetro e mezzo per ogni migliaio di Volta della tensione della linea industriale, per l'alta tensione.

*b*) Per le linee a tensione superiore a 1200 V per corrente continua e 500 V efficaci per corrente alternata, la sezione deve essere proporzionata in modo che il carico di rottura non risulti inferiore a 600 kg.

*c*) I conduttori nelle campate di attraversamento devono essere fissati agli appoggi secondo le disposizioni dell'articolo 3301 A) *g*), oppure facendo uso di una sola catena in sospensione semplice, con l'aggiunta di un elemento in più rispetto alla catena normale e collegando il conduttore all'ultimo elemento della catena e, mediante apposito cavallotto, anche all'estremità inferiore di una staffa rigidamente fissata all'ultimo elemento della catena.

*d*) È vietato l'impiego di sostegni sulle sommità arginali e sulle scarpate, tanto interne che esterne, e ad una distanza minore di m 4 dall'unghia degli argini. Può essere però ammesso l'impiego di sostegni sulle sommità arginali quando essi non intacchino la struttura arginale inferiormente al limite massimo del livello dell'acqua.

**3304. Attraversamenti di linee elettriche industriali.** Ove linee elettriche industriali pubbliche o private si incrocino con altre linee industriali pubbliche o private o con linee telegrafiche o telefoniche a servizio delle stesse, oltre alle norme degli art. 3102, 3103, 3104, 3105, 3106, 3201, 3202, 3203, 3204, 3205, si devono osservare anche le seguenti:

*a*) La linea a tensione più elevata va preferibilmente collocata al livello superiore ed uno dei suoi appoggi della campata di attraversamento va possibilmente situato in prossimità dell'incrocio.

*b*) La distanza minima fra i conduttori delle due linee al punto di incrocio, nelle condizioni più sfavorevoli per effetto della temperatura e del sovraccarico, non deve essere inferiore a un metro aumentato di un centimetro e mezzo per ogni migliaio di Volta della linea a tensione maggiore e dell'1 % della distanza dell'incrocio dall'asse del sostegno più vicino della linea superiore.

*c*) Per le linee a tensione superiore a 1200 V per corrente continua e a 500 V efficaci per corrente alternata, la sezione deve essere proporzionata in modo che il carico di rottura non risulti inferiore a 600 kg.

*d*) I conduttori nelle campate di attraversamento devono essere fissati agli appoggi secondo le disposizioni dell'articolo 3301 A) *g*).

*e*) È lecito prescindere dall'osservanza delle norme predette pei casi di cui all'art. 3302 *f*).

### 4. - Parallelismi.

**3401.** *a*) Nessuna speciale disposizione è richiesta nei cas di parallelismo di linee elettriche industriali con ferrovie, tramvie, corsi d'acqua navigabili se la distanza netta fra la base dei sostegni e il limite esterno del rilevato o della trincea ferroviaria o il bordo del corso d'acqua e di qualsiasi altra opera annessa è maggiore dell'altezza fuori terra dei sostegni medesimi.

In caso contrario per i parallelismi con ferrovie, tramvie, e corsi d'acqua navigabili, si devono adottare per i sostegni le disposizioni dell'art. 3301 A) *d*), *e*), *f*), salvo per ciò che riguarda la loro sollecitazione nel senso longitudinale della linea, per la quale non sono richieste condizioni speciali quando i sostegni sono infissi fuori della sede ferroviaria, ad una distanza netta dal ciglio del rilevato o della trincea ferroviaria o del corso d'acqua, come di qualsiasi altra opera annessa, non inferiore a metri due.

Il parallelismo in corrispondenza delle opere d'arte (per es. ponti metallici o in muratura) può effettuarsi appoggiando le linee o superiormente alle medesime mediante pali o mensole, ed in questo caso sono valide le disposizioni dell'art. 3301 A) *b*), *c*), *d*), *e*), *f*), *g*); oppure mediante mensole lateralmente ed inferiormente, nel qual caso i conduttori devono o essere inaccessibili senza l'aiuto di mezzi speciali o essere protetti contro il contatto accidentale mediante involucro metallico rigido e accuratamente messo a terra.

*b*) Nel caso di condutture elettriche ad alta tensione costruite su strade nazionali, provinciali o comunali di grande traffico, si applicano le disposizioni dell'art. 3303.

*c*) Il parallelismo di linee elettriche industriali e di linee telegrafiche e telefoniche è ammesso, indipendentemente dalle prescrizioni relative all'eventuale disturbo esercitato dalle prime sulle seconde, purchè esista fra le due linee una distanza assiale non minore dell'altezza dei sostegni della linea industriale, se la tensione della linea industriale è superiore a 600 V efficaci per corrente alternata e non minore di quattro metri in caso diverso, ammenochè la linea elettrica soddisfi alle prescrizioni dell'art. 3302 *c*), *d*), *e*).

### 5. - Linee negli abitati.

**3501.** Entro gli abitati si devono osservare, per la costruzione delle linee, oltre alle norme degli art. 3101, 3102, 3103, 3104, 3105, 3106, 3201, 3202, 3203, 3204, 3205, 3206, anche quelle degli articoli 3302 e 3303. È però ammesso:

*a*) di omettere il doppio isolatore: per sistemi a bassa tensione; per circuiti esclusivamente adibiti ad illuminazione pubblica e mantenuti fuori di tensione nelle ore diurne; quando l'ampiezza delle campate è inferiore di almeno m 2 all'altezza dei fili sulla via;

*b*) di ridurre, per la bassa tensione, la sezione minima dei conduttori a 6 mm², ed anche a 4 mm² per le derivazioni ai singoli consumatori.

#### 6. - Protezioni.

**3601.** Gli alberi che fiancheggiano le linee devono essere abbattuti o sfrondati in modo da togliere ogni pericolo di contatto coi fili.

Le condutture aeree possono essere provviste di scaricatori e di dispositivi di protezione alle loro estremità ma la recente esperienza prova che la mancanza di detti apparecchi (dei tipi in uso alla data della compilazione delle presenti Norme) non è causa di inconvenienti nè costituisce pericolo.

## CAPITOLO IV.

### 1. - Classificazione delle condutture isolate e Norme per il loro impiego.

**4101.** Le condutture isolate possono essere posate in aria, entro tubazioni o cunicoli, direttamente interrate, in acqua, ecc.

Le caratteristiche delle protezioni e armature dipendono dal tipo di posa.

Protezioni ed armature delle condutture sono le parti che servono ad evitare guasti e deterioramenti al materiale isolante per cause diverse. Tali sono ad esempio i tubi di piombo, le treccie metalliche, i nastri e fili di ferro, le treccie di tessili, i nastri gommati, ecc.

Treccie di tessili, nastri gommati, ecc., oltre che come protezioni devono considerarsi anche come isolanti.

**4102. Materiali conduttori.** Il materiale che viene generalmente usato è il rame.

Il rame deve essere puro elettrolitico ed avere una conduttività non inferiore al 98 %, secondo le specificazioni internazionali per il rame campione (1).

I conduttori formati da un filo unico possono ammettersi, ove non sia richiesta una speciale flessibilità, per sezioni fino a 10 mm². Per sezioni maggiori essi devono essere costituiti da un conveniente numero di fili disposti a strati concentrici.

**4103.** Per tipi normali di conduttori e cavi, è opportuno attenersi, per le sezioni dei fili e per le formazioni delle corde, alla seguente tabella:

| Sezione mm² | | Formazione | Sezione mm² | | Formazione |
|---|---|---|---|---|---|
| Nom. | Reale | | Nom. | Reale | |
| 0,50 | 0,502 | 1 × 0,8 | 20 | 19,85 | 7 × 1,9 |
| 0,75 | 0,785 | 1 × 1 | 25 | 25,41 | 7 × 2,15 |
| 1 | 0,95 | 1 × 1,1 | 35 | 34,36 | 7 × 2,5 |
| 1,5 | 1,54 | 1 × 1,4 | 50 | 48,35 | 19 × 1,8 |
| 2 | 2,01 | 1 × 1,6 | 75 | 75,55 | 19 × 2,25 |
| 2,5 | 2,54 | 1 × 1,8 | 100 | 100,87 | 19 × 2,6 |
| 3 | 3,14 | 1 × 2 | 120 | 116,24 | 37 × 2 |
| 4 | 3,976 | 1 × 2,25 | 150 | 147,12 | 37 × 2,25 |
| 5 | 4,91 | 1 × 2,5 | 180 | 181,62 | 37 × 2,5 |
| 8 | 8,04 | 1 × 3,2 | 200 | 196,44 | 37 × 2,6 |
| 10 | 9,62 | 1 × 3,5 | 240 | 242,54 | 61 × 2,25 |
| | | | 325 | 323,87 | 61 × 2,6 |
| 3 | 3,093 | 7 × 0,75 | 400 | 402,92 | 61 × 2,9 |
| 6 | 5,50 | 7 × 1 | 500 | 490,59 | 61 × 3,2 |
| 10 | 10,02 | 7 × 1,35 | 600 | 601,07 | 91 × 2,9 |
| 16 | 15,89 | 7 × 1,7 | 700 | 731,87 | 91 × 3,2 |
| | | | 1000 | 978,43 | 91 × 3,7 |

*N. B.* - Sui diametri dei fili elementari sono ammesse le tolleranze d'uso.

Per **sezione nominale** di una corda si intende la sezione, espressa in cifra tonda, che maggiormente si avvicina, in eccesso od in difetto, a quella ottenuta dalla somma delle sezioni commerciali dei singoli fili.

**4104. Materiali isolanti** per il rivestimento dei conduttori e cavi elettrici.

A) *Tessili* o materiali fibrosi in genere, allo stato naturale od impregnati di miscele isolanti.

(1) Vedi Appendice, parte seconda.

B) *Gomma*:

1° gomma pura;

2° nastro di gomma pura vulcanizzata;

3° mescola di gomma vulcanizzata; caucciù puro caricato di ingredienti diversi applicato sul conduttore con procedimenti vari, atti a formare una guaina continua che viene poi vulcanizzata.

La percentuale di caucciù varia a seconda dei tipi di conduttori.

C) *Carta essiccata ed impregnata.*

**Spessori.** Gli spessori dei rivestimenti isolanti dipendono dalla tensione di esercizio e dalle caratteristiche elettriche del materiale impiegato.

**4105. Conduttori e cavi multipli.** I conduttori e cavi multipli sono costituiti da più conduttori isolati, riuniti insieme sotto treccia di tessili o sotto tubo di piombo.

**4106.** Per condutture di particolare importanza come ad esempio quelle degli impianti di illuminazione pubblica, specialmente nelle tratte principali di lunghezza notevole (200-300 metri) e per cavi interrati o difficilmente accessibili, conviene adottare nella scelta delle condutture un elevato coefficiente di sicurezza e quindi anche per tensioni molto basse prevedere tipi ben isolati.

**4107.** Nella posa dei cavi e dei conduttori isolati si deve:

*a*) evitare nel modo più assoluto di annegarli direttamente in blocchi di muratura, cemento, ecc.;

*b*) evitare piegature eccessive usando inoltre molta cura nella loro esecuzione; conviene a tale scopo adottare raggi minimi di piegatura eguali a 10÷12 volte il diametro esterno del cavo;

*c*) impiegare solamente conduttori ad isolamento di gomma vulcanizzata, escludendo i tipi con isolamento in tessili e gomma interposta ed analoghi, quando si debbano tirare in tubi di ferro, di materiale isolante, ecc.

Si consiglia inoltre:

1° di evitare la posa di molti cavi in un unico fascio allo scopo di impedire il riscaldamento mutuo e la facilità che il guasto di un cavo danneggi quelli vicini; è utile a tale scopo l'interposizione fra i cavi di mattoni, lastre di cemento, grès e simili;

2° quando si tratti di cavi armati direttamente interrati, di disporre sopra il cavo mattoni, lastre di cemento o di altro materiale allo scopo di segnalarne la presenza e di proteggerli durante gli scavi;

3° di usare, per la posa, cassette di legno riempite di opportune miscele di sabbia e catrame, nel quale caso si possono usare anche cavi nudi o asfaltati.

**4108.** L'armatura od il rivestimento di piombo dei singoli tronchi di un cavo ad alta tensione e le relative cassette di giunzione devono essere messe a terra, e fra di loro metallicamente collegate, quando si tratta di cavi installati fuori terra.

La disposizione delle reti sotterranee deve essere tale da prevenire che nei condotti contenenti i cavi e nelle cassette di giunzione possa accumularsi acqua o gas.

I cavi per corrente alternata armati con nastri di ferro devono contenere tutti i conduttori appartenenti ad una stessa derivazione.

Anche per i cavi non è richiesto, allo stato attuale della tecnica, l'uso di protezioni contro le sovratensioni.

## CAPITOLO V.

### 1. - Impianti ricevitori.

**5101.** All'ingresso dei fabbricati gli impianti ricevitori, devono essere muniti di un appropriato quadro di distribuzione. Questo deve collocarsi possibilmente in locale che offra sufficente garanzia contro gli incendi e comprendere in ogni caso un interruttore generale per ciascun sistema di correnti, colle valvole o dispositivi di interruzione automatica relativi. Per piccole installazioni luce basterà l'uso di appropriate valvole.

Se l'impianto ricevitore è alimentato da una linea ad alta tensione devono installarsi all'entrata della linea stessa separatori su ogni conduttore.

Negli impianti industriali si raccomanda inoltre:

*a*) di installare l'interruttore generale in luogo e modo tali che in caso di urgente pericolo esso possa essere aperto ma non più chiuso dalla maestranza;

*b*) di suddividere la distribuzione interna in un numero conveniente di circuiti munendo ciascuno di essi di un proprio interruttore e di proprie protezioni.

**5102.** Salvo il disposto dell'art. 5603, non si devono eseguire impianti ad alta tensione nei seguenti locali:

*a*) locali di abitazione, di riunione e di divertimento;

*b*) locali di vendita e magazzini di stoffe, carte, materiali infiammabili in genere;

*c*) locali agricoli: stalle, scuderie e simili;

*d*) locali industriali in cui possono temersi esplosioni di gas o polveri;

Non devono eseguirsi impianti con una tensione superiore a 600 V nei seguenti locali e spazi annessi:

*e*) locali bagnati, ossia locali nei quali per il genere dell'industria che vi si esercita, o per la natura dei materiali contenutivi, non possa a meno che prodursi un ambiente molto ricco di umidità;

*f*) locali industriali contenenti polveri o vapori acidi;

*g*) locali industriali in cui si sviluppano gas o polveri o fibre facilmente infiammabili.

Fermo il disposto dell'art. 5102, in ogni locale, che non sia un'officina o cabina elettrica, i conduttori di sistemi ad alta tensione devono, di regola, essere convenientemente rivestiti con isolanti e protetti dal contatto accidentale mediante ripari, che possono essere o isolanti, purchè non igroscopici, o metallici, purchè messi a terra. Fanno eccezione le linee di contatto (per grue e simili) sino a 600 V in locali industriali.

**5103.** Le persone che si trovino in condizioni di isolamento da terra specialmente deficienti, come ad esempio nei locali bagnati, nelle vasche da bagno e simili, non devono neppure accidentalmente poter venire a contatto con condutture od apparati elettrici in modo da essere soggetti a tensioni superiori ai 25 V.

A tale scopo per gli scaldabagni elettrici si devono collegare metallicamente fra loro le tubazioni di arrivo dell'acqua allo scaldabagno, di arrivo dell'acqua calda al bagno e di scarico dell'acqua della vasca.

Speciale cura deve essere rivolta agli scaldabagni elettrici, agli impianti luce, agli impianti di campanelli alimentati dal circuito luce.

Per il funzionamento dei campanelli elettrici e degli apparecchi di segnalazione in genere è vietato l'uso di resistenze o di lampadine in serie fra l'impianto di segnalazione e l'impianto di distribuzione di energia elettrica, nonchè l'uso di autotrasformatori, dovendosi invece ricorrere all'uso dei trasformatori con gli avvolgimenti isolati fra di loro e rispetto al nucleo in modo da resistere a una tensione di prova di almeno 1500 V applicata per 1 minuto fra primario e secondario a massa.

## 2. - Linee interne (conduttori e materiali di posa) - Interruttori, valvole e accessori.

**5201.** I conduttori nudi non permanentemente messi a terra si possono adottare per qualunque tensione nelle officine o cabine elettriche, purchè posti fuori di portata della mano o protetti con opportuni ripari come prescritto all'art. 2102.

I conduttori nudi si possono adottare solamente a bassa tensione nei seguenti locali:

*a*) nei locali industriali costruiti con materiali incombustibili e non contenenti polveri o fibre o gas infiammabili od esplodibili, e purchè i conduttori siano in ogni caso sottratti al contatto accidentale con le persone;

*b*) nei locali industriali in cui si svolgono vapori corrosivi, purchè siano ricoperti di vernice inattaccabile da tali vapori;

*c*) nei locali industriali anche costruiti con materiali combustibili, ma eccezionalmente, e solo quando devono servire come linee di contatto, nel qual caso si può adottare un sistema con tensione fino a 600 V.

In ogni altro caso i conduttori per impianti ricevitori debbono essere rivestiti con isolante appropriato alla tensione e alla natura dei locali.

**5202.** Le distanze minime dei conduttori per linee interne devono soddisfare alle stesse regole indicate all'art. 3105 per le linee esterne, potendosi però ridurre le distanze minime, verso le pareti ed altri oggetti, dei conduttori sufficientemente rivestiti con materiali isolanti a cm 1 per la bassa tensione, salvo nei locali umidi dove per questi conduttori sono consigliabili le stesse distanze minime che per le linee esterne. Per i cavi sotto piombo non è prescritta limitazione di distanza.

**5203.** Le sezioni minime dei conduttori per le linee interne sono le seguenti:

$mm^2$ 3 per conduttori di rame nudi o rivestiti, posati su isolatori distanti più di 1 m;

$mm^2$ 0,50 per fili di rame ricotto e rivestito per lampadari ed apparecchi di illuminazione in genere;

$mm^2$ 0,65 per fili rivestiti come sopra, ma collocati entro tubi o su isolatori distanti fra loro non più di metri 1,00.

**5204.** I singoli conduttori devono installarsi in modo da evitare che siano sottoposti a sforzi di trazione non dovuti al loro proprio peso, specie per i fili rivestiti di piccola sezione e le giunzioni, salvo l'eccezione consentita all'art. 5505.

I conduttori isolati anche a bassa tensione, quando per la loro posizione possano essere danneggiati, devono essere protetti in modo conveniente, per es., installandoli entro tubi.

**5205.** I cordoncini multipli non si possono impiegare qualunque sia la tensione all'esterno nè per alta tensione all'interno.

All'interno e per la bassa tensione essi possono solamente adottarsi in locali asciutti non contenenti fibre o polveri infiammabili, nè miscugli esplosivi, purchè montati su isolatori, ma non su pareti combustibili, a meno che non siano protetti da tubi incombustibili.

Essi possono essere ivi usati come conduttori portatili, purchè il rivestimento isolante, oltre che proporzionato alla tensione, sia protetto in modo conveniente.

In locali umidi o bagnati, poi, sono accettati solamente come conduttori trasportabili, ma devono avere un rivestimento fortemente isolante.

**5206.** Nei punti di incrocio di conduttori diversi, se non è possibile conservare una distanza sufficiente, si deve fare uso di separazioni supplementari isolanti e rigide (p. es. tubi isolanti da fissare accuratamente).

**5207.** Gli arpioncini metallici non si devono impiegare che per conduttori nudi permanentemente messi a terra, sempreché non ne derivi alcun danno al conduttore medesimo.

**5208.** I supporti isolanti (isolatori a campana, a carrucola, ad anello, fissafili, ecc.), devono essere di materiale incombustibile e non igroscopico.

La distanza tra i successivi isolatori non deve normalmente essere maggiore di metri 1,00 per conduttori di sezione singola inferiore a 3 $mm^2$; per sezioni maggiori si possono adottare anche campate maggiori.

**5209.** I tubi protettori devono:

*a*) essere perfettamente lisci all'interno e non alterarsi all'aria umida;

*b*) se di carta, avere un rivestimento metallico ed usarsi solamente in luoghi asciutti;

*c*) avere diametri e raggi di curvatura tali da permettere la facile introduzione ed estrazione del filo o dei fili che vi devono essere contenuti;

*d*) essere disposti in modo da prevenire che nell'interno si accumuli dell'acqua;

*e*) non contenere che fili isolati almeno del tipo categoria A) a isolamento leggero (vedi art. A-101 Appendice) senza giunzioni, ed appartenenti ad uno stesso circuito alimentato; salvo il disposto dell'art. 2405 per i tubi impiegati nei quadri, e con l'obbligo di applicare il disposto dell'art. 4108 per le linee a corrente alternata.

**5210.** Sono tollerati i listelli di legno a scanalature multiple installati prima dell'entrata in vigore di queste norme purchè:

*a*) di legno ben secco, verniciato od imbevuto;

*b*) impiegati esclusivamente all'interno di locali asciutti;

*c*) impiegati solamente per basse tensioni, e mai con fili rivestiti di sole fibre tessili;

*d*) ad un solo conduttore in ogni scanalatura, isolato come detto all'art. 5209 *e*);

*e*) aventi la linea di infissione delle punte marcata sul coperchio, ed una sede per l'infissione delle medesime di almeno 8 mm di larghezza;

*f*) non mascherati da tappezzerie o altro;

*g*) i conduttori non siano fissati nelle scanalature con chiodi.

**5211.** Gli attraversamenti di pareti, tetti, soffitti devono eseguirsi in modo da proteggere i conduttori, tanto contro l'umidità quanto contro i guasti eventuali di natura meccanica o chimica.

**5212.** Alle condutture per impianti interni sono integralmente applicabili le disposizioni degli art. 3103 primo comma, 3106.

**5213.** Le parti sotto tensione di interruttori, valvole, prese a spina e simili devono essere separate dalle pareti mediante rosette isolanti incombustibili e non igroscopiche, atte a sopportare in modo continuativo la temperatura di 75° C senza deformarsi. In locali asciutti sono tollerate rosette di legno preparato ed imbevuto in modo da renderlo non igroscopico, purchè non si trovino a contatto di parti conduttrici o soggette a riscaldamento.

Le rosette e gli apparecchi isolanti devono essere fissati in modo che non possano ruotare durante la manovra degli apparecchi.

**5214.** Per gli impianti di illuminazione nei bagni, nelle cucine, nei locali umidi in genere o in locali in cui esistano depositi di materiali facilmente combustibili, per le lampade da letto ed in sostituzione di commutatori e deviatori, è consigliabile l'adozione dei sistemi a relais per tensione non superiore a 20 V.

È inoltre consigliabile che i relais siano installati all'esterno dei locali sopraindicati.

### 3. - Lampade ad incandescenza.

**5301.** Nell'interno degli edifici non devono, di regola, montarsi lampadine incandescenti in circuiti a tensione superiore a 300 V. È fatta eccezione per le officine o cabine elettriche.

**5302.** Le lampadine montate in locali contenenti materie infiammabili devono munirsi di dispositivi (globi, graticci protettori) incombustibili atti ad impedire il contatto della lampadina con le materie infiammabili. In tali locali non sono ammesse le lampadine del tipo ad incandescenza in aria libera (Nernst, al quarzo, ecc.).

**5303.** Nei locali bagnati e nei locali ove può temersi una esplosione, le lampadine, oltre che del tipo ad incandescenza nel vuoto, devono essere munite di opportuni e spessi globi ermetici che coprano anche i portalampade.

**5304.** I portalampade a chiave non si devono impiegare nè per tensioni superiori a 300 V, nè per qualunque tensione in locali umidi o bagnati; l'uso loro è in genere da sconsigliare nelle lampade portatili.

**5305.** Le parti sotto tensione dei portalampade devono:

*a*) essere montate sopra supporti isolanti incombustibili e indeformabili al calore;

*b*) essere protette dal contatto accidentale mediante involucro isolante ed incombustibile o custodia metallica accuratamente isolata.

Le ghiere di porcellana dei portalampade non devono usarsi come sovente è fatto per reggere i riflettori.

**5306.** Le parti metalliche sotto tensione delle lampadine devono essere possibilmente sottratte al contatto accidentale.

### 4. - Lampade ad arco.

**5401.** Non si devono installare lampade ad arco di nessun tipo in locali dove può temersi un'esplosione; nei locali contenenti polveri o fibre non esplodibili, ma infiammabili, non devono installarsi lampade ad arco a fuoco libero. Nei locali umidi e bagnati sarà rigorosamente applicata la disposizione dell'art. 5402 *d*) per qualsiasi valore della tensione.

**5402.** Le lampade ad arco inserite in circuiti ad alta tensione devono:

*a*) essere di regola solamente installate all'esterno degli edifici;

*b*) essere inaccessibili durante il loro funzionamento;

*c*) di regola dipendere da un dispositivo di commutazione che permetta di toglierne la tensione ogni qualvolta sia richiesto per motivi di servizio;

*d*) essere munite di doppio isolamento verso la fune di sospensione. Fune e sostegni devono essere messi a terra.

**5403.** La sospensione può eccezionalmente effettuarsi mediante i conduttori soltanto per la bassa tensione, ma allora i morsetti devono essere scaricati da ogni sforzo di trazione.

**5404.** L'armatura delle lampade ad arco deve essere isolata dalle parti sotto tensione e, se si usa una sospensione ad arganello, la fune deve essere ulteriormente isolata dall'armatura.

**5404.** La caduta di particelle incandescenti dalle lampade ad arco aperto deve essere impedita con opportuni dispositivi, quando può derivarne un pericolo qualsiasi.

### 5. - Lampadari e supporti di lampadine in genere; sospensioni fisse; lampadine portatili; prese di corrente.

**5501.** Sono tollerati gli apparecchi promiscui per gas ed elettricità installati prima dell'entrata in vigore di queste Norme, purchè:

*a*) l'isolamento fra la parte metallica dell'apparecchio e la condotta del gas soddisfi alle norme dell'art. 2105;

*b*) i portalampade delle lampade ad incandescenza siano essi stessi isolati dall'apparecchio;

*c*) i conduttori siano posti in modo che non possano essere guastati dal calore del gas.

**5502.** Per l'equipaggiamento dei lampadari e supporti di lampadine in genere si devono impiegare solamente conduttori e cordoncini rivestiti con guaina isolante, di spessore appropriato alla tensione.

**5503.** Se i conduttori devono introdursi nell'interno degli apparecchi, le aperture ed i tubi destinati a riceverli devono essere sufficientemente larghi e senza spigoli vivi, in modo da non danneggiare l'isolamento durante la messa in opera.

**5504.** Quando contengono fili ad alta tensione, i supporti delle lampadine devono essere messi a terra, però devono essere isolati quelli che non possono venire avvicinati se non da persone sufficientemente isolate da terra.

**5505.** Quando i conduttori sono impiegati per la sospensione di lampadari, o per lampade a sospensione fissa e a saliscendi, i morsetti di attacco agli estremi del tratto verticale devono essere totalmente scaricati dallo sforzo di trazione.

I conduttori devono essere di tipo a isolamento forte racchiusi in una doppia calza di materiale tessile con imbottitura.

**5506. Presa di corrente.** È la parte che resta sotto tensione dopo l'interruzione del contatto.

**Spina.** È la parte che rimane senza tensione dopo avvenuta l'interruzione.

I pezzi di contatto della presa devono essere protetti in modo che non sia possibile provocare involontariamente un corto circuito tra di essi.

Solo la spina deve poter giungere a stabilire il contatto coi capi corrispondenti.

Quando la spina è sotto tensione le parti conduttrici devono essere inaccessibili.

Quando al circuito deve essere garantito un determinato modo di connessione, la spina deve essere tale da rendere impossibile una falsa manovra.

All'esterno e nei locali umidi o esposti a polveri o vapori, le prese di corrente vanno munite di apposito coperchio di chiusura.

Per apparecchi utilizzatori da trasportarsi la presa di corrente deve essere sempre unita alla linea e la spina all'apparecchio.

**5507.** Le derivazioni a spina o prese a muro non sono accettabili che per la bassa tensione.

Le spine non devono potersi infiggere in sedi costruite per correnti maggiori di quelle per le quali le spine sono costruite; le sedi devono impedire la formazione di un arco permanente ed essere costruite in materiale incombustibile.

Le spine devono disporsi sulla conduttura portatile (la quale non conterrà alcun apparecchio di protezione) e le sedi relative sulla conduttura fissa.

Ove ad una presa a spina facciano capo più di due conduttori ed uno di questi sia neutro, esso deve essere ben individuato e la sede e la spina devono essere costruite e collegate in modo che il contatto col neutro sia il primo ad essere realizzato.

Non è ammesso di derivare più di un cordone da una stessa presa.

Con carico di oltre 500 Watt la presa deve essere munita di un interruttore che interrompa la corrente prima della manovra di introduzione od estrazione della spina.

Quando siano a disposizione linee a diversa tensione o frequenza o natura, deve essere adottato per ciascuna di esse un diverso modello di presa, in modo da impedire che gli apparecchi destinati ad un sistema possano connettersi ad un altro.

**5508.** Le lampade portatili si possono impiegare solo per basse tensioni nei locali asciutti e dove le condizioni di ambiente garantiscono un sufficiente isolamento alle persone, semprechè la conduttura mobile e il portalampade siano di tipi specialmente robusti, ben costruiti ed isolati.

Nei locali umidi o bagnati si possono usare lampade portatili, ma devono sempre essere inserite sul secondario di trasformatori a tensione non superiore a 25 V, costruiti con avvolgimenti primario e secondario tra di loro separati ed isolati, da provarsi secondo le Norme macchine con un minimo di 1500 V applicati per un minuto fra primario e secondario connesso a massa.

Tale norma deve anche essere seguita quando la lampada portatile venga adoperata da persone in buon contatto con masse metalliche come ad es. nel caso di lavoro nell'interno di caldaie, tubazioni, ecc.

Nei locali dove si temono esplosioni di polveri o di gas non si devono in generale impiegare lampade portatili. Tuttavia nei casi ove si presenti l'assoluta necessità per ragioni tecniche può essere tollerato l'impiego di qualche lampada trasportabile che soddisfi alle seguenti condizioni:

*a*) la presa di corrente venga fatta con attacco speciale col quale sia resa impossibile la produzione di scintille all'esterno per qualsiasi manovra o manomissione;

*b*) le lampade siano protette con un secondo globo esterno che ricopra anche il portalampade e con una gabbia metallica ben studiata caso per caso;

*c*) il collegamento mobile sia in cavo flessibile, robusto e ad alto isolamento. Alle due estremità il cavo deve essere protetto con raccordi elastici, fissati stabilmente alla spina ed al portalampade, contro i guasti prodotti da curve troppo accentuate.

**6. - Motori. Apparecchi portatili e trasportabili. Impianti speciali.**

**5601.** Il comando a distanza o mediante orologi o comunque con apparecchio automatico è proibito se l'azionamento del motore può risultare pericoloso per chi non ne sia preavvertito. Il motore in tal caso deve sempre potersi comandare da un interruttore a mano facilmente visibile posto in prossimità del motore stesso. Questa disposizione non si applica nelle officine e cabine elettriche.

**5602.** Le disposizioni dell'art. 5508 valgono per tutti gli apparecchi portatili e trasportabili in genere (1). La limitazione della tensione a non più di 25 V è però richiesta quando l'apparecchio sia sicuramente connesso a terra mediante un apposito conduttore del cavo flessibile di collegamento, facilmente distinguibile dagli altri. In tal caso le prese a spina devono essere provviste di un morsetto di messa a terra che, al momento dell'infissione, entri per primo in contatto con un'apposita spina metallicamente connessa con l'apparecchio utilizzatore.

**5603.** Gli impianti al *Neon, Neon-Mercurio, Argon-Mercurio* e simili devono essere considerati come impianti ad alta tensione; devono quindi essere facilmente distinguibili dai comuni impianti a bassa tensione, mediante cartelli o colorazioni anche in corrispondenza degli interruttori delle linee di alimentazione a bassa tensione.

È ammessa la installazione di tali impianti nell'interno dei locali anche in deroga di quanto disposto dall'art. 5102 *a*), *b*), purchè rispondano al disposto dell'art. 2102.

In ogni caso le condutture di collegamento fra il trasformatore e gli elettrodi devono essere rivestite con materiale isolante appropriato alla tensione ed alla natura dell'ambiente e preferibilmente eseguite con cavo sotto piombo, il quale, all'esterno e nei luoghi umidi o bagnati, deve essere anche armato.

Anche le condutture di collegamento fra i varî elettrodi ed i varî elementi, come pure i morsetti del trasformatore e gli elettrodi, vanno protetti con rivestimenti, custodie o manicotti isolanti appropriati alla tensione ed alla ntura dell'ambiente.

I trasformatori, oltre che soddisfare alle prescrizioni degli articoli 2104 e 2106, devono essere provvisti sul primario (circuito alimentatore a bassa tensione) di un interruttore multipolare, di valvole di intensità (o di interruttore automatico a massima) e di valvole di tensione.

Le carcasse dei trasformatori, le incastellature metalliche delle insegne, le valvole di tensione ed i rivestimenti metallici delle linee di alimentazione devono essere sicuramente connessi a terra mediante conduttori di rame, preferibilmente cordati, di almeno 16 $mm^2$ di sezione.

Per le grandi insegne è consigliabile l'uso di più trasformatori di piccola potenza in luogo di uno solo di potenza rilevante.

**5604.** Gli impianti di *radio telefonia* possono essere connessi con impianti derivati dalle reti di distribuzione a bassa tensione, sia a scopo di alimentazione che di antenna, salvo i locali umidi o che presentino pericolo d'incendio.

## CAPITOLO VI.

### Impianti provvisori.

**6101.** Nella esecuzione degli impianti provvisori possono introdursi, per la applicazione delle norme generali, opportuni temperamenti, intesi ad evitare la soverchia complicazione delle opere da costruire, tenendo conto della loro durata probabile e della loro importanza relativa, senza derogare a quei criteri o risparmiare quelle cautele, che in ogni caso appaiano necessarie a salvaguardare la sicurezza dell'impianto e la incolumità delle persone e delle cose.

## CAPITOLO VII.

### Norme di esercizio.

#### 1. - Generalità.

**7101.** I locali di lavoro ed i passaggi di servizio nelle officine e cabine elettriche, e tutti in genere gli accessi a macchine ed apparati elettrici, dovunque si trovino, devono essere sufficientemente e permanentemente illuminati durante il lavoro degli operai che vi sono adibiti.

Dove lo spegnimento della illuminazione ordinaria potrebbe ingenerare pericolo di infortuni, si deve provvedere un'illuminazione ausiliaria, indipendentemente dalla prima.

**7102.** I passaggi di servizio nelle officine e cabine elettriche ed in genere gli accessi alle macchine ed apparati elettrici dovunque si trovino, devono possibilmente essere mantenuti sgombri da qualsiasi materiale; in ogni caso non si deve mai riporvi del materiale non attinente all'impianto elettrico.

In immediata vicinanza di macchine, apparati e condutture non devono conservarsi oggetti o materiali facilmente infiammabili, quali ad esempio gli stracci imbevuti di olio.

Ogni attrezzo, utensile o dispositivo destinato all'esercizio e alla protezione contro i pericoli della elettricità in ispecie, deve essere mantenuto in buono stato di conservazione e di pulizia.

**7103.** In ogni officina elettrica, oltre allo schema generale delle connessioni, devono essere permanentemente esposte in posizione opportuna e mantenute in istato da potersi facilmente leggere, le istruzioni relative ai soccorsi d'urgenza, con riguardo speciale agli infortuni causati dall'elettricità.

**7104.** Il personale addetto all'esercizio deve essere istruito delle manovre e dei lavori ad esso affidati, dei pericoli ai quali si esporrebbe non osservando le istruzioni e del modo di comportarsi in caso di infortunio alle persone.

Ogni addetto all'esercizio deve prendere conoscenza di tali istruzioni e comportarsi a norma delle medesime.

In modo speciale deve prendere in consegna, conservare ed impiegare a dovere i mezzi di protezione che gli sono affidati; deve inoltre riferire al proprio superiore diretto ogni stato di cose ed ogni fatto, che a proprio giudizio potrebbe riuscire di pericolo alle persone, o di danno all'impianto.

**7105.** Di regola non si deve eseguire alcun lavoro su parti in tensione od in vicinanza delle medesime.

Quando però ciò sia necessario, oltre all'applicazione di speciali norme da impartire caso per caso, chi sovraintende il lavoro deve prendere le opportune disposizioni per impedire, fin dove è possibile, che l'operaio venga simultaneamente in contatto con conduttori di fasi o polarità diverse (uso di coperture provvisorie, di piani isolanti, di utensili ed attrezzi isolati e simili). Inoltre l'operaio che si trova sul piano isolante deve evitare di toccare persone od oggetti non isolati e simultaneamente elementi in tensione.

In ogni caso, ai lavori sotto tensione devono adibirsi solamente degli operai idonei.

All'entrata o all'uscita di ogni linea ad alta tensione in una cabina o Centrale elettrica si devono installare dei separatori.

I separatori, che non siano costruiti e disposti in guisa da potersi manovrare direttamente e senza pericolo, devono essere inseriti e disinseriti mediante un dispositivo conveniente a seconda dei casi (fioretti, tenaglie isolanti). È da sconsigliarsi l'uso dei guanti isolanti. Le valvole ad alta tensione non possono servire da separatori, salvo che per riduttori di tensione sino a 10 000 V.

**7106.** L'interruzione di un circuito può eseguirsi col mezzo di valvole e separatori solo quando presumibilmente tali manovre non possano dar luogo al pericolo dell'arco.

Presso gli interruttori, separatori e simili, che mettono fuori tensione la porzione d'impianto su cui si deve lavorare, è consigliabile disporre durante il periodo di lavoro un cartello portante la proibizione di toccarli per qualsiasi motivo.

**7107.** Nei locali contenenti accumulatori non devono introdursi, durante la carica a fondo, corpi accesi o fiamme di qualsiasi natura, se non ad opera di persone specialmente competenti, ed in casi di assoluta necessità e con speciali cautele.

Gli operai addetti all'impianto od esercizio degli accumulatori devono essere istruiti sui pericoli del maneggio dell'acido solforico e del piombo, e sul modo di eseguire ogni operazione di montaggio o di manutenzione relativa.

**7108.** È raccomandabile:

*a*) di sottoporre gl'impianti elettrici ad una revisione periodica;

*b*) di tener nota su di un registro apposito dei difetti eventualmente riscontrati in tali verifiche e dell'epoca in cui furono eliminati.

#### 2. - Esercizio di impianti ad alta tensione.

**7201.** Agli impianti ad alta tensione sono applicate le norme generali indicate dal capitolo precedente e quelle speciali degli articoli seguenti.

**7202.** I locali, nei quali per ragioni speciali si trovano elementi in tensione non protetti (coi quali cioè si può involontariamente venire a contatto), devono essere contraddistinti mediante cartelli avvisatori e possibilmente chiusi a chiave; il loro accesso deve essere impedito agli estranei, se non sono accompagnati da persona pratica.

(1) Per apparecchi portatili si intendono quegli apparecchi, come i trapani e gli utensili elettrici in genere, che l'operaio deve trattenere fra le mani per l'uso; per apparecchi trasportabili si intendono invece quelli che possono essere trasferiti da un posto all'altro (motori su carrello o barella, stufe elettriche, ecc.) ma che per l'uso non richiedono di essere trattenuti fra le mani dell'operaio.

Quando occorra eseguire lavori di una certa importanza durante l'esercizio, devono accedervi contemporaneamente almeno due persone che siano a ciò espressamente autorizzate ed abbiano avute dettagliate istruzioni e l'equipaggiamento necessario.

Le operazioni ordinarie di esercizio, quali ad es. il ricambio delle valvole, la manovra degli interruttori, la sostituzione dei trasformatori e di altri elementi dell'impianto, possono venir eseguite anche da una sola persona quando questa conosca esattamente l'impianto, e quando la disposizione degli elementi in tensione sia tale che dette operazioni possano essere eseguite senza pericolo.

**7203.** In generale non si deve intraprendere alcun lavoro su macchine, apparecchi e condutture, senza aver prima tolta la tensione e fatto un sicuro corto circuito sui conduttori che, in caso di falsa manovra, possano addurvi la corrente, con relativa messa a terra quanto possibile vicina al posto di lavoro.

Per questi collegamenti di carattere provvisorio non si devono usare condutture di sezione inferiore a 10 mm².

Il corto circuito deve effettuarsi soltanto dopo che sarà stata completamente eseguita la derivazione verso terra, e dopo che alla medesima sarà stato materialmente connesso il filo o dispositivo di corto circuito. Terminata l'operazione si procede in ordine esattamente inverso.

Quando non sia possibile di eseguire, anche provvisoriamente, detti collegamenti con sufficiente facilità e sicurezza, devono applicarsi, in prossimità degli apparecchi destinati all'interruzione della linea (interruttori, separatori) ed alla manovra degli stessi, dei cartelli indicatori ben visibili con l'indicazione della proibizione di manovra durante l'esecuzione dei lavori. È consigliabile che i cartelli siano messi anche nel caso dell'esecuzione del corto circuito e della messa a terra.

**7204.** Qualora le disinserzioni indicate nell'art. 7203 debbano venir eseguite in località lontane, come cabine di sezionamento e di trasformazione, o qualora l'operaio non sia in grado di vedere o seguire con sicurezza, dal punto in cui il lavoro deve effettuarsi, la conduttura che collega le parti da disinserire col punto nel quale queste debbano venire separate dal rimanente dell'impianto, devono prendersi opportuni provvedimenti che permettano all'operaio di orientarsi in modo sicuro.

Tali provvedimenti possono consistere, sia nel contraddistinguere le due estremità di ogni conduttura, sia in disegni di assieme schematici (eventualmente indicanti anche l'ordine da seguirsi nella manovra) da affiggere o conservare nei posti di manovra o da consegnare a chi deve eseguire il lavoro, sia infine nei casi semplici in opportune istruzioni verbali.

**7205.** Quando qualche parte dell'impianto, qualche macchina od apparecchio, o l'intera officina siano stati messi fuori servizio per un motivo qualsiasi, la ripresa del funzionamento deve avvenire soltanto dopo che colui che sovraintende al lavoro si sia accertato che tutto il personale abbia abbandonato le posizioni di lavoro, e che ad ogni persona impegnata nel lavoro medesimo sia stato dato per tempo l'avviso della ripresa.

Questi avvisi possono essere dati anche per telefono ma devono essere confermati da chi li riceve. È consigliabile quando è possibile l'uso di fonogrammi, il cui testo venga messo in cassetta chiusa.

Il mettersi d'accordo in antecedenza per una determinata ora può essere un provvedimento sufficiente solo quando si tratti di riprendere il servizio dopo interruzioni ordinarie, quali ad esempio in molti impianti, l'interruzione dalle 12 alle 13.

Oltre a ciò, l'incaricato di dirigere il lavoro deve assicurarsi che tutte le connessioni siano state ristabilite in modo esatto, e non si abbiano eventualmente collegamenti che possano determinare un passaggio dell'alta tensione in parti di impianto che sono fuori servizio. Lo stesso provvedimento vale per condutture ed apparecchi che per la prima volta vengono messi in servizio.

Si deve fare speciale attenzione alle connessioni provenienti da strumenti di misura o da trasformatori, nonchè alle condutture doppie e ad anello.

**7206.** Quando per impellenti necessità di servizio non fosse possibile staccare la parte d'impianto sulla quale od in prossimità della quale si deve lavorare, nè eseguire il collegamento di corto circuito e la messa a terra nella posizione stessa in cui si lavora (come p. es. nel montaggio e smontaggio di cassette per cavi) — o quando colui al quale è affidato il lavoro non sia in grado di assicurarsi personalmente che sia stato provveduto in modo opportuno alla disinserzione, al collegamento di corto circuito e alla connessione colla terra — ed infine quando vi sia incertezza circa l'identità della conduttura disinserita e chiusa in corto circuito con quella sulla quale si deve lavorare; — in tutti questi casi si devono prendere le seguenti precauzioni:

*a*) i lavori devono venir eseguiti soltanto in presenza della persona incaricata di dirigere il lavoro e possibilmente devono venirvi addetti soltanto operai abili;

*b*) gli operai devono essere protetti contro i pericoli della tensione e, prima di servirsi dei mezzi di protezione, verificare se il loro aspetto dia buon affidamento;

*c*) si devono prendere provvedimenti opportuni per impedire il pericolo di un contatto accidentale dell'operaio con parti metalliche in tensione.

Quando si debbano tagliare cavi e smontare cassette di giunzione, i primi devono essere messi fuori tensione.

## APPENDICE

### PARTE PRIMA

### CONDUTTORI E CAVI IN RAME ISOLATI

#### 1. - CATEGORIA « A ».

**Conduttori e cavi isolati in gomma.**

**A-101. Ad isolamento leggero in gomma vulcanizzata.**

Costituzione:
Conduttore di rame stagnato.
Uno strato di gomma vulcanizzata.
Una treccia di tessili impregnata di miscela isolante o tubo di piombo.

| Sezione nominale (1) mmq | Formazione | Sezione effettiva mmq | Diametro sulla gomma mm |
|---|---|---|---|
| 0,75 | 1 × 1,— | 0,78 | 3,0 |
| 1,— | 1 × 1,15 | 1,04 | 3,1 |
| 1,50 | 1 × 1,40 | 1,54 | 3,4 |
| 2,— | 1 × 1,60 | 2,01 | 4,0 |
| 2,50 | 1 × 1,80 | 2,54 | 4,2 |
| 3,— | 1 × 2,— | 3,14 | 4,4 |
| 4,— | 1 × 2,25 | 3,97 | 4,6 |
| 6,— | 1 × 2,80 | 6,15 | 5,4 |
| 8,— | 1 × 3,20 | 8,04 | 5,8 |
| 10,— | 7 × 1,35 | 10,— | 6,8 |
| 16,— | 7 × 1,70 | 15,90 | 7,9 |
| 20,— | 7 × 1,90 | 19,80 | 8,9 |
| 25,— | 7 × 2,15 | 25,40 | 9,6 |
| 35,— | 7 × 2,50 | 34,40 | 10,7 |
| 50,— | 19 × 1,80 | 48,30 | 12,6 |
| 75,— | 19 × 2,25 | 75,50 | 14,8 |
| 100,— | 19 × 2,60 | 100,90 | 17,0 |
| 120,— | 37 × 2,— | 116,20 | 18,0 |

Impiego sino a 300 V se fissati con morsetti di porcellana.

*Tensione di prova*: I conduttori vengono provati per 5' a 1000 V alternativi; la prova è fatta in acqua a temperatura ambiente dopo un'ora di immersione per i conduttori sotto treccia e a secco per quelli sotto piombo.

*Nota*. Le pezzature normali sono dell'ordine di 100÷150 metri.

**A-102. Ad isolamento forte in gomma vulcanizzata.**

Costituzione:
Conduttore di rame stagnato.
Uno strato di gomma pura.
Uno strato di gomma vulcanizzata.
Un nastro di tessili gommato o di carta.
Una treccia di tessili impregnata di miscela isolante o tubo di piombo.

| Sezione nominale mmq | Formazione | Sezione effettiva mmq | Diametro sulla gomma mm |
|---|---|---|---|
| 0,75 | 1 × 1,— | 0,78 | 3,8 |
| 1,— | 1 × 1,15 | 1,04 | 4,0 |
| 1,50 | 1 × 1,40 | 1,54 | 4,2 |
| 2,— | 1 × 1,60 | 2,01 | 4,4 |
| 2,50 | 1 × 1,80 | 2,54 | 4,6 |
| 3,— | 1 × 2,— | 3,14 | 4,8 |
| 4,— | 1 × 2,25 | 3,97 | 5,4 |
| 6,— | 1 × 2,80 | 6,15 | 6,0 |
| 8,— | 1 × 3,20 | 8,04 | 6,4 |
| 10,— | 7 × 1,35 | 10,— | 7,6 |
| 16,— | 7 × 1,70 | 15,90 | 8,7 |
| 20,— | 7 × 1,90 | 19,80 | 9,3 |
| 25,— | 7 × 2,15 | 25,40 | 10,0 |
| 35,— | 7 × 2,50 | 34,40 | 11,1 |
| 50,— | 19 × 1,80 | 48,30 | 13,8 |
| 75,— | 19 × 2,25 | 75,50 | 16,0 |
| 100,— | 19 × 2,60 | 100,90 | 17,8 |
| 120,— | 37 × 2,— | 116,20 | 18,8 |

Impiego sino a 600 V.

(1) Vedi art. 4103.

*Tensione di prova*: I conduttori vengono provati per 5' a 2000 V alternativi; la prova è fatta in acqua a temperatura ambiente dopo un'ora di immersione per i conduttori sotto treccia e a secco per quelli sotto piombo.

**A-103.** Lo spessore del piombo per i cavi di questa categoria è dato dalla formola: $0{,}65 + 0{,}04\ d$ ($d$ = diametro sotto il piombo espresso in mm).

Se i conduttori sono riuniti in formazione parallela anzichè a spirale e il conduttore risultante è di conseguenza appiattito anzichè cilindrico, si adopera la stessa formula, dove però $d$ è il diametro di un cerchio avente lo stesso perimetro della sezione retta del cavo sotto il piombo.

*Nota.* L'impregnamento dei tessili deve essere a base di olii, catrami, paraffine, bitumi, cere da cavi, ecc.

**A-104. Cordoncini flessibili.** I cordoncini flessibili del tipo seguente sono da impiegarsi esclusivamente in luoghi asciutti su carrucole.

Possono essere a due o tre conduttori.

Costituzione:
- Cordicella di rame stagnato.
- Uno strato di gomma vulcanizzata.
- Una treccia di tessili.

I fili componenti la cordicella devono presentare un diametro non superiore a mm 0,2 per le sezioni di mmq 0,50 e 0,75 e non superiore a mm 0,25 per le sezioni superiori.

*Diametro sulla gomma dei cordoncini ad isolamento medio.*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Sezione nominale mm² | 0.50 | 0.75 | 1.0 | 1.5 |
| Φ sulla gomma mm | 2.1 | 2.3 | 2.7 | 3.– |
| Sezione nominale mm² | 2.5 | 4.0 | 5.0 | 6.0 |
| Φ sulla gomma mm | 3.7 | 4.4 | 4.7 | 5.– |

Impiego sino a 300 V.

*Tensione di prova* tra i conduttori 1000 V alternativi per 5 minuti.

**A-105. Intensità massima di corrente ammissibile nei conduttori e cavi.** I valori delle intensità ammissibili per i vari cavi sono dati dalla tabella seguente:

*Portata massima in Ampère dei cavi ad un conduttore per bassa tensione.*

| Sezione mmq | Ampère | Sezione mmq | Ampère | Sezione mmq | Ampère |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.50 | 3 | 8 | 33,5 | 150 | 203 |
| 0.75 | 5 | 10 | 38,5 | 180 | 229 |
| 1 | 6 | 16 | 50 | 200 | 240 |
| 1.5 | 10 | 20 | 60 | 240 | 275 |
| 2 | 12,5 | 25 | 65 | 325 | 336 |
| 2.5 | 16 | 35 | 78 | 400 | 392 |
| 3 | 19 | 50 | 97 | 500 | 480 |
| 4 | 22,5 | 75 | 128 | 600 | 547 |
| 5 | 25 | 100 | 158 | 700 | 635 |
| 6 | 29 | 120 | 174 | — | — |

**A-106.** Per cavi a due e tre conduttori valgono le seguenti formole:

$$I_2 = 0{,}7\ I_1$$
$$I_3 = 0{,}57\ I_1$$

dove con $I_1$, $I_2$, $I_3$, si indicano le correnti per conduttore rispettivamente nei cavi a 1-2-3 conduttori.

Questi dati valgono mediamente tanto per cavi in aria che interrati.

I dati della tabella sono stati calcolati per una temperatura ambiente di 20° C a 25° C e una sopraelevazione di temperatura ambiente del conduttore di 11° C.

## 2. - CATEGORIA « B ».

**Cavi in carta essiccata ed impregnata.** (Vedi le Norme Cavi del C.E.I.).

# PARTE SECONDA

## MATERIALI PER CONDUTTURE ELETTRICHE

### 1. - CARATTERISTICHE FISICHE E MECCANICHE DEI CONDUTTORI DI RAME E D'ALLUMINIO PER CONDUTTURE ELETTRICHE.

**B-101.** La tabella fornisce i valori sino ad oggi adottati riportando, per quei dati sui quali non vi è coincidenza di cifre nei vari Stati, i diversi valori.

Trattandosi di lievi differenze, agli effetti dei calcoli potrà essere adottato un valore medio.

| | Rame | Alluminio a 99,5% | |
|---|---|---|---|
| Peso specifico a 20° C gr/cmc | ricotto 8,9 | crudo 2,703 (A.I.E.E.) | crudo e ricotto 2,705 (B.E.S.A.) |
| Resistività a 20° C μ Ω cm | ricotto 1,7241 | crudo 2,826 (A.I.E.E.) | crudo 2,86 ricotto 2,82 (B.E.S.A.) |
| Conducibilità risp. al rame ricotto | ricotto 100 % crudo 97 % | 61 % (Al. of. A.) | crudo 60 % (V.A.W.) (Al. Fr.) |
| Coefficiente di temp. a 20° C | ricotto 0,00393 (*) | crudo 0,00390 (A.I.E.E.) | crudo 0,00400 ricotto 0,00406 (B.E.S.A.) |
| Coefficiente di dilataz. a 20° C | ricotto 0,0000168 | crudo 0,000023 | crudo e ricotto 0,00002268 (B.E.S.A.) |
| Modulo di elasticità kg/mm² | 10000–13000 da ricotto a crudo | 6300 ÷ 7500 (V.A.W.)<br>6300 (Al. of A)<br>6750 (Al. Fr.)<br>6750 (B.E.S.A.) | |
| Carico di rottura alla trazione kg/mm² | crudo 38 ÷ 42 semicrudo 28 ÷ 34 | Fili di alluminio crudo:<br>38÷20 (V. A. W.)<br>17 (Al. of A.)<br>20 (Al. Fr.) | |
| Carico limite di elasticità kg/mm² | crudo 27 ÷ 33 semicrudo 23 ÷ 24 | 11÷12 (Al. Fr.)<br>10 (Al. of A.)<br>10,9 (V. A. W.) | |
| Coefficiente di allungamento | $(100 \div 77) 10^{-6}$ da ricotto a crudo | $(158 \div 133)\ 10^{-6}$ (V.A.W.)<br>$158.10^{-6}$ (Al. of A.)<br>$148.10^{-6}$ (Al. Fr.) | |

(*) Per il rame il coefficiente di temperatura, calcolato a 0° C, risulta uguale a 0,00425.

*Nota.* - A.I.E.E. - American Institute of Electrical Engineers, 1927.
B.E.S.A. - British Engineering Standard Association, 1925.
V.A.W. - Vereinigte Aluminium-Werke A. G., 1928.
Al. of A. - Aluminium of America, 1928.
Al. Fr. - L'Aluminium Francais, 1928.

I dati di peso e di resistenza elettrica si riferiscono sempre a conduttori cilindrici a filo unico.

Nelle trecce, per effetto della cordatura, occorre considerare rispetto al conduttore a filo unico con sezione equivalente un peso unitario ed una resistenza unitaria maggiore del 2 %.

### 2. - LINEE AEREE ESTERNE.

**B-201.** 1) *Sezioni e costituzione dei conduttori*:

Conduttori cilindrici a filo unico:

Si impiega solo il *rame* con sezione fino a 50 mm². Oltre tali valori è consigliabile per il rame l'impiego come corda.

L'*alluminio* deve essere impiegato solo sotto forma di corda.

Ove ragioni di resistenza meccanica lo richiedano, si possono impiegare corde di alluminio con anima d'acciaio anche eventualmente per piccole sezioni di conduttori.

Le sezioni minime consigliabili sono:

rame ........................ 10 mmq
alluminio .................. 25 »

Per i conduttori di rame a filo unico le sezioni normali sono:

| Sezione in mmq | | Diametro in mm | Peso rame in kg/km |
|---|---|---|---|
| Valore nominale | Valore effettivo | | |
| 6 | 5,9 | 2,75 | 52,86 |
| 10 | 9,9 | 3,55 | 88,09 |
| 16 | 15,9 | 4,5 | 141,55 |
| 20 | 19,6 | 5,0 | 223 |
| 35 | 33,2 | 6,5 | 311 |
| 50 | 50,2 | 8,0 | 445 |

Per le corde di rame e per quelle d'alluminio le sezioni normali e la loro composizione sono:

| Sezione in mmq | | Composiz. della corda | | Diametro nominale della corda in mm | Peso in kg/km | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Valore nominale | Valore effettivo | N.° dei fili | Ø fili in mm | | Rame | Alluminio |
| 10 | 10 | 7 | 1,35 | 4,1 | da 84 a 99 | da — a — |
| 16 | 15,9 | 7 | 1,7 | 5,1 | » 135 » 155 | » 41 » 47 |
| 25 | 24,2 | 7 | 2,1 | 5,3 | » 206 » 233 | » 63 » 72 |
| 35 | 34 | 7 | 2,5 | 7,5 | » 295 » 330 | » 91 » 101 |
| 50 | 49 | 7 | 3 | 9 | » 430 » 475 | » 132 » 144 |
| 50 | 48 | 19 | 1,8 | 9 | » 413 » 470 | » 127 » 144 |
| 70 | 66 | 19 | 2,1 | 10,5 | » 562 » 644 | » 170 » 195 |
| 95 | 93 | 19 | 2,5 | 12,5 | » 802 » 905 | » 245 » 275 |
| 120 | 117 | 19 | 2,8 | 14 | » 1018 » 1130 | » 310 » 340 |
| 150 | 147 | 37 | 2,25 | 15,8 | » 1265 » 1435 | » 385 » 440 |
| 185 | 182 | 37 | 2,5 | 17,5 | » 1570 » 1765 | » 480 » 525 |
| 240 | 228 | 37 | 2,8 | 19,6 | » 1975 » 2200 | » 605 » 670 |
| 240 | 243 | 61 | 2,25 | 20,3 | » 2080 » 2360 | » 635 » 720 |
| 300 | 299 | 61 | 2,5 | 22,5 | » 2590 » 2900 | » 790 » 885 |

Per le corde di alluminio con anima di acciaio le sezioni normali e le composizioni sono date dalla tabella sotto riportata.

Per le corde di alluminio-acciaio la sezione, agli effetti elettrici, è calcolata considerando come parte utile solo l'alluminio.

**B-202.** 2) *Carichi di sicurezza e condizioni meccaniche*:

I massimi carichi di trazione che si consiglia di non superare per i conduttori in rame ed alluminio, sono:

conduttori cilindrici in rame ........ 12 kg/mm²
corde in rame ........................ 19 »
corde in alluminio ................... 9 »

Per le corde in alluminio-acciaio si considera agli effetti meccanici tutta la sezione (alluminio + acciaio) e si ammette un coefficiente di sicurezza 2,5 rispetto alla tensione media di rottura $p_r$ della corda, che è data dalla formula:

$$p_r = \frac{0,98\, r_1 + 0,85\, r_2}{m + 1}$$

dove $r_1$ = tensione di rottura dei fili di alluminio,
$r_2$ = » » » » » acciaio,
$m$ = rapporto fra la sezione dell'all. e quella dell'acc.

Occorre inoltre verificare che non si superi nelle peggiori condizioni il limite di sicurezza di ogni componente.

I carichi di sicurezza sopra indicati sono stati fissati considerando come carico medio di rottura alla trazione:

per il rame .......... 40 kg/mm²
per l'alluminio ........ 18 »
per l'acciaio .......... 120 »

**B-203.** Le caratteristiche a cui devono soddisfare i fili di rame, alluminio ed acciaio sono le seguenti:

*Fili di rame e di alluminio.*

| Ø in mm | | Carico di rott. alla trazione kg | | Resist. in Ohm per km a 20° C | | Peso approssim. in kg/km | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Val. nom. | Toll. amm. | Cu | Al | Cu | Al | Cu | Al |
| 1,35 | ± 0,05 | 60 | — | 12,7 | — | 12,74 | — |
| 1,7 | ± 0,05 | 90 | 41 | 8,0 | 14,– | 20,20 | 6,20 |
| 1,75 | ± 0,05 | — | 43 | — | 13,2 | — | 6,57 |
| 1,8 | ± 0,05 | 100 | 46 | 7,15 | 12,5 | 22,65 | 6,95 |
| 2,1 | ± 0,06 | 140 | 63 | 5,25 | 9,– | 30,83 | 9,46 |
| 2,25 | ± 0,06 | 160 | 72 | 4,6 | 7,9 | 35,39 | 10,85 |
| 2,45 | ± 0,06 | — | 85 | — | 6,7 | — | 12,87 |
| 2,5 | ± 0,06 | 200 | 88 | 3,7 | 6,4 | 43,69 | 13,40 |
| 2,75 | ± 0,06 | 240 | — | 3,1 | — | 52,86 | — |
| 2,8 | ± 0,06 | 250 | 111 | 3,0 | 5,0 | 54,81 | 16,81 |
| 2,85 | ± 0,06 | — | 115 | — | 4,9 | — | 17,42 |
| 3,0 | ± 0,06 | 270 | 127 | 2,6 | 4,4 | 62,91 | 19,30 |
| 3,2 | ± 0,08 | — | 145 | — | 3,9 | — | 21,96 |
| 3,55 | ± 0,08 | 380 | — | 1,85 | — | 88,09 | — |
| 3,6 | ± 0,08 | — | 183 | — | 3,07 | — | 27,79 |
| 4,0 | ± 0,08 | — | 214 | — | 2,48 | — | 34,31 |
| 4,5 | ± 0,08 | 600 | — | 1,15 | — | 141,55 | — |
| 4,55 | ± 0,08 | — | 276 | — | 1,9 | — | 44,39 |

*Fili di acciaio.*

| Diametro in mm | | Carico totale di rottura alla traz. in kg | Peso in kg/km |
|---|---|---|---|
| Valore nomin. | Toller. amm. | | |
| 1,4 | ± 0,1 | 185 | 12,1 |
| 1,65 | ± 0,1 | 256 | 16,9 |
| 1,95 | ± 0,1 | 358 | 23,6 |
| 2,15 | ± 0,1 | 435 | 28,7 |
| 2,25 | ± 0,1 | 477 | 31,4 |
| 2,55 | ± 0,1 | 613 | 40,3 |
| 2,85 | ± 0,1 | 765 | 50,4 |
| 3,2 | ± 0,1 | 963 | 63,5 |

*Sezioni normali e composizioni delle corde di alluminio con anima di acciaio*

| Sezione rame equivalente mm² | Diametro esterno in mm | Sezione totale in mm² | Peso in kg/km | Rapporto delle sezioni | | Composizione della corda | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Acciaio | | | | Alluminio | | | |
| | | | | Al-Cu | Al-acc | N. dei fili | Ø in mm dei fili | Ø in mm della treccia | Sezione in mm² | N. dei fili | Ø dei fili mm | N. degli strati | Sez. in mm² |
| 35 | 11,3 | 73,3 | da 238 a 286 | 1,79 | 5,74 | 7 | 1,40 | 4,25 | 10,8 | 26 | 1,75 | 2 | 62,5 |
| 50 | 13,5 | 105,1 | » 341 » 404 | 1,8 | 5,91 | 7 | 1,65 | 4,95 | 15,– | 26 | 2,10 | 2 | 90,1 |
| 70 | 15,8 | 143,5 | » 474 » 550 | 1,75 | 5,78 | 7 | 1,95 | 5,85 | 20,9 | 26 | 2,45 | 2 | 122,6 |
| 95 | 18,3 | 193,7 | » 644 » 730 | 1,75 | 5,88 | 7 | 2,25 | 6,75 | 27,8 | 26 | 2,85 | 2 | 165,9 |
| 120 | 20,6 | 244,9 | » 846 » 930 | 1,74 | 5,78 | 7 | 2,55 | 7,65 | 35,8 | 26 | 3,20 | 2 | 209,1 |
| 150 | 23,1 | 309,3 | » 1034 » 1165 | 1,76 | 5,87 | 7 | 2,85 | 8,55 | 44,6 | 26 | 3,60 | 2 | 264,7 |
| 185 | 25,7 | 382,9 | » 1293 » 1440 | 1,77 | 5,75 | 7 | 3,20 | 9,60 | 56,2 | 26 | 4,00 | 2 | 326,7 |
| 240 | 29,1 | 491,7 | » 1634 » 1845 | 1,76 | 6,10 | 19 | 2,15 | 10,75 | 68,9 | 26 | 4,55 | 2 | 422,8 |

**B-204.** Si prescrive che la rottura dei fili di rame, alluminio e acciaio avvenga dopo un minuto che agisce il carico e il filo debba rompersi in forma di cono allungato. I fili di acciaio, costituenti l'anima dei conduttori alluminio-acciaio, devono essere perfettamente zincati e la zincatura deve soddisfare alle seguenti prescrizioni:

Secondo il *V. D. E.*;

*Zincatura dei fili di acciaio.*

Il filo zincato deve presentare una superficie liscia e omogenea. Inoltre il filo zincato si deve avvolgere a spire accostate su un cilindro avente un diametro decuplo di quello del filo, senza che il filo presenti incrinature o si sfogli.

Il rivestimento di zinco deve essere tale che i fili con diametro maggiore di mm 2,5 sopportino 7 immersioni della durata di 1 minuto ognuna, in una soluzione di 1 parte in peso di $CuSO_4$ e 5 parti in peso di acqua, senza ricoprirsi di una pellicola di rame consistente. Prima e dopo ogni immersione il filo deve essere sfregato con una spazzola, entro acqua pura; ciò per togliere le traccie del rame depositato. Per i fili con diametro uguale o minore di mm 2,5 le immersioni devono essere 6.

Secondo la *B. E. S. A.*;

*Qualità della galvanizzazione.*

I fili di acciaio per le corde di alluminio-acciaio devono essere soggetti a successive immersioni della durata di un minuto ciascuna, in una soluzione satura neutra di solfato di rame a 60° F (15°,6 C). Dopo ogni minuto di immersione il campione asciugato deve essere esaminato per osservare se vi sono evidenti depositi di rame. Per i fili con diametro di 0,104" (2,65 mm) e più non si deve formare deposito prima di 4 immersioni, per i fili con diametro fra 0,104" e 0,072" (2,65 ÷ 1,83 mm) il minimo numero di immersioni è di 3, per diametri minori di 0,072" il minimo numero di immersioni è di 2. Prima della prova il filo zincato deve presentare una superficie omogenea e senza incrinature.

Secondo le *Ferrovie dello Stato* - Direzione Generale - Servizio Approvigionamenti - Capitolato speciale tecnico per la fornitura di filo di ferro zincato per linee telegrafiche e telefoniche - Mod. *A.* 1-18, Art. 2:

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

« Un pezzo di filo avvolto a spire combacianti intorno ad un cilindro del diametro quadruplo non deve nè rompersi nè fendersi, o far molla. La zincatura non deve screpolarsi.

« Un pezzo di filo della lunghezza di cm 20, accuratamente deterso mercè lavaggio nella benzina, immerso quattro volte successive in una soluzione a 15° C di solfato di rame puro cristallizzato, fatta in cinque volte il suo peso d'acqua, ed asciugato dopo ciascuna immersione, non deve presentare nessuna traccia di rame rosso. È fatta eccezione per il filo di mm 1 ½ e 2 per il quale il numero delle immersioni di prova è ridotto a tre.

« Ogni immersione dovrà durare un minuto primo ed il pezzo di filo sotto prova dovrà essere lasciato immobile nel bagno; per asciugare e nettare tale provetta si impiegherà carta bibula ben pulita; nell'esame della provetta stessa non si terrà conto della sua parte estrema per la lunghezza di un centimetro ».

---

# La visita dei direttori dei principali impianti elettrici olandesi agli impianti italiani

Fra il 21 settembre ed il 2 ottobre una comitiva di Dirigenti degli impianti elettrici olandesi ha visitato l'Italia ed i nostri impianti.

Componevano il gruppo l'ing. Bakker, Segretario Generale dell'Associazione dei Dirigenti impianti elettrici olandesi e Direttore dell'impianto dell'Aja, l'ex-ministro dei Lavori Pubblici Prof. van Swaay, il Dr. Schoenfeld in rappresentanza del Ministero dei Lavori Pubblici, l'Ing. Lohr, direttore dell' impianto di Arnhem, il Prof. van Staveren, Direttore dell'Ufficio Centrale dell'Associazione, gli ingegneri Jonker, Direttore della Società Elettrica Provinciale del Nord Brabante, Brunings, Direttore della Società Elettrica Provinciale di Utrecht, Erens, Direttore dell'Azienda Elettrica Comunale di Arnhem, Gelissen, Direttore dell'Azienda Elettrica Comunale di Maastricht, Slooves, Direttore della Società elettrica provinciale di Flersinga, Smits, Direttore delle tramvie comunali di Utrecht. Facevano pure parte del gruppo le gentili Signore Bakker, Gelissen, Jonker, Slooves e van Staveren.

Furono visitati gli impianti del Toce della Soc. Edison, con particolare riguardo alla diga del Toggia, ormai ultimata; le opere assistenziali del gruppo Edison a Suna; la sottostazione della « Sip » a Cislago; gli impianti del Piave S. Croce e la centrale termica di Porto Marghera della Soc. Idroelettrica Veneta; gli impianti della Soc. Boracifera di Larderello; la centrale dell'Acquoria del Consorzio Idroelettrico dell'Aniene; la centrale termica «Maurizio Capuano» della Soc. Meridionale; la centrale termica del Concenter a Genova. A queste visite di carattere tecnico andarono unite alcune gite e visite a località di interesse turistico ed artistico.

Ing. G. J. Th. Bakker.

I graditi ospiti furono incontrati a Firenze dal Gr. Uff. Dott. Sacchi Lodispoto, Direttore Generale delle Acque e degli Impianti Idroelettrici; al banchetto offerto a Roma dalla Società Romana di Elettricità, rappresentata dal Presidente comm. Parisi, partecipò oltre al Gr. Uff. Sacchi, S. E. Patyn, Ministro d'Olanda a Roma. Il Gr. Uff. Sacchi, rispondendo al Dott. Schoenfeld, parlò applauditissimo ricordando come gli Olandesi, che al pari degli Italiani hanno a lungo combattuto per la propria indipendenza, abbiano dedicato anch'essi ingegno e fatiche alla lotta contro le acque per la redenzione delle loro terre: e come numerose altre affinità esistano, specialmente dal punto di vista artistico, fra italiani ed olandesi.

Il Ministro d'Olanda partecipò pure, insieme alla sua gentile Signora, alla colazione offerta il giorno seguente a Tivoli alla quale erano pure presenti il Gr. Uff. Rampazzi e il Gr. Uff. Sacchi Lodispoto.

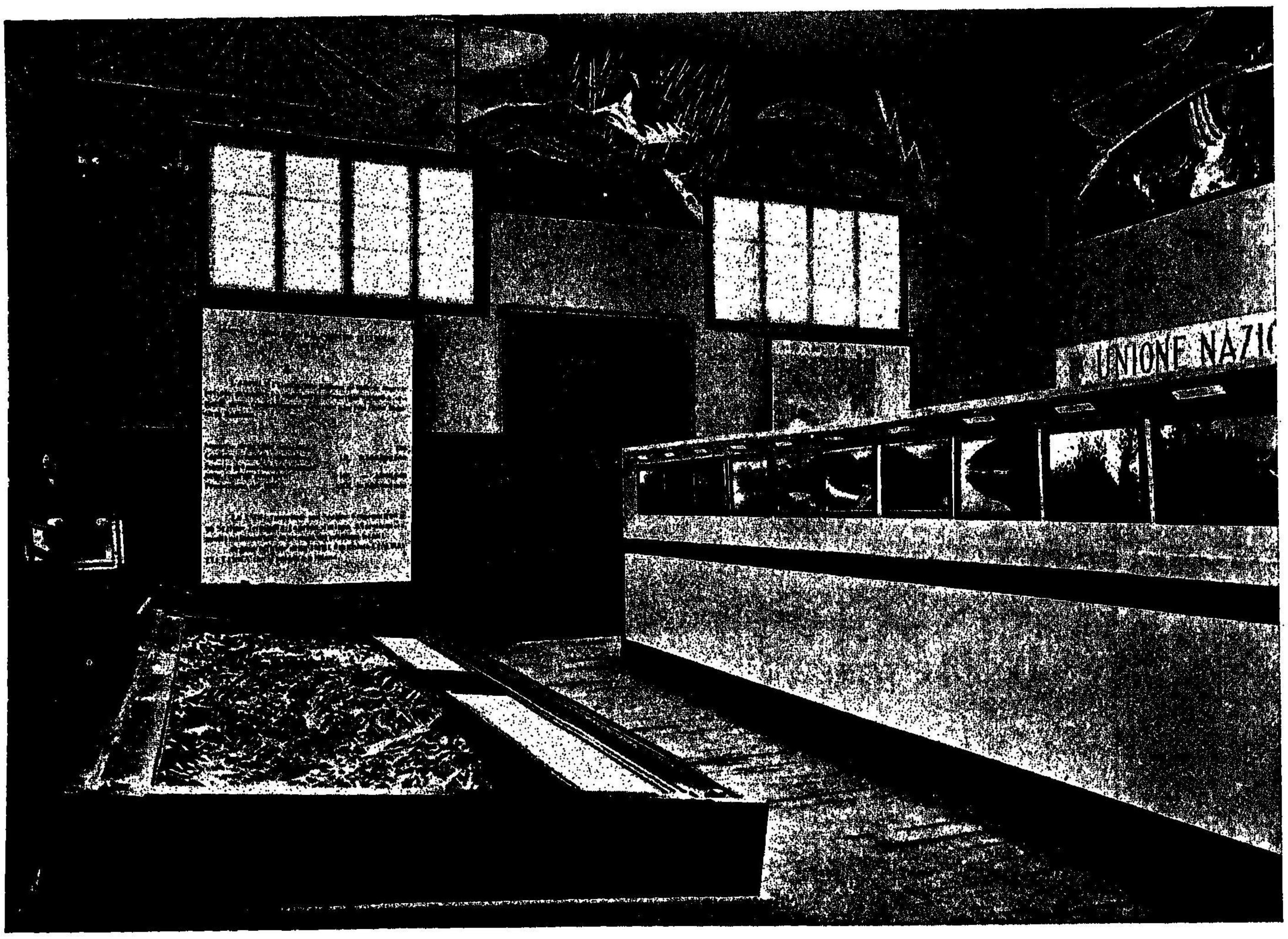
Indirizzi cordialissimi furono poi scambiati durante il viaggio fra il Sig. Bakker e il Sig. Lohr per gli Olandesi e l'on. Motta, il Senatore Marcello, il Dott. Segre, il Principe Ginori Conti, il Comm. Parisi, l'Ing. Cenzato, l'Ing. Balsamo.

Con gentile pensiero i colleghi olandesi, prima di lasciare Roma, vollero recarsi a deporre una corona di fiori coi nastri del loro paese sulla Tomba del Milite Ignoto.

# LA "UNFIEL" ALLA FIERA DI BARI

In occasione della Fiera del Levante, giunta quest'anno con crescente successo alla sua terza manifestazione, il Comitato Nazionale Forestale, presieduto da S. E. Starace, Segretario del P. N. F., ha organizzato una «Mostra Forestale e Montana» intitolata ad Arnaldo Mussolini e destinata ad onorarne la Memoria. Alla Mostra hanno partecipato tutti gli Enti che con la loro attività collaborano alla risoluzione del problema forestale italiano: sei Padiglioni appositamente costruiti hanno ospitato un materiale vario e complesso allestito e presentato dai Ministeri dei Lavori Pubblici, delle Comunicazioni e dell'Educazione Nazionale, dalle Confederazioni degli Agricoltori e dell'Industria, dal Commissariato per il Turismo, dalla Milizia Forestale, dal Touring Club Italiano, dal Club Alpino Italiano, ecc.

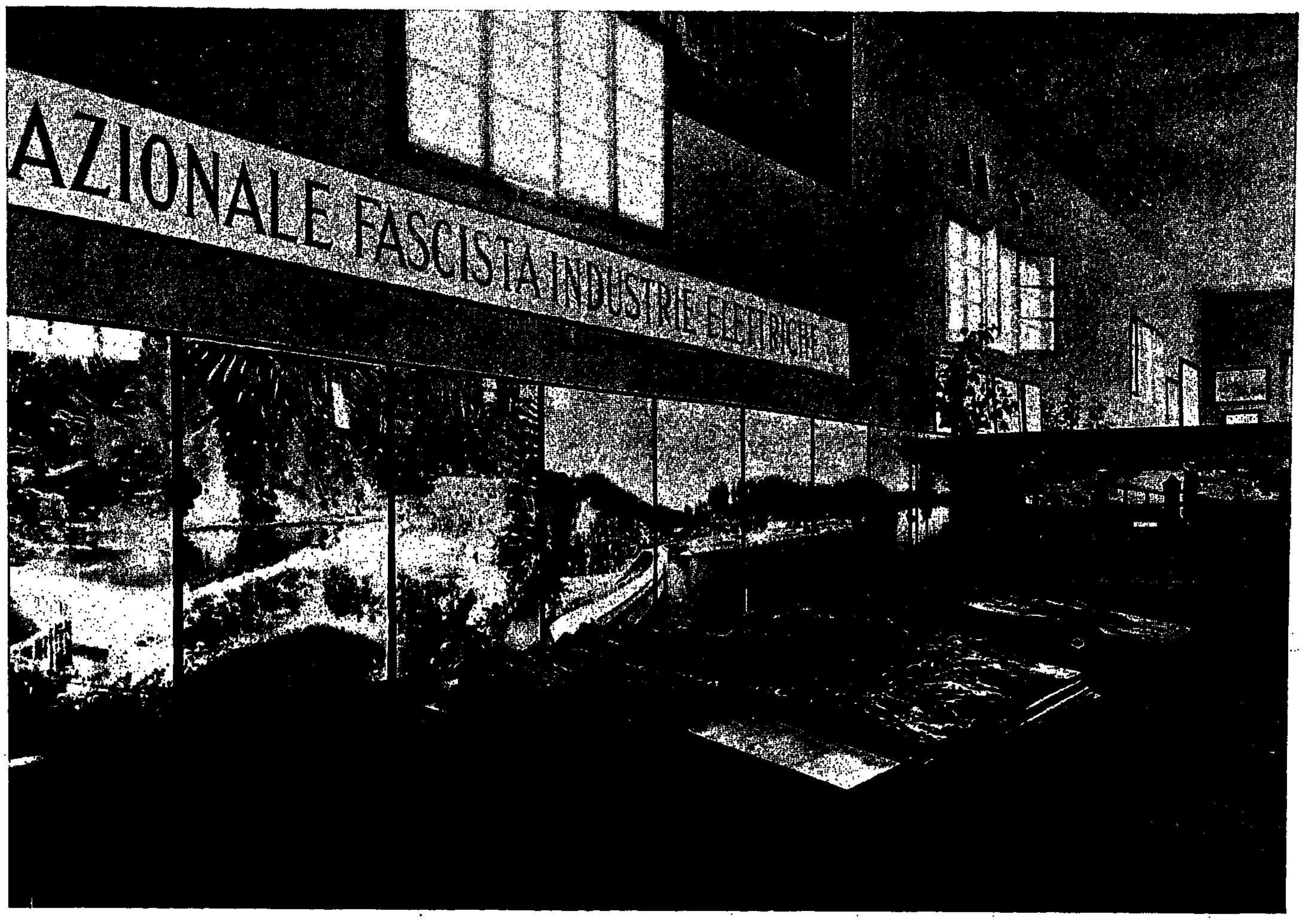
Mostra della «Unfiel»: diapositive e fregio decorativo.



Mostra della «Unfiel»: plastico degli impianti del Lago d'Idro.

Fra i partecipanti è da annoverare anche la UNFIEL che ha predisposto una propria Mostra nel Padiglione del Ministero dei Lavori Pubblici, accanto a quelle del Servizio Idrografico e

ell'Azienda della Strada. Tale Mostra, con un complesso di plastici, di fotografie e di diapositive, ha dato ai visitatori della Fiera del Levante una idea esatta dei grandiosi lavori compiuti dall'industria elettrica italiana per lo sfruttamento e la regolazione del patrimonio idraulico italiano, nella catena delle Alpi, nell'Appennino Centrale, nella Sila, in Sicilia, in Sardegna. Completava lo *stand* un fregio decorativo in tre trittici dovuti al pennello del Prof. Giuseppe Rivolo di Milano.




Mostra della «Unfiel»: diapositive degli impianti Silani.

La Mostra della UNFIEL, che ha avuto l'onore di essere visitata da S. A. R. il Duca d'Aosta, dalle LL. EE. Di Crollalanza, Ciano, De Bono e Starace, dall'on. Benni, dall'on. Olivetti e da numerosi altri illustri visitatori, ha ottenuto un buon successo, inquadrandosi degnamente nella rassegna documentata di quanto è stato fatto nell'interesse del bosco e della montagna secondo le direttive tracciate dal Governo Nazionale.

Alla Fiera del Levante ha pure preso parte con un proprio padiglione la Soc. Meridionale di Elettricità, presentando un riuscito quadro plastico dei suoi impianti di produzione, trasporto e distribuzione, ed una efficace dimostrazione grafica dell'incremento conseguito nell'ultimo decennio nell'impiego dell'energia elettrica per usi agricoli.

Padiglione della Soc. Meridionale di Elettricità.

Interno del Padiglione della Soc. Meridionale di Elettricità.

# L'incendio della Centrale di Bruxelles

Come è stato pubblicato anche dalla stampa quotidiana, il giorno 28 settembre un grave incidente ha quasi distrutto la Centrale della Città di Bruxelles.

È interessante conoscere la causa di così grave disgrazia, poichè essa fu così tenue da ricordare il « parva favilla » dell'antico proverbio.

A quanto si presume, è bastato infatti a produrre il disastro lo scoccare di una scintilla fra due conduttori a bassa tensione.

Nel giorno dell'incendio, alle ore 13,45 all'incirca, mentre il carico alla centrale era molto basso, l'operaio addetto ad uno dei gruppi turbo-alternatori da 6000 kVA vide una fiamma propagarsi lungo un breve tratto di due conduttori colleganti un motore ausiliario a corrente continua al servomotore del regolatore. Tali conduttori, alla tensione di 220 V, sono quasi completamente rivestiti da un tubo di protezione in spirale di ferro; solo per un breve tratto vicino al motore essi sono semplicemente ricoperti di isolante, senza protezione speciale.

Si suppone che appunto in questo tratto sia avvenuto un corto circuito fra i due conduttori di alimentazione del servomotore; siccome i fili in questione erano ricoperti da un leggero velo di lubrificante la fiamma si propagò rapidamente verso il regolatore, che essendo pure ricoperto da un sottile strato d'olio prese fuoco.

L'operaio addetto al gruppo cercò di far scattare la valvola di sicurezza della macchina ma non potè riuscirvi in causa delle fiamme che coprivano tutta la faccia anteriore della turbina; così pure non potè azionare il volano posto vicino alla macchina, e dovette accontentarsi di chiudere l'accesso del vapore.

La turbina è provvista di un doppio sistema di circolazione d'olio: una parte alla pressione di 4 kg/cm² serve per il funzionamento del regolatore a servomotore; l'altra parte, alla pressione di 2 kg/cm² serve alla circolazione d'olio nei supporti. Fra i due sistemi è inserita una valvola di regolazione della pressione posta in basso e sulla faccia anteriore della turbina. Questa valvola presentava una leggera perdita di olio e pertanto si era posto sotto di essa un recipiente di latta per raccogliere l'olio sfuggente. Quando le fiamme, propagandosi lungo i tubi per la circolazione dell'olio e alla superficie della macchina, raggiunsero la valvola di regolazione, l'olio raccolto nel recipiente di latta prese fuoco a sua volta e la fiamma prodottasi provocò un forte riscaldamento della valvola, con conseguente aumento della pressione dell'olio. Per la forte pressione il coperchio della valvola di regolazione si staccò e venne lanciato lontano, lasciando uscire un getto d'olio surriscaldato ad alta pressione; questo passando attraverso le fiamme prese fuoco e l'operaio vide un getto d'olio infiammato proiettarsi fino al soffitto, ad un'altezza di circa 15 m.

Il soffitto essendo in legno, in pochi secondi fu in fiamme. Il tetto era doppio, con soffitto del tipo sospeso; questo, essendo sopra la sala macchine, era spesso molto caldo, così che talvolta era impossibile camminarvi sopra. Tutte le strutture in legno fra soffitto e tetto propriamente detto presero rapidamente fuoco sotto l'azione del getto d'olio infiammato e ben presto il soffitto in fiamme cadde nella sala macchine, mettendo il fuoco a tutto il materiale infiammabile.

Col calore, l'intelaiatura del tetto cedette e cadde nell'interno della sala, trascinando con sè i resti delle strutture in legno; invece le travi più robuste correnti lungo i lati della sala macchine resistettero trattenendo parte dell'intelaiatura del tetto. Per tal modo il fuoco venne ad essere in una certa misura circoscritto alla parte centrale della sala macchine, e la sala caldaie e il locale del quadro, posti di fianco alla sala macchine, risultarono in certo qual modo protetti dal fuoco. Infatti la sala caldaie, grazie anche e sopratutto alla sua struttura in cemento armato, non ebbe a subire altri danni all'infuori della rottura delle finestre verso la sala macchine. Anche il quadro di manovra e controllo per i turbo alternatori posto di fronte alla sala macchine, malgrado il calore fortissimo non subì danni molto rilevanti. Il quadro ad alta tensione è rimasto intatto.

Al momento dell'incendio, la centrale era coperta da nuvole di fumo visibili a molti chilometri di distanza. Quando arrivarono i pompieri, il tetto era già si può dire distrutto e la sala macchine non era più che un groviglio di ferri roventi e di rovine in fiamme. Non si hanno però a deplorare infortuni mortali al personale che, preso dal panico, abbandonò rapidamente il luogo del sinistro.

È opportuno ricordare che malgrado l'entità del disastro l'interruzione dei servizî elettrici cittadini non durò che poche ore. Infatti alle 18 dello stesso giorno 28 il servizio era ripristinato quasi ovunque, grazie ad accordi con la Società *Inter-Brabant*, che possiede due sottostazioni nelle vicinanze della città.

Occorreranno alcuni mesi prima che la centrale possa riprendere il suo carico normale; però si nutre speranza di poter rimettere in efficienza un gruppo in un tempo relativamente breve.

All'inchiesta è risultato che la valvola di regolazione dell'olio, il cui scoppio è stato una delle cause del disastro, era del vecchio tipo e probabilmente era stata smontata qualche tempo fa; si rilevò che uno dei pezzi della valvola era mancante.

Non è questo il primo caso nel quale un incidente insignificante porta gravissime conseguenze in una centrale in marcia. Ricordiamo che una ventina d'anni fa la testa di un bullone distaccatasi da un regolatore in moto in una centrale idraulica americana, proiettata contro un altro regolatore produsse lo sfasciamento del gruppo di quest'ultimo, e successivamente quello di tutti i gruppi in marcia, riducendo la centrale ad un ammasso di macerie.

Questi fatti dicono come debba essere diligente e continua la sorveglianza sui più modesti elementi del macchinario e delle apparecchiature, e come il personale addetto all'esercizio delle centrali in qualche caso « viva pericolosamente ».

AVV. ANNIBALE GILARDONI
PROF. NEL POLITECNICO DI MILANO

# Le industrie elettriche e la nuova legge di pubblica sicurezza

I. *Premesse.* - II. *Relazione a Sua Maestà il Re.* - III. *Disposizioni generali.* - IV. *Autorizzazioni di polizia.* - V. *Inosservanza di ordini e contravvenzioni.* - VI. *Materie esplodenti.* - VII. *Prevenzioni di infortuni e disastri.* - VIII. *Libretti di lavoro; denuncie di lavoro.* - IX. *Assunzione di stranieri.* - X. *Guardie particolari.* - XI. *Altre disposizioni riguardanti l'industria.* - XII. *Stato di pericolo e stato di guerra.*

I. – La pubblicazione del nuovo codice penale (1), per cui esisteva delega legislativa al Governo del Re (2) ha portato la conseguenza, pure delegata, della pubblicazione di un nuovo testo unico delle leggi di pubblica sicurezza, promulgato appunto col R. D. 18 giugno 1931, n. 773 (*Gazz. Uff.* 26 giugno 1931, n. 146, Supplemento).

Non poche disposizioni di tale testo unico interessano le industrie in generale e l'industria elettrica in particolare; giova riassumere il contenuto del testo medesimo su dieci punti: *a*) Relazione; *b*) Disposizioni generali; *c*) Autorizzazioni di polizia; *d*) Inosservanza degli ordini e contravvenzioni; *e*) Materie esplodenti; *f*) Prevenzione di infortuni e disastri; *g*) Libretti di lavoro ecc.; *h*) Assunzione di stranieri e di operai; *i*) Guardie particolari; *l*) Altre disposizioni sullo stato di pericolo e stato di guerra.

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

II. – *a*) Relazione a S. M. il Re, che accompagna il Testo unico delle leggi di P. S. richiama la pubblicazione dei nuovi codici e la delega legislativa per le leggi conseguenti. La stessa premessa giustifica le innovazioni, tanto in ordine alla *facoltà di sospensione e di revoca delle autorizzazioni*, alla *perseguibilità di ufficio dei reati commessi a danno dei pubblici esercenti* (cioè di esercenti pubblico servizio) *o dei loro dipendenti* (perseguibilità abolita nella legge di P. S. perchè non contenuta nel nuovo Cod. Pen.) al *divieto di pubblicazioni contrarie agli ordinamenti economici dello Stato*, alle *associazioni, enti od istituti* che svolgono comunque opera contraria all'ordine nazionale.

Tali innovazioni, abrogazioni e riforme sono nella Relazione a Sua Maestà giustificate in relazione al precedente testo delle leggi di pubblica sicurezza 26 novembre 1925, n. 2029.

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

III. – *b*) Le *disposizioni d'ordine generale*, contenute nella nuova legge di P. S. sono una specie di introduzione del nuovo testo e interessano tutti come interessano l'industria elettrica anche perchè riguardano il complesso degli atti amministrativi in materia.

Prima fra tali disposizioni è quella sulla competenza dell'Autorità di P. S. che (art. 1) veglia al mantenimento dell'ordine pubblico, alla sicurezza dei cittadini, alla loro incolumità, alla integrità delle proprietà, e « cura l'osservanza delle leggi e regolamenti generali e speciali dello Stato, delle Provincie e dei Comuni, *nonchè delle ordinanze delle Autorità* ». Tali attribuzioni spettano al Prefetto, al Questore, al Capo dell'ufficio locale di P. S. e, in mancanza di questi, al Podestà.

Il Prefetto, *nel caso di urgenza o per grave necessità pubblica*, ha facoltà di adottare i provvedimenti indispensabili per la tutela dell'ordine pubblico e della sicurezza pubblica (art. 2). Questa facoltà, già contenuta nella legge speciale sui Prefetti del 3 Aprile 1926 N. 660 trova il suo limite solo nel ricorso al Ministro dell'Interno (art. 2 capoverso). Uguale facoltà di ricorso esiste per i provvedimenti dell'autorità inferiore (Podestà, Commissario, Questore), ricorso però proponibile in via gerarchica e nel termine di giorni 10 (non giorni 15 come all'art. 113 della legge comunale e provinciale 30 Dicembre 1923, n. 2839). Il ricorso contro provvedimenti dell'autorità di P. S. non ha mai effetto sospensivo (art. 6).

I provvedimenti dell'Autorità di P. S. sono eseguibili *in via amministrativa*, cioè senza obbligo di formula esecutiva giudiziaria notificata; se l'interessato non si uniforma all'ordine, si emana diffida a tre giorni, decorso questo termine si emettono i provvedimenti d'ufficio *ritenuti necessari*, coll'assistenza, ove occorra, della forza pubblica. La nota di spese dei provvedimenti d'ufficio è resa esecutiva dal Prefetto e la somma relativa si riscuote coi previlegi delle imposte (art. 5). Deve essere particolarmente posto in rilievo il disposto dell'art. 7 della legge di P. S. il quale stabilisce che « *nessun indennizzo è dovuto per i provvedimenti dell'autorità di P. S. nell'esercizio delle facoltà ad essa attribuite dalla legge* ».

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

IV. – *c*) Il terzo punto richiamabile per l'industria elettrica nella legge di P. S. è quella delle *Autorizzazioni di polizia*. Tali sono (art. 14) le licenze (esercizi), le iscrizioni in appositi registri (portieri, guardiani), le approvazioni (nomina di guardie particolari) e simili (art. 14).

Le autorizzazioni di polizia sono personali, non possono esser trasmesse nè dar luogo a rapporto di rappresentanza non prevista dalla legge; sarebbe previsto invece, ad es., quello del Direttore rispetto alle Società elettriche. Tali autorizzazioni, sempre nominative, possono essere condizionate (art. 9) e possono in qualunque tempo essere sospese o revocate, in caso di abuso della persona autorizzata (art. 10). Giova ricordare che il diniego di rilascio delle autorizzazioni di polizia non può più costituire oggetto di ricorso alla Giunta provinciale amministrativa, nei casi di illegittimità, come prevedeva l'art. 2 del T. U. delle leggi sulla giustizia amministrativa 26 giugno 1924, n. 1058, articolo che è stato appunto abrogato col T. U. in esame delle leggi di P. S. (art. 224).

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

V. – *d*) Il quarto punto richiamabile, sempre nell'interesse dell'industria elettrica, è quello dell'*inosservanza degli ordini dell'autorità di pubblica sicurezza e delle contravvenzioni*. A tale riguardo il nuovo testo ammette la facoltà di accesso degli ufficiali ed agenti di P. S. in tutti i locali destinati all'esercizio di attività soggette ad autorizzazioni di polizia (caldaie, centrali, depositi esplosivi) al fine di assicurare l'adempimento delle prescrizioni di legge, di regolamenti e degli ordini dell'autorità (art. 16).

L'invito a presentarsi e a comparire dinanzi all'Autorità di P. S. è obbligatorio, sotto pena di arresto fino a quindici giorni ovvero di ammenda fino a lire cento (art. 15).

Le contravvenzioni alla legge di P. S., non previste da altre leggi speciali, sono colpite dalla pena dell'arresto fino a tre mesi ovvero coll'ammenda fino a lire duemila.

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

VI. – *e*) La detenzione di *materie esplodenti* è soggetta al solo obbligo di denuncia; il deposito permanente è soggetto ad autorizzazione, il tutto salvo divieto del Prefetto (art. 38 e 39 e 45);

(1) D. R. 19 Ottobre 1930.
(2) L. 24 Dicembre 1925 N. 2260.

se manca la denuncia o l'autorizzazione si provvede a perquisizione e sequestro (art. 41). La licenza di deposito di esplosivi è emessa dal Ministero dell'Interno (art. 46).

..............................................................

VII. – *f*) Il nuovo T. U. delle leggi di P. S. contiene una serie di norme (Capo V) relative alla *prevenzione di infortuni e disastri.* A tale categoria appartengono i provvedimenti per la distruzione degli esplosivi che « possono costituire pericolo per l'incolumità pubblica e per l'ordine pubblico (art. 56) ». È vietato, senza licenza dell'autorità di P. S., accendere razzi, fuochi di artificio, aereostati con fiamme e simili (art. 57). Qualunque ascensore per trasporto di persone e materiali, questi ultimi se accompagnati da persone, non può essere impiantato e tenuto in esercizio senza licenza del Prefetto (art. 60). I *portieri*, i *custodi* di magazzini e stabilimenti di qualsiasi specie, che non rivestano la qualità di guardie particolari giurate, debbono ottenere l'iscrizione in apposito registro presso l'autorità di P. S. L'iscrizione è annuale e deve essere rinnovata. L'iscrizione importa l'obbligo del possesso della carta di identità rilasciata dall'ufficio comunale (art. 3). I proprietari o gli amministratori degli stabilimenti e coloro che, *a qualsiasi titolo*, ne rispondano, sono puniti coll'ammenda da lire duemila a lire seimila, ove assumano e tengano in servizio portieri o guardiani senza i requisiti di legge (art. 62).

I depositi di oli minerali e residui di questi sono dalla legge di P. S. qualificati *pericolosi;* altrettanto per gli stabilimenti che, con regolamento speciale ministeriale, saranno dichiarati capaci di produrre *pericolo di scoppio o di incendio*. Con tal regolamento, tuttora da emanarsi, saranno stabilite le norme di impianto e di esercizio (art. 63).

L'esercizio di *mestieri rumorosi od incomodi* sono limitabili per l'orario e le modalità (art. 66, 67).

..............................................................

VIII. – *g*) Per quanto riguarda l'esercizio delle industrie di ogni specie, e quindi anche dell'industria elettrica devono essere ricordate le norme circa il rilascio, su richiesta dell'interessato o della Direzione degli stabilimenti, del cosidetto *libretto di lavoro* su cui il Direttore o proprietario deve segnare la data di assunzione o di licenziamento, il servizio prestato e la condotta tenuta (art. 129) degli operai e capi operai. I direttori degli stabilimenti debbono trasmettere alle autorità di P. S., nel termine di cinque giorni dall'assunzione, *l'elenco degli operai* impiegati, notificando le variazioni nei primi cinque giorni di ogni mese (art. 130). I direttori degli stabilimenti non possono assumere operai sforniti di carta di identità (art. 130 capov.).

..............................................................

IX. – *h*) Sempre attinenti all'esercizio dell'industria sono le disposizioni relative all'obbligo di denuncia, entro cinque giorni, dell'assunzione o della cessazione, alla propria dipendenza, per qualsiasi causa, di cittadini *stranieri*; la denuncia deve specificare a qual servizio lo straniero è adibito (art. 145). Quando l'assuntore è un Ente collettivo (società, consorzio), l'obbligo spetta a chi ne ha la rappresentanza (art. 145 capov.).

..............................................................

X. – *i*) Per quanto si riferisce alle *guardie particolari*, preposte alla vigilanza o custodia delle proprietà mobiliari od immobiliari nell'interesse di una o più persone o Enti, di Enti collettivi (Società) o privati valgono le disposizioni contenute nel nuovo Testo unico delle leggi di P. S. di cui agli art. 133 e segg.; le guardie particolari sono soggette a licenza prefettizia (art. 134) che non comporta diritto di investigazione e tanto meno la qualità di agente della forza pubblica. Le guardie particolari (art. 138) devono possedere i seguenti requisiti: cittadinanza italiana, maggiore età ed esaurimento degli obblighi di leva, saper leggere e scrivere, non avere riportato condanne *per delitto*, aver buona condotta morale e politica, esser munito di carta di identità ed essere iscritto alla Cassa Assicurazioni sociali e a quella degli infortuni del lavoro. Il titolo di nomina a guardia particolare è rilasciato dal Prefetto (art. 138).

..............................................................

XI. – *l*) Per quanto riguarda l'*esercizio delle industrie* meritano rilievo pure le seguenti disposizioni:

art. 104, che vieta di corrispondere, in tutto o in parte, mercedi e salari in bevande alcooliche di qualsiasi specie;

art. 108, che vieta di « dare alloggio per mercede » (e tale deve anche ritenersi sia il caso di alloggio a dipendente verso ritenuta di salario o corresponsione di aria) senza autorizzazione dell'autorità locale di P. S.;

art. 115, che vieta le esposizioni, le mostre, le fiere campionarie, sempre senza tale autorizzazione.

..............................................................

XII. – Per chiudere il riassunto delle norme della legge di P. S. che interessano l'industria elettrica, merita di essere ricordato che oltre allo stato normale di convivenza sociale, per cui valgono, fra l'altro, le norme fin qui richiamate dalla legge di P. S., la legge stessa contempla due *stati eccezionali* e tali sono lo *stato di pericolo pubblico* e lo *stato di guerra.*

Il primo si verifica quando sussista « pericolo di disordini », formula usata dall'art. 214 con dizione ampia e discrezionale. In questo periodo, che deve esser dichiarato dal Ministro dell'interno, con l'assenso del Capo del Governo, il Prefetto può ordinare l'arresto o la detenzione di qualsiasi persona, qualora ciò ritenga necessario per ristabilire o per conservare l'ordine pubblico (art. 315); se lo stato di pericolo è proclamato in tutto il Regno, il Ministro dell'Interno, ha potere di ordinanza generale e speciale, « *anche in deroga alle leggi vigenti* » (art. 216).

Lo *stato di guerra* si verifica coll'affidamento della tutela dell'ordine pubblico alla Autorità militare. Lo stato di guerra è dichiarato con decreto del Ministro dell'Interno, su assenso del Capo del Governo, o con decreto Prefettizio, per delegazione ministeriale. Durante lo stato di guerra si verificano tutte le conseguenze dello stato di pericolo, salvo il trasferimento della competenza all'Autorità militare.

ANNIBALE GILARDONI.

# DIRITTO E GIURISPRUDENZA

**Fornitura di energia elettrica - Tassa di registro.**

MASSIMA

*La tassa di registro dovuta su un contratto di fornitura va calcolata in conformità alla tariffa della legge vigente al tempo della registrazione.*

*Se in quel momento sia stata esatta la tassa in misura presuntiva secondo una liquidazione provvisoria, e successivamente sia stato richiesto un supplemento di tassazione in proporzione all'effettivo ammontare della fornitura accertato nel frattempo, anche questa nuova tassazione, costituendo il complemento integrante di quella originaria, va calcolata in base alla tariffa vigente all'atto della registrazione.*

*Non è quindi applicabile ad essa la riduzione apportata da nuove leggi emanate nell'intervallo fra la registrazione e la tassazione suppletiva.*

*Il disposto e la tariffa di cui all'art. 6 della legge 23 aprile 1911, N. 509, non sono applicabili alle contrattazioni stipulate per pubblico atto.*

(Cassazione del Regno, I Sez., 14-27 luglio 1931, Pres. Pinto, Rel. Scalfaro, in causa FINANZE STATO c. SOC. AN. PIEMONTE CENTRALE).

FATTO

Ritenuto che con citazione 11 febbraio 1928 la Soc. An. per le forze idrauliche dell'Alto Po, sedente in Torino, assumeva che nel 1923 aveva conchiuso col comune di Bra un contratto per la fornitura di energia elettrica necessaria all'acquedotto di Bra, che il detto contratto era stato registrato il 22 ottobre 1923 col pagamento di una tassa di L. 2678,55, però il 14 maggio 1927 la società era stata invitata a pagare all'ufficio del Registro di Bra entro dieci giorni la somma di L. 1759 quale tassa suppletiva di Registro cui era asceso l'appalto per la fornitura ed aveva effettivamente pagato il 27 maggio stesso la somma richiesta; che, ritenendo non essere dovuta la tassa suppletiva pagata, aveva prodotto ricorso all'Intendente di Finanza di Cuneo, il quale con decisione 28 ottobre 1927 aveva accolto soltanto parzialmente il ricorso, di modo che si vedeva costretta ad adire le autorità giudiziarie per il completo riconoscimento delle proprie ragioni, ciò premesso conveniva l'amministrazione delle Finanze dello Stato davanti al Tribunale di Torino per sentire dichiarare illegittima la tassa di registro imposta sul contratto 9 luglio 923 e sentirsi condannare a restituire la somma indebitamente percetta cogli interessi dalla emananda sentenza e spese di causa. Nelle more del giudizio l'Intendenza di Finanza di Cuneo, ritornando sulla sua decisione 28 ottobre 1927 e ritenendo erronea la fatta applicazione del R. D. 1º luglio 1926, n. 1157 poichè non si trattava di concessione di pubblico servizio, revocava la concessione stessa confermando la liquidazione già fatta dall'ufficio del Registro di Bra. Il tribunale con sentenza 5-27 marzo 1929, riconoscendo dovute le tasse percette, assolveva l'amministrazione dalle domande attrici, con la condanna della società alle spese del giudizio. Proponeva appello la Soc. An. Piemonte Centrale di Elettricità succeduta alla Società Forze Idrauliche Alto Po e la Corte di Appello di Torino con sentenza 11-16 giugno 1930 dichiarava illegittima la tassa di registro percetta sul contratto stipulato il 13 agosto 1923 tra la Società ed il Comune di Bra nella misura superiore a quelle previste dall'art. 6 della legge 23 aprile 1911, n. 502 per l'esercizio anteriore alla legge 30 dicembre 1923 e dall'art. 46 tariffa all. D. del R. D. L. 30 dicembre 1923 n. 3269 per gli anni di esercizio posteriore; conseguentemente condannava l'amministrazione a restituire alla società le somme percette indebitamente, con gli interessi dal passaggio in giudicato della sentenza e con le spese del giudizio. Di tale sentenza notificata il 9 ottobre 1930 l'Amministrazione delle Finanze dello Stato con ricorso 3 gennaio 1931 domanda l'annullamento per i seguenti motivi: 1º) Violazione degli art. 7, 32 e 150 legge di registro 30 dicembre 1923, n. 3269 poichè con evidente errore la Corte di appello ha affermato che pur essendo stato il contratto registrato anteriormente alla vigente legge di registro 30 dicembre 1923, dovesse applicarsi alla tassa richiesta successivamente alla originaria liquidazione ed a complemento della stessa, la legge imperante al tempo della richiesta e non quella vigente al momento della registrazione; 2º) Violazione dell'art. 52 della tariffa all. B al R. D. 22 gennaio 1922 n. 107 ed erronea applicazione degli art. 4 e 6 legge 23 aprile 1911 n. 509 poichè erroneamente fu disconosciuto che anteriormente alla legge 30 dicembre 1923 i contratti di somministrazione di energia elettrica a pubbliche amministrazioni andavano soggetti alla tassa di appalto del 2 per cento; 3º) Violazione dell'art. 46 della tariffa all. D alla citata legge di registro 30 dicembre 1923, n. 3269 poichè erroneamente fu disconosciuto che la disposizione dell'art. 46 e così l'aliquota di favore del 0,20 per cento è applicabile ai contratti di abbonamento e di somministrazione di energia elettrica anche a pubbliche amministrazioni in quanto risultino da scrittura privata o da polizza o da domanda firmata dall'utente. Con un controricorso 2 marzo 1931 la società Piemonte Centrale di Elettricità domanda la reiezione del ricorso.

DIRITTO

Considerato che la tassa di registro si paga in compenso del servizio che lo Stato rende ai privati con la registrazione degli atti, registrazione la quale accerta la esistenza legale degli atti ed imprime alla scrittura privata la data certa. Il servizio viene ad essere reso nel momento della registrazione ed il compenso non può essere regolato che dalla legge in quel momento vigente. Unico essendo l'atto presentato per la registrazione, il servizio che lo Stato rende, la tassazione non può essere che unica, anche se per circostanze particolari venga ad essere completata in tempo successivo. Può la Finanza, dopo la prima liquidazione della tassa o in base all'accertamento di errori od in base ad elementi che prima mancavano, procedere ad una ulteriore liquidazione e richiedere la conseguente tassa suppletiva o complementare. Questa non è una nuova tassa, ma è parte integrante, complemento della tassa principale, colla quale costituisce una unica tassa. È adunque al momento della registrazione che bisogna riportarsi per decidere della legittimità della richiesta del tributo, anche se liquidato successivamente a titolo di supplemento o di complemento. Nel caso concreto, trattandosi di contratto per l'assunzione della fornitura di energia elettrica ad un comune, nel momento della registrazione 22 ottobre 1923 era stato tassato l'ammontare presuntivo della fornitura; successivamente, il 14 maggio 1927 veniva tassato il maggior corrispettivo cui effettivamente era ascesa la fornitura stessa per la verificatasi esecuzione del contratto secondo i patti convenuti. La prima tassazione aveva avuto carattere provvisorio, la applicazione definitiva della tassa era quella fatta al termine del contratto. La tassa richiesta al termine della fornitura era complemento della prima in quanto con essa si colpiva il maggiore corrispettivo a cui la fornitura era ascesa. Non vi furono più tasse distinte a seconda degli anni di durata della fornitura o dei due periodi, l'uno anteriore e l'altro posteriore al 1923, ma una tassa unica che colpì lo stesso ed unico contratto, per tutta la durata e nell'effettivo integrale valore della fornitura. Secondo i principii affermati, era al momento della registrazione che bisognava avere riguardo per decidere della legittimità della tassa richiesta, sia per la parte originariamente, ed in via provvisoria percetta, sia per la parte richiesta successivamente a complemento della prima. E per decidere di tale legittimità non si poteva avere riferimento che alle leggi vigenti nel momento della registrazione. In evi-

dente errore è incorsa la sentenza denunciata in quanto ha ritenuto che, pur essendo stato il contratto in questione registrato prima che entrasse in vigore la legge di registro del 30 dicembre 1923, n. 3269, si dovesse applicare tale legge alla tassa richiesta a complemento della originaria liquidazione per essere la richiesta avvenuta sotto l'impero della nuova legge, e che soltanto per la tassa percetta al momento della registrazione fosse applicabile la legge a quel tempo vigente. E male a proposito la Corte di Appello credette invocare in sostegno della sua decisione l'art. 150 del T. U. del 1923, disposizione che doveva far pervenire ad una soluzione opposta a quella adottata. Invero il citato art. 150 stabilisce che alla nuova tariffa sulle tasse di registro sono soggetti gli atti in forma pubblica e privata, anche se sottoposti ad approvazione od omologazione giudiziale o stragiudiziale, nonchè le denuncie di contratti verbali che saranno presentati alla registrazione dopo l'entrata in vigore della tariffa medesima. E aggiunge che per gli atti di data anteriore pei quali non fosse ancora scaduto il termine normale di registrazione e questa fosse eseguita nel termine normale, si applicherà la tariffa anteriore. È evidente che la norma, in armonia ai comuni principii sulla efficacia della legge nel tempo, proclama come regola l'applicabilità alla tassazione degli atti di quelle disposizioni che sono in vigore al momento della registrazione. Il principio della irretroattività della legge è affermato esplicitamente. La nuova legge si applica agli atti che saranno presentati alla registrazione dopo la sua entrata in vigore, il che importa che gli atti presentati alla registrazione anteriormente sono soggetti alle disposizioni della legge precedente. Come eccezione viene stabilito che per gli atti formati sotto l'impero della legge precedente ma presentati per la registrazione, prima della scadenza del termine normale, sotto l'impero della nuova legge si applica la tariffa anteriore. La eccezione diretta ad escludere per motivi speciali nel caso espressamente contemplato quella che sarebbe stata una conseguenza del principio posto dalla applicabilità della legge vigente al momento della registrazione, non fa che confermare la regola generale sancita. Riconosciuto che tanto la tassazione originaria, quanto quella complementare doveva essere regolata unicamente dalle disposizioni di legge vigenti al momento della registrazione, basta poi rammentare che anteriormente alla entrata in vigore della legge 30 dicembre 1923, i contratti di somministrazione di energia elettrica a pubbliche amministrazioni erano soggetti alla tassa di appalto del due per cento di cui all'art. 52 della tariffa all. B al R. D. 22 gennaio 1922, n. 107. Ciò è stato dichiarato da questo Supremo Collegio con varie sue decisioni in base alle disposizioni degli art. 49 e 50 della tariffa allegata alla legge di registro del 1897, della legge 23 aprile 1911 e dell'art. 52 della tariffa all. A al decreto legge 24 novembre 1919, n. 2163, divenuto poi l'art. 52 della tariffa all. B al Decreto 22 gennaio 1922. La Corte di merito, fatta la erronea distinzione fra la tassa applicata originariamente e quella complementare, ritenne che la prima andasse regolata secondo l'art. 6 della legge 23 aprile 1911, n. 509 ma anche in ciò cadde in errore. La legge del 1911 col combinato disposto dei suoi art. 4 e 6 stabiliva che la prima scrittura di vendita o promessa di vendita obbligatoria per ambo le parti, aventi per oggetto merci, macchine ed altri prodotti industriali, che nel commercio esercitato dal venditore fossero destinati alla rivendita, non erano soggette all'obbligo della registrazione se non quando occorreva farne uso e che in tale caso erano registrate col pagamento della tassa di centesimi dieci oltre i decimi per ogni cento lire dei corrispettivi pattuiti. Per godere del trattamento speciale di cui agli art. 4 e 6 della legge tre requisiti essenziali erano richiesti: uno subbiettivo, ossia che almeno il venditore fosse commerciante, uno obbiettivo e cioè che la vendita o promessa di vendita avessero per oggetto merci, macchine od altri prodotti industriali nel commercio del venditore destinati alla rivendita, il terzo di natura formale, ossia che il contratto risultasse stipulato con scrittura privata. La disposizione fu adottata in contemplazione delle merci, macchine ed altri prodotti industriali soggetti a ripetute operazioni di trapasso e che sarebbero giunte al consumatore con un prezzo eccessivo in rapporto al costo di produzione se ciascuna contrattazione avesse dovuto sopportare il normale carico tributario. Le convenzioni di fornitura di energia elettrica, non soggette a ripetute operazioni di scambio e trapasso, non rientrano, per il loro oggetto, fra quelle contemplate.

La parola precisa della legge dimostra la necessità del concorso del requisito formale della scrittura privata e ciò viene confermato pure dalla ragione della legge, che emerge chiarissima da i lavori preparatori e principalmente dalle relazioni ministeriali che accompagnavano la presentazione del progetto alla Camera dei Deputati ed al Senato. L'origine della legge è dovuta all'essersi constatata una forte diminuzione delle entrate dell'Erario dovuta al troppo severo regime fiscale che riusciva proibitivo per la forma scritta dalle contrattazioni aventi per oggetto merci, macchine ed altri prodotti industriali e induceva le parti o ad affidarsi alla mal sicura convenzione verbale, ovvero a non assoggettare alle dovute tasse di registro e bollo le stipulazioni fatte per scrittura privata, con grave nocumento per la sicurezza del commercio dei contraenti onesti, e con perdita di un provento per l'erario. Fu avvertito perciò il bisogno di una riforma che permettesse la regolare redazione della prova scritta dei contratti del genere e la loro facile produzione in giudizio mediante una sopportabile modestissima imposizione. Finalità della legge del 1911 furono: salvare la legalità dei trasferimenti, garantire il commercio, e di tale garanzia valersi per assicurare un equo provento all'Erario togliendo l'inconveniente del precedente sistema di tassazione, che conduceva all'abituale inosservanza della legge in un campo dove non poteva penetrare l'azione indagatrice degli agenti finanziari. Le agevolazioni tributarie furono concesse in considerazione proprio di quella forma (scrittura privata) che le parti abbandonavano a causa dell'altezza dell'aliquota di tassa. Il beneficio è diretto a facilitare ai contraenti il conseguimento della prova precostituita mediante stipulazione di scrittura privata ed a favorirne la registrazione in caso di uso. Non ricorre la stessa bisogna quando le contrattazioni del genere vengono stipulate per atto pubblico o per atto in forma pubblica amministrativa non potendo tali atti essere sottratti alla formalità della registrazione in termine fisso. Quando le parti si sono avvalse del pubblico atto, la prova del trasferimento è già salva, il commercio è garantito, all'Erario è assicurato il provento, la legge pienamente osservata senza bisogno di alcun incentivo mercè la concessione di un trattamento di favore. Lettera, origine e spirito della legge armonizzano per escludere gli atti pubblici dalle agevolazioni fiscali accordate alle scritture private. Si deve adunque accogliere il ricorso per i suoi due primi motivi rimanendo assorbito l'ultimo, e annullare la sentenza denunciata col rinvio della causa per nuovo esame ad altra corte di appello, che statuirà anche sulle spese di questo grado.

P. Q. M. (*omissis*).

**Fornitura di energia elettrica - Vizii del consenso - Clausola di esclusività e sua efficacia.**

MASSIMA

*Non può dirsi viziato da errore o dolo il consenso dell'utente che abbia sottoscritto il contratto di fornitura in un modulo a stampa, parzialmente in bianco, poi completato dal fornitore, quando risulti che il modulo a stampa era sostanzialmente conforme ad un precedente contratto già stipulato con lo stesso utente e conteneva gli elementi essenziali del negozio, non potendovi esser abuso circa gli altri elementi (indicazione del numero delle lampade, e del prezzo, uguale per tutti gli utenti).*

*La clausola di esclusività, limitata nel tempo e nello spazio, è valida, non ostando ad alcun principio di ordine pubblico.*

(Trib. Padova, 17 aprile-3 maggio 1932. Pres. Dosi, Est. Gualtieri, in causa Soc. Euganea di Elettricità c. Soc. An. A. Briseghello).

Fatto

La Società attrice espone nel librello introduttivo di questo giudizio, quanto appresso:

« La Soc. in Accomandita semplice A. Briseghello e C. rappresentata dal Sig. Antonio Briseghello di Monselice, firmava con la Soc. Euganea di Elettricità due distinti contratti per fornitura elettrica, il primo in data 10 aprile 1930, per la durata di anni tre, per somministrazione di energia a contatore ad uso illuminazione dei locali adibiti a fabbrica di ghiaccio, il secondo in data 12 aprile 1938, per somministrazione di energia a forfait a scopo di forza motrice di tre motori per l'industria di una fabbrica di ghiaccio: durata di quest'ultimo contratto dal 1° aprile 1930 al 31 marzo 1932; fornitura stagionale a forfait per 18 HP. iniziali, pattuiti in 11.250 la stagione.

« Obbligavasi con la firma dei contratti il Sig. Antonio Briseghello, per la Soc. predetta, a tutte le condizioni generali e speciali contenutevi.

« Rilevasi il patto espresso al N. 12: « La Società avrà il diritto di fornitura di energia elettrica nei locali indicati nel contratto ed annessi di uso dell'abbonato ».

« In data 1° luglio l'utente, che inutilmente aveva preteso di contestare con menzognere affermazioni la validità dei contratti, staccava i fili interni dei propri impianti dai contatori della Società Euganea di Elettricità, allacciandoli all'impianto di altro distributore, con la conseguente somministrazione di energia da parte di quest'ultimo, violando in cotale guisa il patto di esclusiva sopra riportato.

Premessi i fatti di cui sopra, la Soc. Euganea di Elettricità evocava in giudizio davanti a questo R. Tribunale l'An. Briseghello e C. e chiedeva che il Tribunale giudicasse a tenore delle domande che sono state trascritte in proemio. Notificata che fu alla convenuta la citazione introduttiva del giudizio, le parti provvedevano alla costituzione dei loro procuratori, e nell'udienza del 24 marzo 1932 la causa veniva discussa.

Il procuratore della Società Euganea di Elettricità insisteva sulle domande proposte coll'atto introduttivo del giudizio e produceva il contratto di somministrazione di energia per forza motrice in data del 1° giugno 1929 ed i due contratti in data 10 e 12 aprile 1930, di cui chiedesi l'esecuzione, regolarmente registrati in Este il 1° ed il 4 luglio 1930. Il procuratore della Soc. convenuta eccepiva che i due suddetti contratti furono dal rappresentante della stessa Soc. e cioè dal Briseghello sottoscritti per effetto di dolo usato da chi rappresentava la Soc. Euganea di Elettricità, e perciò sono nulli, e che ad ogni modo il patto contenuto in detti contratti relativamente al diritto di esclusiva nella somministrazione di energia elettrica è nullo, perchè contrario all'ordine pubblico, e perchè non contiene la specificazione delle condizioni, alle quali l'ulteriore somministrazione di energia diversa da quella specificatamente prevista dai contratti dovrebbe essere fornita. Le deduzioni delle parti, saranno meglio indicate appresso.

MOTIVI

Considerate, in merito all'eccezione secondo la quale i due contratti in data 10 e 12 aprile 1930, di cui chiedesi l'esecuzione, sono nulli per dolo con cui fu carpito il consenso dell'An. Briseghello e C., che il dolo sarebbe consistito precisamente:

*a*) nell'avere il rappresentante dell'attrice fatto credere che i due precedenti contratti di somministrazione di energia elettrica dovessero essere fatti per iscritto con date tali da potere essere registrati senza il pagamento di alcuna multa;

*b*) nell'avere lo stesso rappresentante indotto Briseghello Ottavio, il quale agiva per l'An. Briseghello e C., a sottoscrivere il 10 e il 12 aprile 1930, due moduli parzialmente in bianco due contratti di somministrazione di energia per illuminazione e forza motrice, in sostituzione degli altri due contratti che lo stesso Briseghello, in proprio e non quale rappresentante della Soc. Anonima, che non era ancora sorta, aveva concluso e sottoscritto, per la durata di un anno nel giugno 1929, e

*c*) nell'avere poi l'Anonima Società Euganea di Elettricità riempito i due moduli suddetti in modo di inserire arbitrariamente in essi delle clausole non contenute nei due contratti del giugno 1929, mentre i moduli stessi avrebbero dovuto riprodurre fedelmente, meno che la decorrenza, i due contratti precedenti.

Considerato che la attrice eccepisce:

*a*) che i due contratti sottoscritti dal Briseghello nel giugno 1929 furono effettivamente, il 10 e il 13 aprile 1930, sostituiti facendo firmare allo stesso Briseghello due moduli che in minima parte erano in bianco, e lo furono non già col pretesto accennato dalla convenuta in questa causa, ma perchè nell'aprile 1930 alla ditta individuale Briseghello Ottavio succedette, nell'utenza, l'An. Briseghello Ottavio e C. e quindi necessitava per sè che la predetta Società assumesse legalmente, mediante la predetta sostituzione di contratti, quella veste di utente che aveva, di fronte all'Euganea di Elettricità, assunto già di fatto;

*b*) che dei due moduli firmati dal Briseghello in bianco nell'aprile 1930, quello relativo alla somministrazione di energia per illuminazione conteneva già, all'atto della sottoscrizione, tutti gli estremi essenziali *del contratto, compresa la durata di tre anni*, e l'Euganea di Elettricità erasi limitata ad apporre sul predetto modulo, dopo la sottoscrizione, il nome dell'utente, la natura e la sede dell'azienda destinata ad essere illuminata, il prezzo unitario dell'energia elettrica, (prezzo uguale per tutti gli utenti) e la data di decorrenza dei tre anni di durata scritti *anch'essi a stampa sul modulo in parola*;

*c*) che il modulo relativo al contratto di somministrazione di energia per forza motrice fu riempito, dopo la sottoscrizione in conformità al contenuto del contratto precedente, salvo una piccola e del tutto innocua variante per quanto concerne la data di scadenza, e ciò si evince dal confronto del contratto in data 12 aprile 1930 con quello precedente firmato dal Briseghello il 1° giugno 1929.

Considerata, in ordine al valore giuridico delle predette allegazioni, che il fatto di avere il rappresentante dell'Euganea di Elettricità chiesto ed ottenuto la sostituzione dei due primitivi contratti mediante l'adduzione del pretesto accennato dalla convenuta, anche se fosse un fatto vero, non basterebbe a far concludere che il consenso della An. Briseghello e C. sia stato carpito con dolo, perchè non si tratterebbe in ogni caso di dolo atto a trarre in inganno uno dei contraenti in ordine agli elementi essenziali del negozio. Nè si può ipotizzare il dolo in relazione al fatto di non avere il rappresentante dell'Euganea di Elettricità richiamato l'attenzione del Briseghello sul tenore delle clausole scritte a stampa sui moduli presentati allo stesso Briseghello per la sottoscrizione, poichè è un fatto, cotesto, che ricorre con molta frequenza nella conclusione delle convenzioni per iscritto e contro il quale una persona sensata ha la possibilità di difendersi con la più grande facilità. Non resta che vedere se vi sia stato, in danno dell'An. Briseghello, dell'abuso di foglio in bianco, ed anche tale immaginazione finisce col concludersi con una risposta negativa. Ed in vero, sta il fatto che il nuovo contratto attinente all'illuminazione fu riportato in un modulo detto Mod. 1 (1929), e cioè sopra uno stampato ch'era già in uso nel giugno 1929, e che da ciò poi deduce, evidentemente, che quello che stava scritto a stampa nel secondo contratto stava scritto anche nel primo, firmato dal Briseghello; si deve osservare secondariamente, che il Briseghello, quando firmò in bianco il secondo contratto, fosse o non fosse tale contratto conforme, nella parte scritta già a stampa, e quello precedente, ebbe il modo di leggerne tutti gli estremi essenziali, giacchè come si è visto, i pochi spazi in bianco destinati ad essere riempiti dopo la sottoscrizione, si riferivano a quelli elementi del negozio, in ordine ai quali non poteva aver luogo alcun abuso di foglio in bianco, (indicazione dell'utente e della sua azienda del prezzo, unitario dell'energia e del numero e potenza delle lampade da alimentare) e non ebbe luogo, in ogni modo, come riconoscono concordemente le parti, alcun abuso del genere. È chiaro, dunque, che il secondo contratto non fu riempito in modo da alterare il contenuto del contratto precedente, e che non si può, pertanto, affermare che il secondo contratto di somministrazione di energia per illuminazione sia nullo per vizio di consenso o per mancanza di consenso.

Considerato che devesi dire altrettanto per quanto anche concerne il secondo contratto relativo alla somministrazione di energia per uso di forza motrice. Ed in vero l'attrice ha prodotto in giudizio tanto il primo contratto sottoscritto dal Briseghello nel giugno 1929 quanto il secondo sottoscritto il 12 aprile 1930, e dall'esame comparativo dei due contratti si desume che il contenuto del primo contratto fu nella parte ch'era ancora in vita, trasfuso fedelmente nel secondo contratto; si fa una variante, nel senso che nel secondo contratto fu indicata la scadenza del 31 marzo 1932, invece di quella del 31 dicembre 1931, indicata nel contratto precedente, ma tale variante non dovuta a mala fede tale da non nuocere menomamente al Briseghello; perchè, i tre mesi in più di durata sono dalla stessa parte attrice considerati oggi come se non fossero stati aggiunti, e d'altra parte cadono in una stagione in cui la energia non doveva, secondo il contratto, essere fornita.

Considerato che devonsi ora prendere in esame le domande dell'attrice ed a tale riguardo è chiaro che, essendo stato ritenuto che i due contratti in data 10 e 12 aprile 1930 non sono, come sostiene la convenuta, nulli per vizi attinenti al consenso o per mancanza assoluta di consenso (abuso di foglio in bianco) non occorre spendere molte parole per dimostrare ch'essi, per tutto il tempo della loro durata, devono essersi eseguiti da parte della Società convenuta, giacchè l'obbligo di prestarsi a tale esecuzione è imposto alla convenuta dell'art. 1218 cod. civ., e della clausola quarta, che si legge tanto nel contratto relativo all'illuminazione quanto nel contratto relativo alla forza motrice, e che sostanzialmente statuisce che l'utente non può venire meno agli impegni assunti nemmeno se per *qualsiasi causa sospende completamente l'uso dell'energia*. È controverso fra le parti se, nel corso dell'esecuzione dei predetti contratti, la Società fosse tenuta a rispettare la clausola in cui è stabilito che l'Euganea di Elettricità ha il diritto esclusivo di fornitura di energia elettrica nei locali indicati nei due contratti ed in quelli annessi, e tale questione non può essere risolta che in senso affermativo, giacchè non è evidentemente illecito, e cioè contrario all'ordine pubblico e alla libertà umana, il patto col quale taluno si obblighi, non per tutta la sua vita, ma per un tempo delimitato ossia più breve, a non usare, nell'ambito spazialmente delimitato della sua azienda, di altra energia elettrica che non sia quella somministrata dalla Società con cui il patto è stato concluso.

È chiaro quindi, che possono senz'altro essere accolte le domande di cui ai numeri uno e due della citazione introduttiva: vanno, però, esclusi dall'allacciamento gli impianti cui si riferisce la forza motrice essendo ormai scaduto il relativo contratto.

Considerato ch'è infondata e cioè tale da non trovare giustificazione adeguata in alcuna disposizione di legge, quella con cui il Tribunale è chiamato a condannare la convenuta Società An. Briseghello e C. a prestare garanzia contro i danni che

potrà cagionare in avvenire col persistere nel rifiuto di eseguire i contratti in esame. È inaccoglibile per mancanza di interesse a proporla, la domanda con cui il Tribunale è invitato ad autorizzare la Società attrice a riallacciare ai propri contatori i fili interni degli impianti della Società convenuta. E difatti l'Euganea di Elettricità, una volta che avesse coll'autorizzazione di questo collegio, provveduto al suddetto allacciamento, non potrebbe dire di avere ormai ottenuto da parte dell'utente l'adempimento delle obbligazioni che a lui incombevano, giacchè, a parte che il contratto inerente alla forza motrice è già scaduto ed in ordine ad esso l'attrice, senza essere più tenuta a fornire energia, può chiedere i canoni stagionali arretrati, non vi ha dubbio che la convenuta potrebbe, se non volesse prestarsi all'ulteriore esecuzione dei contratti, tenere gl'interruttori in posizione tale che agli impianti elettrici della sua azienda non abbia a giungere l'energia elettrica della Società attrice, e nello stesso tempo fare in modo che detti impianti siano azionati dall'energia di altra Società, tanto più che non è giuridicamente possibile porre nel nulla, giusta la pretesa dell'attrice, i contratti conclusi eventualmente dalla convenuta con altre società fornitrici di energia elettrica, perchè il patto dell'esclusiva fornitura non è opponibile ai terzi, le cui convenzioni, anche se concluse dall'altro contraente e cioè dall'An. Briseghello e C. contro il divieto del suddetto patto, vanno rispettate. Considerato il fin qui detto si evince che l'attrice, in relazione dell'ipotesi che la convenuta abbia a persistere, anche dopo l'ingiunzione di provvedere all'allacciamento su menzionato, nel rifiuto di servirsi dell'energia dell'Euganea di Elettricità, avrebbe diritto a chiedere l'esecuzione dei contratti, possibile per quanto concerne il pagamento *del canone stagionale previsto dal contratto relativo alla forza motrice, e non anche per quanto concerne il contratto relativo all'illuminazione (pagamento secondo il consumo) e per quanto concerne il patto di esclusiva,* o lo scioglimento dei contratti stessi, unitamente al risarcimento dei danni derivanti o derivabili da tale scioglimento. E poichè la domanda di risarcimento di cui alla terza delle conclusioni contenute in citazione non è tale, nella sua formulazione, da potersi stabilire con sicurezza quale delle suddette facoltà l'attrice abbia inteso, a mente dell'art. 1165 Cod. civ., esercitare, è chiaro che in ordine alla suddetta domanda il Collegio deve ordinare alla parte di provvedere ad una più esauriente precisazione del petitum.

Considerato che la clausola di provvisoria esecuzione è consentita dall'indole commerciale della controversia, e che sulle spese, dal momento che la presente è parzialmente interlocutoria, si dovrà provvedere nel giudizio definitivo.

P. Q. M. (*omissis*).

**Opera industriale - Danni all'altrui proprietà.**

MASSIMA

*Il danno cagionato ad una proprietà dall'impianto o dall'esercizio di una industria vicina non è risarcibile se non quando sia causato da una immissione illegittima, risolventesi in una menomazione della proprietà ed in una minorazione del suo valore venale.*

*Tale non può ritenersi la menomazione relativa all'uso occasionale e non esclusivo di una proprietà. Nella specie non è risarcibile il danno derivato ad un albergatore dalla perdita della clientela villeggiante, in seguito ai lavori di un impianto idroelettrico turbanti la quiete e la bellezza dei luoghi; potendo un albergo trarre dalla mutata situazione diversa clientela ed altra fonte di reddito.*

*Nella valutazione del limite di tollerabilità del danno l'interesse privato deve essere subordinato al predominante interesse sociale* (1)

(Appello Milano, 20 giugno-1° luglio 1932, Pres. Pelosi, Est. Carboni, in causa GUAITI (Avv. Palomba) c. AZIENDA ELETTRICA MUNICIPALE DI MILANO (Avv. Patrucco)).

FATTO

L'Azienda Elettrica Municipale di Milano tra le varie centrali che ha costruito in Valtellina, nel 1929 costruiva quella di Fraele, che dice la più importante, presso Bormio, dove la vallata si biforca e va ad oriente verso lo Stelvio, a occidente risale la boscosa e deserta Valdidentro, lungo il torrente Viola. In questa valle il Guaiti aveva costruito un albergo — Albergo Viola — che l'Azienda chiama alberghetto e Guaiti dice di 30 stanze con clientela cospicua.

I lavori della centrale avrebbero portato l'inferno dov'era la pace e tutta la clientela dell'albergo era perduta. Quindi l'azione del Guaiti promossa con citazione 30 maggio 1930 davanti il Tribunale di Milano contro l'Azienda Elettrica, per il risarcimento dei danni esposti nella somma di lire 150 mila; con gli accessori.

Il Tribunale con sentenza 4-12 gennaio 1931 respingeva l'istanza, condannando l'attore nelle spese. Il Guaiti ha fatto appello con citazione 4 marzo 1931.

DIRITTO

L'azione proposta dal Guaiti è manifestamente infondata e la sentenza del Tribunale merita conferma. I fatti a cui la responsabilità dell'Azienda sarebbe conseguente sono enunciati in una posizione della prova per testi (cap. *C*). Di essi qualcuno è inconcludente *a priori*: così il lamentato sollevamento della polvere prodotto dai carriaggi (1° e 7°) poichè il danno sarebbe stato conseguente non alla vicinanza del cantiere ma alla contiguità della strada. Qualche altro è inconcludente o per la sua indeterminatezza assoluta: così il 6° (« invasione di ogni località e delle adiacenze dell'albergo »); o per la sua errata impostazione giuridica: così il preteso malo comportamento degli operai addetti ai lavori, come causa di danno (7°), dal momento che quel comportamento non potrebbe essere imputato all'Azienda chè nè era di colpa mediata, mentre non si afferma che gli operai avrebbero cagionato il pregiudizio nell'esercizio delle incombenze loro commesse. Ve n'è infine di quelli la cui inconcludenza è smentita dalle stesse produzioni del Guaiti: così quando si lamenta l'occupazione del piazzale prospiciente l'albergo (5°), mentre tra le fotografie prodotte ve n'è una che fa vedere il piazzale circondato da un riparo che impedisce ogni invasione, e il Guaiti *imputet sibi* se tale riparo non ha collocato in antecedenza; e quando tra le cause di danno è pure enunciato il passaggio dei convogli della decauville (7°), mentre risulta che la decauville fu collocata con il pieno assenso del Guaiti, tanto che questi per tale titolo, come si avrà occasione di meglio vedere ulteriormente, si ebbe a percepire un compenso iniziale, e quindi un indennizzo a collocazione avvenuta.

Non restano perciò a considerarsi che due fatti: 1°) gli scoppi fragorosi di mine e la caduta di frammenti di sassi; 2°) il sollevamento continuo di polvere di calce, cemento, terriccio, in dipendenza dello scarico, travasamento di sacchi di cemento nei depositi e nelle macchine impastatrici.

Anche per questi titoli non può anzitutto escludersi un'indeterminatezza tale da compromettere la concludenza della prova. Giacchè i lavori si svolgevano in una larga plaga, e se può consentirsi che dove più ferveva l'attività dei costruttori si verificasse tutto quanto si lamenta, resterebbe a vedersi quale fosse il preciso rapporto di vicinanza fra l'albergo e il punto dove il sollevamento della polvere ed il fragore degli scoppi avvenivano. Una maggiore determinazione in proposito sarebbe stata in ogni caso imprescindibile per poter giudicare dell'intensità degli inconvenienti e quindi della loro tollerabilità, specie avuto riguardo al fatto che la pretesa responsabile è un'azienda la quale, per quanto organizzata industrialmente, ha fini immediati d'interesse collettivo, e quindi per essa tanto più imprescindibile deve vigere quel principio di solidarietà sociale che in questa materia sta ad informare il criterio della tollerabilità.

Peraltro sembra alla Corte che la specificazione ora partitamente considerata delle singole cause di pregiudizio, male rispecchi quelli che sono la natura e l'oggetto dell'azione, vista nella sua realtà sintetica. In verità una più fedele enunciazione del fondamento della proposta azione appare, meglio che dalle specificazioni già viste, dalla prima deduzione di prova: « Se sia vero che l'Albergo Viola è situato in posizione completamente isolata e lontana da qualunque centro abitato, che lo rendeva apprezzato e preferito dagli ospiti bisognosi e desiderosi di un soggiorno salubre e quieto, di assoluto riposo ». Ecco adunque la ragione più vera che informa la domanda: l'albergo era stato intenzionalmente costruito in una posizione isolata e lontana da ogni rumore, per essere destinato, come già nella citazione era detto, agli ospiti bisognosi di tranquillità, di riposo e di quiete. Venuta la costruzione della centrale elettrica, le condizioni del luogo erano mutate: dove era la quiete riposante della solitudine, il fervore della attività ciclopica che crea le opere destinate alla posterità, del movimento febbrile che tutto sconvolge e travolge nel ritmo della vita irrompente.

Ma a questo punto, anche se dovessero completamente obliarsi quei principii equitativi che tanto più subordinano l'interesse privato all'interesse sociale, quanto più vivo è il contrasto col dominante interesse collettivo, l'azione del Guaiti si dimostra pur sempre infondata alla stregua dei più precisi dettami del diritto.

Giacchè quando è parola della illegittimità delle immissioni, necessariamente è presupposta la menomazione del diritto di proprietà del vicino: *in suo enim alii hactenus facere licet, quatenus nihil in alienum immittat* (*fr.* 8 *si serv. vind. VIII*-5).

Ed in proposito è anche noto il fr. 19 di Paolo (de serv. praed. VIII 2), in cui presupposto del divieto d'immissione è sempre il nocumento: « *Sed Neratius ait, si talis sit usus tepidarii, ut assiduum humorem habeat, et id noceat vicino, posse prohibere eum* ». Menomazione e nocumento necessariamente si risolvono in una minorazione del valore venale della cosa.

La esattezza di questo concetto è diretta constatazione quando si tratti di nocumento alla cosa. Meno semplice è quando il nocumento sia arrecato alle persone. Ma anche in questo caso ciò che in definitiva viene ad essere considerato è pur sempre la condizione della cosa, in quanto la indennità dovrà essere liquidata avuto riguardo al diminuito suo valore locativo o venale per le deteriori condizioni in cui vengono a trovarsi coloro che ne usano.

Eppertanto nel nostro caso può anche prescindersi dai comuni criteri con i quali deve giudicarsi della normalità degl'inconvenienti lamentati, della maggiore o minore loro tollerabilità, secondo anche il principio della solidarietà sociale. Avuto riguardo alla natura della cosa, può anche escludersi *a priori* che un nocumento qualsiasi vi sia stato, o quanto meno un nocumento che non sia a riconnettersi, come effetto a causa, a pretese eccessive ed incomposte accampate dallo stesso danneggiato.

Giacchè se quell'edificio era stato costrutto per ospitarvi persone desiderose di pace e di quiete, questa sua destinazione era tutt'altro che esclusiva, come avrebbe potuto essere quella a casa di cura. Trattavasi di albergo: la quiete e la pace erano elementi interessanti in quanto servivano ad attirare i clienti. Ma se alla quiete e alla pace era sostituita una situazione affatto diversa, ma tanto più atta a procurare all'albergo una clientela numerosa e continua, nessuno può neanche lontanamente pensare che il mutamento dovesse giungere male accetto. È quanto si è verificato nella specie. Invece del lavoro di qualche mese ogni anno, al Guaiti si offriva la possibilità d'un lavoro continuativo per tutti i mesi dell'anno. Quando, finita la costruzione della centrale, egli avrebbe dovuto ancora incontrare delle spese straordinarie per riprendersi la clientela antica, tali spese sarebbero state compensate dai maggiori lucri conseguiti nell'intervallo. Che questa interpretazione dei fatti non sia errata, gli atti si curano di dimostrare ad esuberanza. Con privata scrittura 10 dicembre 1925 il Guaiti consentiva all'Azienda Elettrica di attraversare con la decauville il proprio fondo alla distanza di poche diecine di metri dall'albergo; e l'esiguo compenso pattuito di lire 330 sta a dimostrare che il Guaiti era lungi dal vedere il fatto come pregiudizievole alla sua azienda alberghiera. La decauville è collocata nel 1928; e in data 29 maggio di quell'anno interviene una seconda convenzione, reg. a Bormio lo stesso giorno al N. 188 con la quale il Guaiti riceve dall'Azienda lire 14 mila « a titolo di saldo per ogni suo avere e pretesa per opere eseguite e da eseguire e danni già sentiti e futuri riferibili alla sede decauville e suo esercizio ». I danni così liquidati si riferiscono, è vero, solo alla collocazione e al funzionamento della decauville; ma sarebbe erroneo limitare l'efficacia della convenzione per escludere solo un diritto di risarcimento che il Guaiti si facesse ancora ad accampare, come del resto non si perita di fare in questo giudizio, ancora a proposito della decauville. La detta convenzione è della fine maggio 1928, quando già erano nel loro pieno sviluppo i lavori che, come si apprende dalla stessa comparsa dell'appellante, avevano avuto inizio sin dai primi di quell'anno. A quell'epoca gli scoppi delle mine, i rumori, l'invasione della polvere, le chiassosità degli operai ecc. erano fatti non meno attuali dei danni prodotti dall'esercizio della decauville. Eppure nessun accenno, nessuna riserva era fatta per questo titolo, mentre pure si definivano i rapporti analoghi di cui alla convenzione. È difficile concepire che la dichiarazione di saldo liberatorio allora rilasciata, sia pure espressamente enunciata a proposito dei danni prodotti dalla decauville, fosse così resa nonostante che si sentisse di poter reclamare altri danni per un titolo diverso, ma analogo.

La spiegazione della strana situazione è nelle stesse deduzioni di prova del Guaiti. Al capitolo *G* si allega: « Se non sia vero che la Società An. Bruno Chiesa appaltatrice dei lavori, nell'anno 1929, dopo aver intavolato trattative col Guaiti per la locazione dell'albergo per tutta la durata dei lavori, improvvisamente le abbandonò, mentre provvide alla costruzione stabile, in muratura, di due casette per l'alloggio degli ingegneri, direttori dei lavori ed agli alloggi del personale ». Il fatto è pacifico e sta a dimostrare come questa controversia abbia un'origine ben diversa e ben lontana da quanto vorrebbe apparire nella enunciazione della domanda. Non solo nel 1928, quando si trattava per la decauville, ma neppure nel 1929 il Guaiti aveva ancora pensato a far valere dei diritti per danni. Le trattative per la locazione dell'albergo, com'era dedotto a prova, erano un fatto normale, libero da ogni precedente che limitasse il giuoco della domanda e dell'offerta. Ad un certo punto esse abortivano, e la società appaltatrice, che avrebbe potuto trovare nell'albergo come provvedere ai propri bisogni per l'alloggio dei suoi dipendenti, preferiva provvedersi con la costruzione di nuovi edifici. Poichè non si allega in forma concreta, seriamente attendibile, che così avvenisse per uno spirito emulatorio ai danni del Guaiti, è certo ch'egli in quelle trattative imprudentemente ha superato i limiti di quanto poteva chiedere, e ha indotto l'altra parte a prescegliere la soluzione meno onerosa. Il Guaiti ne è rimasto danneggiato senza dubbio. Scarsi i profitti che ormai potrà ritrarre, se non proprio « scarsissimi » come aveva a scrivere nel 1930 all'Azienda, rivolgendosi alla sua « benevola considerazione » per la liquidazione di un indennizzo. Ma il danno ch'egli ha risentito in conclusione è lungi dal potersi riconnettere ai fatti nuovamente verificatisi, dai quali invece un sagace commerciante, nelle sue condizioni, avrebbe potuto trarre profitto considerevole.

Sotto qualunque aspetto adunque la domanda del Guaiti voglia essere considerata, la sua piena inconsistenza non può non apparire senz'altro, e la sentenza del Tribunale che l'ha respinta dev'essere approvata. Le spese seguono la soccombenza.

P. Q. M. (*omissis*).

## NOTA

(1) La sentenza del Tribunale di Milano, confermata da quella annotata, trovasi pubblicata nel fascicolo di gennaio 1931 di questa Rivista, pag. 50, con nota di commento, alla quale rimandiamo il lettore, anche per la giurisprudenza ivi ricordata.

Si veda in ugual senso, la sentenza 16 luglio 1931 della Corte d'Appello di Roma (*Foro It.*, 1931, pag. 1167).

Si veda pure in *Foro It.*, 1926, I, 23, la nota del Prof. *Bonfante*, nella quale, commentando una sentenza 8 luglio 1925 della Cassazione del Regno, si riafferma la opinione più volte espressa, secondo la quale l'unico criterio decisivo per stabilire l'obbligo di tollerare o respingere la immissione è costituito dalla *necessità* e non dalla *normalità* della immissione stessa.

Si veda infine e da ultimo la recentissima sentenza 13 febbraio 1932 della Cassazione del Regno (in *Foro It.*, 1932, pag. 322) in cui si riafferma: « Ciò che è un prodotto necessario della « coesistenza sociale, apparisce come un fenomeno naturale, « per cui si deve concludere che non sia voluto quel che è ineluttabile. La necessità costituisce il limite a qualunque diritto « soggettivo, secondo che si desume dal fr. 8 parg. 6 Dig. si « serv. vind. VIII, 5 e fr. 19 Dig. de servit. praed. urb. VIII, 2 ».

Avv. Alessandro Patrucco.

# PRASSI AMMINISTRATIVA

Nella presente rubrica vengono riassunti principii, che hanno carattere generale, ma che vengono affermati dalla giurisprudenza o dalla stessa Pubblica Amministrazione in occasione di specifici provvedimenti amministrativi in materia attinente a derivazione di acque pubbliche a scopo di produzione di energia elettrica o di provvedimenti relativi a servitù di elettrodotto, concessioni di sussidi a impianti e linee elettriche, laghi e serbatoi artificiali ecc. La massima viene desunta dal testo di sentenza o decisione o dal decreto, e dal relativo parere del Consiglio dei LL. PP.; la ricerca del provvedimento testuale è resa possibile ai lettori colle indicazioni della decisione o sentenza — che vengono indicati per ciascuna massima — o della data del decreto — e annesso disciplinare che sono pubblicati nel *Bollettino del Ministero dei Lavori Pubblici* — colla data e numero del relativo parere del Consiglio dei LL. PP. In ogni modo la Direzione della Rivista è a disposizione degli interessati per ogni altra ricerca, richiesta di copie e simili.

La Rivista *L'Energia Elettrica* non ha bisogno di richiamare la importanza di queste massime, che costituiscono precedente giudiziario e amministrativo che vale spesso a risolvere casi pratici controversi, in via di interpretazione giurisprudenziale od autentica attuata in casi analoghi.

Ogni massima ha un numero progressivo che sarà richiamato nell'apposito indice annuale.

289 – *Concessione idroelettrica - Proroga di termine di esecuzione dei lavori - Irrilevanza ai fini del pagamento del canone demaniale.*

Quando nell'esecuzione dei lavori di una centrale idroelettrica, autorizzata in via provvisoria, sia stata chiesta ed ottenuta una proroga del termine per il compimento, tale autorizzazione non importa proroga del termine di pagamento iniziale del canone demaniale.

D. R. 10 marzo 1932. Concessione Soc. An. Cartiera italiana. Derivazione dal Sepia in comune di Varallo (Vercelli). Parere Cons. Sup. LL. PP. N. 1233 del 15 maggio 1931 (*Boll. Min. LL. PP.*, 1932, pag. 2280).

290 – *Concessione idroelettrica - Sanatoria di maggior salto autorizzazione - Corresponsione del canone.*

Quando col successivo decreto che accorda la concessione di maggior salto, sia stato accertato il godimento — per il passato — di una quantità d'acqua superiore alla originaria concessione, questo godimento può essere ratificato in applicazione del l'art. 124 del D. L. 19 ottobre 1919, n. 2161, ma al titolo della concessione aumentata devono corrispondere i canoni demaniali corrispondenti al maggior salto utilizzato sino alla data della nuova concessione, la quale, naturalmente, ha poi le sue normali condizioni di canone.

D. R. 17 marzo 1932, n. 377. Concessione Osella. Derivazione dal torrente Sessera in Comune di Coggiola (Vercelli). Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 1007 del 29 aprile 1931. (*Boll. Min. LL. PP.* 1932, p. 2285).

291 – *Concessione idroelettrica - Collaudo - Preparazione di nuovi lavori.*

Anche nel caso di concessione di maggior salto per una derivazione già in atto e anche quando le nuove opere siano state autorizzate in linea provvisoria e già eseguite, il capitolato di concessione può riservare all'atto del collaudo finale la facoltà dell'Amministrazione di ordinare maggiori lavori ritenuti necessari, prescrivendo il termine della loro esecuzione e determinando in tal caso, se l'utenza possa nel frattempo continuare o meno.

Come al numero precedente, ivi, pag. 2291.

292 – *Concessione idroelettrica - Procedura istruttoria - Mancata pubblicazione in un Comune - Effetti in caso di accoglimento delle riserve.*

Quando nell'istruttoria di una domanda di derivazione si verifica la mancata pubblicazione della domanda stessa in uno dei Comuni che si pretendono interessati, l'opposizione relativa a tal punto può essere respinta non solo per il fatto che il territorio di quel Comune non sarebbe interessato, ma anche perchè l'opposizione sostanziale è stata accolta nel merito con introduzione di opposta clausola di capitolato.

D. R. 31 marzo 1932. Derivazione Soc. Idroelettrica Valsesia. Derivazione del Torrente Sermenza (Vercelli). Parere Cons. Sup. LL. PP. 16 giugno 1930, n. 1846 (*Boll. Min. LL. PP.*, 1932, pag. 2296).

293 – *Sovvenzioni idroelettriche - Proposta di non impiego di somma proveniente da profitti di guerra.*

La condizione che non siano impiegate in un impianto idroelettrico somme provenienti da profitti di guerra, può dirsi presuntivamente soddisfatta e accertata quando il concessionario sia una Società costituita in tempo non sospetto e, nella specie, nel 1923.

Come al numero precedente, pag. 2298.

294 – *Concessione idroelettrica - Varianti al progetto - Norme del disciplinare.*

Nell'emettere un decreto di concessione, può, nel relativo disciplinare prescriversi non solo che le opere siano eseguite in conformità del progetto originale e delle relative varianti autorizzate durante l'istruttoria e prima del decreto, ma anche delle altre da introdursi nel progetto esecutorio da presentarsi (secondo altra clausola del disciplinare) entro termine stabilito e, inoltre, dalle altre che possono a termini dello speciale regolamento per le dighe del 1931, essere imposte in sede di costruzione della diga di ritenuta.

Come al numero precedente, pag. 2304.

295 – *Prescrizioni circa gli apparecchi di misura della quantità di acqua di utenza.*

Le disposizioni del disciplinare di concessione idroelettrica possono a riguardo della misura di acqua goduta contenere le seguenti prescrizioni: 1° ricavo della parete sfiorante nella parte centrale del canale di carico in proporzione alla portata massima chiesta in concessione; 2° costituzione di tale parete su detta lastra di pietra in misura non superiore a cent. 6; 3° istituzione di tre lastre in corrispondenza della parete sfiorante a livello del ciglio sfiorante; 4° obbligo di mantenimento in efficienza di uno stramazzo di misura e di idrometrografo a stadia nel canale e di un'altro nel serbatoio e di un terzo sul canale di scarico; 5° applicazione di carrucola a viti cui siano fissati i capi delle funi del galleggiante e del contrappeso dell'idrometrografo.

Come al numero precedente, ivi, pag. 2304.

296 – *Concessione idroelettrica - Termine per l'accertamento della portata media dell'acqua pubblica da cui si deriva.*

Il termine, successivo al decreto di concessione, per la definitiva determinazione di portata effettiva dell'acqua pubblica di utenza, può essere il sessennio, fermo l'obbligo, entro detto termine, di inviare lettera con allegata zona descritta dagli idrometrografi, colla relativa lettura dei diagrammi.

Come al numero precedente, ivi, pag. 2305.

297 – *Concessione idroelettrica - Modulo di attingimento.*

Per una concessione idrica a pozzo irriguo, nella specie dal Po, nulla osta, naturalmente, che la forma di attingimento sia quella per elettropompa assorbente mediante tubazione aspirante di diametro stabilito.

D. R. 18 aprile 1932. Concessione Consorzio irrigazione Caselle. Parere Cons. Sup. 16 marzo 1931, n. 562. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1932, pag. 2316).

298 – *Riserva quadriennale su corsi d'acqua pubblica - Estensibilità del fine anche alle bonifiche.*

A termini dell'art. 38 del D. L. 9 ottobre 1919, n. 2161 fra gli scopi che giustificano l'imposizione di una riserva d'uso di acqua pubblica, che preclude l'esame di ogni altra domanda di utilizzazione, esiste anche quello di bonifica, in quanto agli scopi agricoli pSò riconoscersi il pubblico generale interesse giustificativo della riserva medesima. Naturalmente restano valide e in atto in tal caso e fino a nuovo provvedimento di eventuale concessione, tutte le utenze legittime esistenti. La riserva può investire un solo tratto del corso di acqua pubblica e, nella specie, può avere un termine massimo di un triennio. Quando i lavori di bonifica pei quali la riserva è istituita sono classificati, con apposito decreto Reale, in prima categoria, la riserva in questione viene istituita con decreto Ministeriale.

D. M. 22 afosto 1932. Riserva a favore del Consorzio irriguo e di bonifica delle Valli del Sangro e dell'Avzntino, Fiumi Sangro e Aventino (Chieti). Parere Cons. Sup. LL. PP., n. 2697 del 29 agosto 1930. (*Boll. Min. LL. PP*, 1931, p. 2440).

# NOTE E RIASSUNTI

## NUOVE APPLICAZIONI DEL RADDRIZZATORE E DELLA VALVOLA A VAPORE DI MERCURIO CON GRIGLIE POLARIZZATE

*Bulletin de la Société Française des Eléctriciens*, giugno 1932. – M. I. Kloninger.

L'A., accingendosi ad illustrare le nuove applicazioni delle valvole a vapore di mercurio munite di griglie polarizzate, accenna agli studi dei geniali precursori Cooper-Hewitt e Maurice Leblanc i quali, già parecchi anni or sono, avevano intravisto la grandissima importanza del controllo dell'arco a mercurio. Tale controllo presentò, notoriamente, per qualche tempo, delle gravi difficoltà a causa della presenza di ioni positivi nel vapore di mercurio, la quale è di per sè sufficiente per impedire qualsiasi effetto modulatore sulla corrente anodica. Questo distingue nettamente il raddrizzatore a vapore di mercurio dalle altre valvole elettroniche ad alto vuoto, le cui applicazioni sono basate, infatti, sulla possibilità di modularne la corrente.

Nelle valvole a mercurio la polarizzazione delle griglie può impedire l'adescamento di un arco anche quando la polarità dell'anodo lo comporterebbe: le griglie sono, peraltro, incapaci di provocare l'estinzione di un arco adescato. Le applicazioni delle valvole con griglie sono tuttavia notevoli e fra di esse l'A. illustra le seguenti:

1. - regolazione della tensione negli impianti di raddrizzatori, senza intervento sul trasformatore di alimentazione;

2. - interruzione automatica dei corti circuiti interni ed esterni, senza l'impiego di interruttori;

3. - trasformazione di frequenza ed in particolare di corrente trifase a frequenza industriale in monofase a frequenza ferroviaria;

4. - conversione di corrente continua in trifase;

5. - alimentazione di motori da trazione senza collettore, mediante corrente monofase di qualunque frequenza.

La fig. 1 illustra il *principio della polarizzazione delle griglie.*

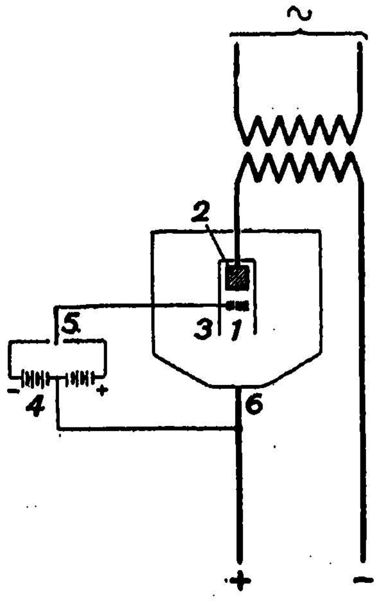



Fig. 1. - Schema di principio della polarizzazione delle griglie.

La valvola unipolare ivi rappresentata ha l'anodo protetto da una guaina, nel cui interno è montata isolata una griglia la quale, collegata ai poli di una sorgente di energia a corrente continua, può ricevere una polarizzazione positiva o negativa rispetto al catodo. Se la griglia è positiva, il funzionamento della valvola rimane praticamente inalterato e l'arco si adesca appena l'anodo diventa positivo per spegnersi al termine della semionda positiva e rimanere tale per tutta la durata della semionda negativa. Se la griglia riceve una polarizzazione negativa mentre l'arco è adescato, la sua efficacia è nulla; se la polarizzazione negativa viene impressa prima dell'adescamento, questo viene ritardato fino all'istante in cui la polarizzazione ridiventa positiva. Ritardando più o meno l'adescamento dei singoli anodi di una valvola polifase, la curva di tensione della medesima rimane alterata (fig. 2). La polarizzazione delle griglie può essere ottenuta mediante una sorgente d'energia a corrente continua oppure mediante una sorgente a corrente alternata ed un dispositivo atto a selezionare le semionde appropriate.

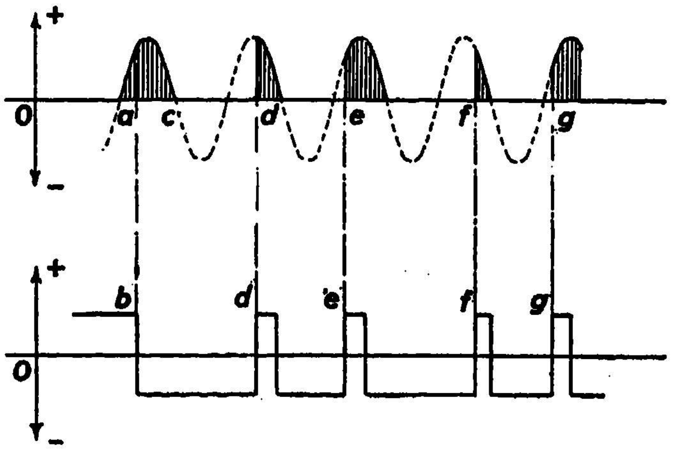



Fig. 2. - Influenza della polarizzazione delle griglie.

Per *regolare la tensione* della valvola è sufficiente alterare la legge naturale di accensione dei singoli anodi: la tensione risulta tanto minore quanto maggiore è il ritardo all'adescamento. Quest'ultimo può essere controllato da un commutatore comandato da un motore sincrono allacciato alla rete trifase. La curva teorica di tensione così ottenuta presenta una ondulazione assai accentuata, la quale è, peraltro, attenuata dalle reattanze in gioco ed, eventualmente, da filtri con circuiti di risonanza. Con ciò si realizza anche l'*estinzione dei corti circuiti* interni od esterni. Questi, causando una sovracorrente nel primario del trasformatore di alimentazione, provocano l'intervento di un relais a massima ultrarapido il quale apre il circuito che collega la spazzola del contattore al polo positivo della sorgente ausiliaria in modo da mantenere tutte le griglie ad un potenziale negativo rispetto al catodo. Gli archi adescati si spengono appena la polarità degli anodi relativi si annulla ed il corto circuito è interrotto. L'oscillogramma della fig. 3 rappresenta l'estinzione di un corto circuito.

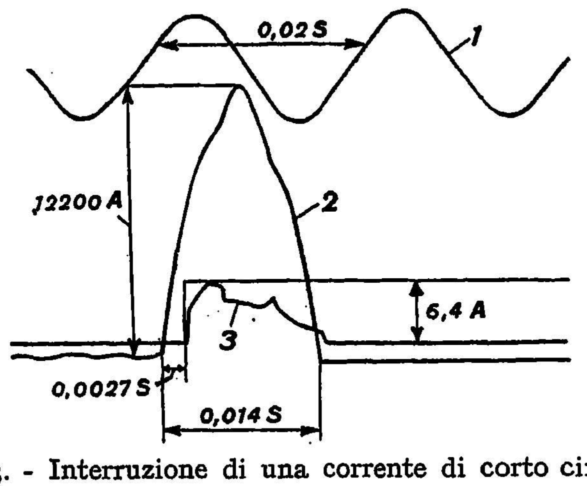



Fig. 3. - Interruzione di una corrente di corto circuito.

*La conversione di correnti trifase a* 50 *per/sec in monofase a* 16 ²/₃ *per/sec* è importante per la realizzazione del collegamento delle reti a frequenza industriale con quelle a frequenza ferroviaria. Una conversione rigida di frequenza, ammissibile

quando la rete monofase non è alimentata già da generatori sincroni, si può ottenere staticamente utilizzando lo schema della fig. 4. La valvola a vapore di mercurio è alimentata da due sistemi esafasi costituenti il secondario del trasformatore principale allacciato alla rete trifase. Il controllo delle griglie è assi-

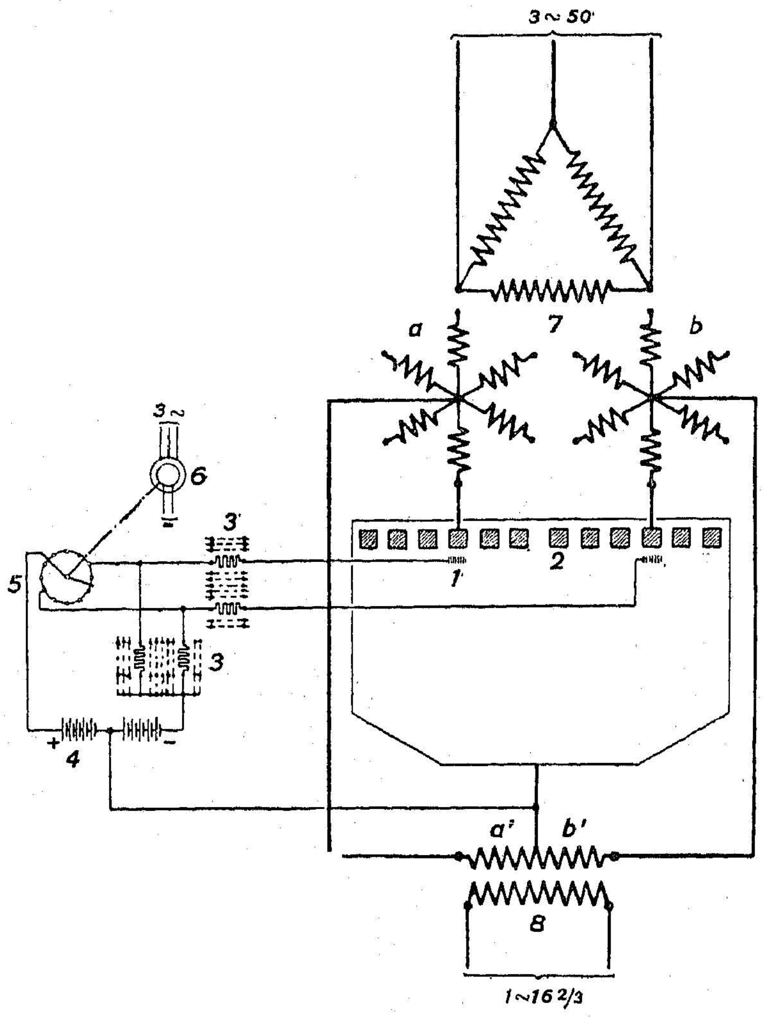



Fig. 4. - Schema per la conversione di frequenza.

curato da un contattore rotante in sincronismo con la frequenza della rete trifase ed è tale da lasciar passare attraverso la valvola dapprima le sei semionde positive provenienti da un avvolgimento e poi le sei semionde successive del secondo avvolgimento. Le due onde così formate percorrono in senso opposto l'avvolgimento primario di un trasformatore monofase, ai cui morsetti secondari si avrà, pertanto, una tensione alternata di frequenza eguale ad un terzo di quella trifase. Se quest'ultima è di 50 per/sec, si otterrà nella linea monofase una frequenza di 16 2/3 per/sec.

La curva della tensione monofase corrisponde a quella della fig. 5 ed ha andamento trapezoidale: esistono, però, vari metodi che consentono di migliorare la forma della curva, rendendola assai prossima alla sinusoide.

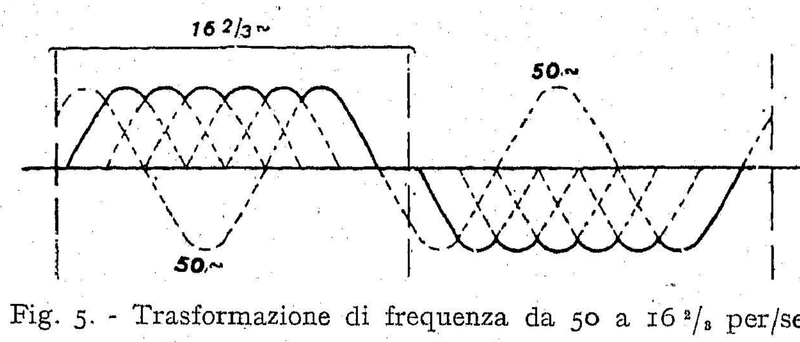



Fig. 5. - Trasformazione di frequenza da 50 a 16 $^2/_3$ per/sec.

Per ottenere il *collegamento elastico di una rete trifase a frequenza industriale con una monofase a frequenza ferroviaria* è sufficiente comandare il contattore di controllo mediante un motore sincrono allacciato alla rete monofase. Dando, inoltre, all'adescamento degli anodi uno spostamento variabile rispetto alla loro polarità naturale, si potrà ottenere, variando quest'ultimo, una regolazione a volontà della potenza scambiata fra le due reti, indipendentemente dal rapporto delle frequenze delle due reti, esattamente come se si disponesse di un organo di accoppiamento sincrono con regolatore di scorrimento. Una applicazione analoga è possibile anche fra le reti collegate in parallelo aventi frequenze eguali ma indipendenti.

Per *trasformare corrente continua in alternata* si può impiegare un complesso corrispondente allo schema della fig. 6, il quale presenta una spiccata analogia con quello utilizzato da lungo tempo per la conversione di corrente alternata in continua mediante raddrizzatori. La polarità è, tuttavia, invertita, essendo il polo positivo del circuito a corrente continua allacciato al neutro del trasformatore ed il negativo al catodo della valvola a mercurio. Se la rete a corrente alternata è già alimentata

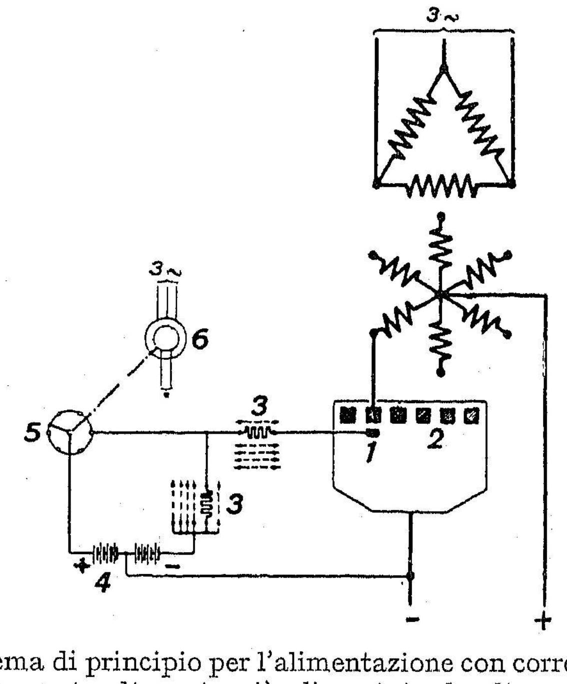



Fig. 6. - Schema di principio per l'alimentazione con corrente continua di una rete alternata già alimentata da alternatori.

da alternatori sincroni, è possibile comandare il commutatore di polarità mediante un motore sincrono alimentato dalla rete stessa. Il commutatore libera periodicamente e successivamente gli anodi, consentendo loro di lavorare quando la tensione di fase negli avvolgimenti secondari del trasformatore è invertita rispetto al senso obbligato della corrente. Si ottiene, in tal modo, la suddivisione della corrente continua in un numero appropriato di semionde di polarità tale da permettere il passaggio di una corrente alternata in sincronismo con la rete. La quantità di energia trasmessa viene regolata dando un ritardo variabile all'adescamento dei singoli anodi, mercè l'intervento sul commutatore di polarità.

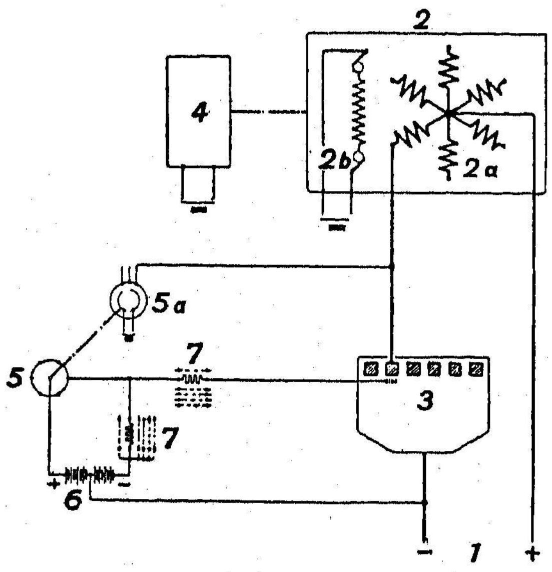



Fig. 7. - Schema di principio di un motore a corrente continua senza collettore.

L'impiego di una valvola a mercurio permette la realizzazione di *motori a corrente continua senza collettore*. Questi comportano uno statore polifase (fig. 7) 2 *a* ed un avvolgimento di campo 2 *b* montato sul rotore ed alimentato mediante anelli e spazzole. La macchina viene lanciata da un apposito motore a corrente continua 4; il commutatore di polarità libera periodicamente gli anodi, permettendo un passaggio di energia, attraverso la valvola, la quale sarà trasformata in forza motrice. Una volta avviato il motore senza collettore, la macchina di lancio può essere disinserita. La regolazione di velocità del motore può essere ottenuta agendo sul campo oppure, più convenientemente, variando il calettamento del commutatore 5.

Quando la rete trifase non è alimentata da macchine sincrone, la *trasformazione di corrente continua in alternata* può essere ottenuta egualmente utilizzando lo schema della fig. 8. Questo differisce da quello della fig. 7 per l'aggiunta della macchina sincrona 5 e del motore di lancio 6. Alla macchina sincrona è affidato il compito di fornire la controtensione necessaria per

lo spegnimento successivo degli anodi, di stabilire la frequenza della rete trifase — proporzionale alla velocità — e di fornire la corrente reattiva necessaria alla magnetizzazione dei motori asincroni e dei trasformatori allacciati alla rete trifase. Per modificare la frequenza della rete è sufficiente variare la velocità della macchina sincrona ausiliaria, agendo sul campo oppure sul commutatore di polarità. Il motore di lancio può, eventualmente, essere impiegato come eccitatrice della macchina sincrona appena questa è avviata.

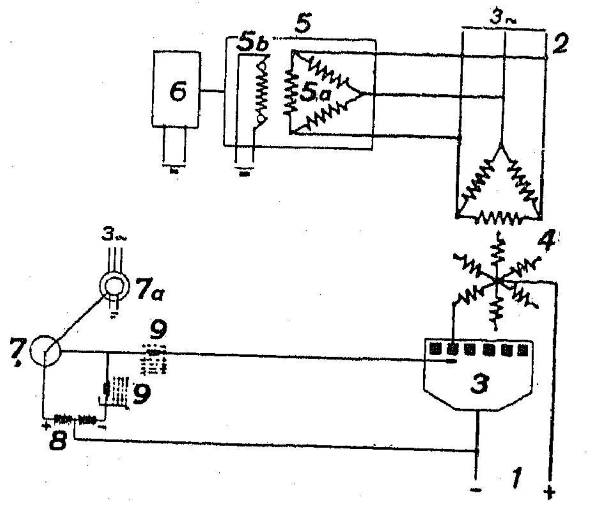



Fig. 8. - Schema di principio per la conversione indipendente di corrente continua in alternata.

Le applicazioni, cui può dar luogo la conversione di corrente continua in trifase, sono molteplici ed interessanti: fra queste l'A. ricorda la possibilità di realizzare il trasporto a grandi distanze dell'energia mediante linee a corrente continua ad altissima tensione. Una tale trasmissione di energia è giustificata dai grandi vantaggi che essa presenterebbe rispetto alle trasmissioni a corrente alternata.

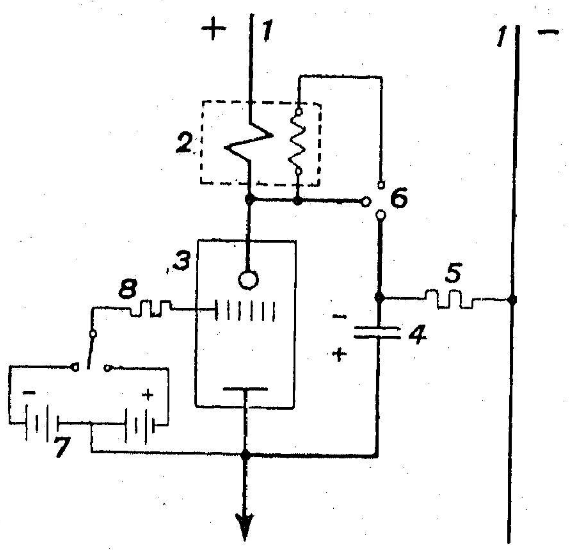



Fig. 9. - Interruttore ultrarapido a valvola con griglia polarizzata.

L'*interruttore ultrarapido a valvola* con griglia polarizzata rappresenta una apparecchio assai adatto all'interruzione dei corti circuiti nelle linee di trasporto d'energia a corrente continua. Le esigenze della selettività escludono, infatti, l'opportunità di interrompere i corti circuiti coi raddrizzatori o gli invertitori allacciati alle linee stesse. L'interruttore in questione comporta una valvola a mercurio unipolare (fig. 9), con griglia, messa in serie sul conduttore positivo della linea di trasporto. Normalmente il circuito si chiude attraverso la valvola: l'interruzione non è, tuttavia, possibile con la semplice polarizzazione negativa della griglia, giacchè la corrente continua non passa mai per lo zero. Lo scopo è ottenuto, invece, mettendo momentaneamente in parallelo con l'arco un condensatore 4 che soffierà l'arco permettendo alla griglia negativa di impedirne il riadescamento. Il condensatore è normalmente collegato al conduttore negativo e possiede, pertanto, una carica negativa rispetto all'anodo. Al verificarsi di un corto circuito, la sovratensione che si manifesta ai capi del secondario del trasformatore di adescamento 2 causa l'intervento dello spinterometro 6: l'arco adescato fra gli elettrodi di questo stabilisce il collegamento fra il condensatore e l'anodo e dà luogo, quindi, al soffiamento dell'arco ed all'interruzione della corrente di linea. Per chiudere nuovamente il circuito, basterà polarizzare positivamente la griglia e provocare l'adescamento della valvola con un dispositivo analogo a quelli impiegati per i raddrizzatori a vapore di mercurio.

Prove eseguite a 1500 V hanno dimostrato che un corto circuito in prossimità della valvola può essere interrotto in un intervallo di tempo (0.0015÷0.0020) sec eguale a circa 1/10 della durata dell'interruzione (0.015÷0.020) sec richiesta da un normale interruttore ultrarapido. La rapidità dell'interruzione è tale che la corrente non raggiunge il suo valore massimo, mentre le sollecitazioni alla valvola ed allo spinterometro sono estremamente limitate.

L'impiego della valvola a vapore di mercurio come collettore ha una portata notevole nella trazione monofase. Essa consente, infatti, la realizzazione di *motori monofasi senza collettore* meccanico, alimentabili a qualunque frequenza ed in particolare, a frequenza industriale. La possibilità di impiego di tali motori lascia intravedere anche la possibilità di alimentare a frequenza industriale le linee di contatto monofasi ed evita la grave soggezione imposta dalla coesistenza, nei paesi che hanno adottato il sistema di trazione monofase, di reti a frequenza industriale ed a frequenza ferroviaria. Il motore monofase senza collettore possiede due avvolgimenti polifasi di lavoro fissi ed un avvolgimento di campo rotante. I centri dei due avvolgimenti dello statore sono collegati agli estremi del secondario di un trasformatore monofase. L'avvolgimento di campo è collegato, attraverso anelli e spazzole, rispettivamente al punto medio del secondario dello stesso trasformatore ed al catodo della valvola, i cui anodi sono collegati ciascuno all'estremo di un avvolgimento di statore. Il sistema di controllo è studiato in modo da consentire la liberazione graduale degli anodi della valvola, mentre l'avvolgimento di eccitazione, in serie con l'elemento attivo dello statore, è percorso da una corrente diretta sempre nello stesso senso. Si ottiene, in tal modo, un motore con caratteristica serie a tensione e, quindi, a velocità regolabile, indipendentemente dalla frequenza e dalla tensione della rete.

Mercè l'intervento sul calettamento dei commutatori di controllo, è possibile regolare da o al massimo la velocità del motore, invertirne il senso di rotazione e farlo funzionare come generatore di energia di ricupero sulla linea di contatto. Il motore è autoavviante giacchè l'estinzione degli archi nella valvola è assicurata automaticamente alla fine di ciascuna semionda: l'impossibilità di spegnere gli archi a motore fermo impedisce, al contrario, l'avviamento automatico del motore a corrente continua senza collettore citato dianzi.

Le proprietà interessanti del motore senza collettore, lo rendono particolarmente adatto per la trazione elettrica monofase a frequenza industriale: i vantaggi più salienti che si realizzerebbero con un tale sistema di trazione sono: impiego di motori di costruzione robusta ed a velocità regolabile semplicemente e con perdite minime di energia; ricupero con mezzi semplici; eliminazione di trasformatori a frequenza ferroviaria a bordo dei locomotori e dei relativi inseritori a gradini; eliminazione delle stazioni per la conversione di frequenza ecc.

DISCUSSIONE.

*Bethenod.* – L'idea di impiegare le griglie polarizzate nelle valvole a mercurio per ottenere la trasformazione di corrente continua in alternata non è nuova; un brevetto francese del maggio 1916 comportava il montaggio di un circuito oscillante in parallelo con la valvola. Un dispositivo analogo fu sperimentato nel 1919 nei laboratori della Brown Boveri. Nel 1922 Maurice Leblanc fece una comunicazione interessante all'Académie des Sciences a Parigi e propose un suo schema per realizzare la trasformazione di corrente continua in alternata. Le idee di Leblanc, veramente sorprendenti, furono oggetto di brevetti depositati a quell'epoca. Nel 1923, Toulon propose il principio fondamentale di controllo mediante sfasamento della tensione applicata alla griglia.

*Kloninger.* – Il principio fondamentale del controllo mediante sfasamento delle tensioni applicate rispettivamente agli anodi principali ed agli elettrodi di controllo è stato enunciato ed illustrato in modo inequivocabile nel 1903 da Cooper Hewitt.

*Giroz.* – Non ha simpatie per la denominazione greco-americana «Thyratron» data da alcuni autori alla valvola a vapore di mercurio con griglie, con o senza filamento incandescente. È, tuttavia, importante fissare in modo chiaro la terminologia anche in questo campo della elettrotecnica.

Il controllo delle griglie per sfasamento della relativa tensione rispetto a quella anodica, ottenibile mediante l'azione di un regolatore ad induzione sistemato a monte del trasformatore di griglia, sembra più elegante di quello ottenuto mediante commutatore sincrono rotante. Forse la mancata preferenza ad un controllo statico è giustificata dalla opportunità di ottenere un passaggio della tensione di griglia da un valore negativo ad uno positivo ben più brusco di quello che si può avere seguendo la legge sinusoidale, realizzata con un regolatore ad induzione.

Il funzionamento di una valvola come invertitore è realizzato quando ciascun anodo eroga durante un intervallo di tempo in corrispondenza del quale la sua tensione varia intorno al suo minimo: durante il funzionamento come raddrizzatore, l'erogazione avviene quando l'anodo ha una tensione che varia intorno al suo massimo. Analoga alla « sovrapposizione naturale posteriore » del raddrizzatore è la « sovrapposizione artificiale anteriore » dell'invertitore, necessaria per l'estinzione ed il passaggio dell'arco da un anodo al successivo. La sovrapposizione anteriore deve essere regolata artificialmente in funzione del carico lato corrente alternata: l'organo di controllo dovrebbe essere regolato automaticamente in funzione della quantità di energia trasmessa alla rete alternata.

Attesa la funzione particolare delle griglie di deionizzazione, come organo di protezione contro le accensioni di ritorno, è opportuno separare le funzioni di queste griglie non comandate da quelle controllate mediante polarizzazione?

*Kloninger*. – Le denominazioni di « raddrizzatore », « valvola » non possono dar luogo a malintesi, essendo entrate oramai nella pratica corrente. Il barbarismo « thyratron » è improprio ed è stato adoperato soltanto da qualche autore americano per designare sopratutto la valvola a catodo incandescente. D'altro lato, salvo errore, si tratta di una denominazione brevettata che non potrebbe trovare un impiego generale nella letteratura tecnica.

L'adozione di un commutatore per la polarizzazione delle griglie mediante corrente continua è giustificata da parecchi motivi, uno dei quali è giustamente la necessità di un valore elevato di $\frac{dE}{dt}$ per la tensione di griglia. La sinusoide non dà sempre risultati soddisfacenti. L'interdipendenza fra il ritardo o l'anticipo all'adescamento ed il carico è necessaria e deve poter essere regolata a volontà per influenzare la potenza di regime della valvola, in relazione alle esigenze di esercizio e di contratto. Il commutatore rotativo, più facilmente che un dispositivo statico, può tenere conto dei diversi fattori che determinano lo scambio di energia attraverso la valvola.

Le prove sulle griglie polarizzate hanno servito al miglioramento delle griglie di deionizzazione: in molti casi, le condizioni di miglior funzionamento delle griglie polarizzate sono pure quelle più favorevoli alle griglie di deionizzazione.

L'aumento di caduta di tensione e la diminuzione di rendimento dei raddrizzatori con griglie sono trascurabili se la disposizione e la costruzione delle griglie nonchè le condizioni elettriche di polarizzazione sono ben studiate.

*Gratzmuller*. – Discute, in modo particolare, la questione dei motori a corrente continua e monofasi senza collettore, dopo aver premesso alcune osservazioni sul principio di polarizzazione delle griglie descritto dall'A. I motori in questione sono, in realtà, motori alimentati con spazzola rotante a velocità costante o variabile periodicamente nel tempo. Gli avvolgimenti attivi aperti comportano una cattiva utilizzazione del rame ed un incremento delle perdite in quest'ultimo. Gli avvolgimenti chiusi, realizzabili con qualche accorgimento, avrebbero altri inconvenienti.

La caduta di tensione nell'arco, variabile da 16 a 20 V, causa una perdita di energia nel collettore: essa sta di fronte alla caduta alle spazzole del collettore dei normali motori che è di 2,5 V in media. È vero, tuttavia, che si può alimentare il motore a tensioni assai elevate, con che l'importanza della caduta di tensione nella valvola si riduce sensibilmente.

In ogni caso, sui veicoli motori, sono pur sempre necessari dei trasformatori, dei raddrizzatori e dei contattori rotanti comandati da motore sincrono.

*Kloninger*. – Il motore a corrente continua non è destinato, forse, ad avere un sicuro avvenire a causa delle difficoltà di avviamento che lo caratterizzano. Il motore monofase senza collettore, per contro, risponde ad un bisogno reale e la sua messa a punto è già assai avanzata.

È esatto affermare che i motori descritti sono in realtà a « collettore »; un collettore statico costituito dall'arco del raddrizzatore. Il peso del rame contenuto nel motore senza collettore è più elevato di quello di un motore ordinario ma è lungi dal raggiungere le porporzioni a cui ha alluso M. Gratzmuller. È opportuno notare che la sezione del rame è funzione del riscaldamento ammissibile che non è lo stesso quando si tratta del passaggio di una corrente intermittente. D'altra parte, il rendimento del complesso motore-valvola-trasformatore è sensibilmente eguale a quello del gruppo motore-trasformatore di un attuale locomotore monofase. S'intende, quando si impieghi per il motore senza collettore una tensione elevata (2000 ÷ 3000) V.

La soluzione intravista per l'alimentazione delle linee di trazione con corrente monofase a frequenza ferroviaria presenterebbe il vantaggio di evitare le centrali e le sottostazioni a bassa frequenza. Lo squilibrio delle fasi potrebbe essere attenuato mercè un collegamento appropriato dei trasformatori nelle sottostazioni e corretto automaticamente dai motori industriali inseriti sulla rete.

*Darrieus*. – L'arco elettrico nelle valvole a vapore di mercurio ha bensì le funzioni di una spazzola rotante sopra un collettore fisso, ma, rispetto alle spazzole ordinarie di carbone, esso presenta la superiorità essenziale di non richiedere un limite stretto di tensione di contatto (1 ÷ 2) V il quale esige, nei normali motori a collettore, una compensazione serrata della tensione di reattanza. Al contrario, l'arco elettrico si adatta ad una qualunque tensione di inversione o di commutazione.

d. m.

# RASSEGNA TECNICA

## a) LA COSTRUZIONE DELL'IMPIANTO IDROELETTRICO DI KEMBS SUL RENO

(Memoria edita dalla S. Anonima l'« Energie Electrique du Rhin »).

Questo grandioso impianto sul Reno, come quello di Ryburg Schwörstadt, sorge fra la Francia, la Svizzera e la Germania, ed ha già formato oggetto di numerose pubblicazioni che ne mettono in evidenza le caratteristiche generali. Di esso si è anche occupato questa Rivista (1).

Da una Memoria della Soc. An. l'« Energie Electrique du Rhin », che si è sostituita alle società concessionarie e che si occupa quindi della esecuzione e messa in valore del progetto,

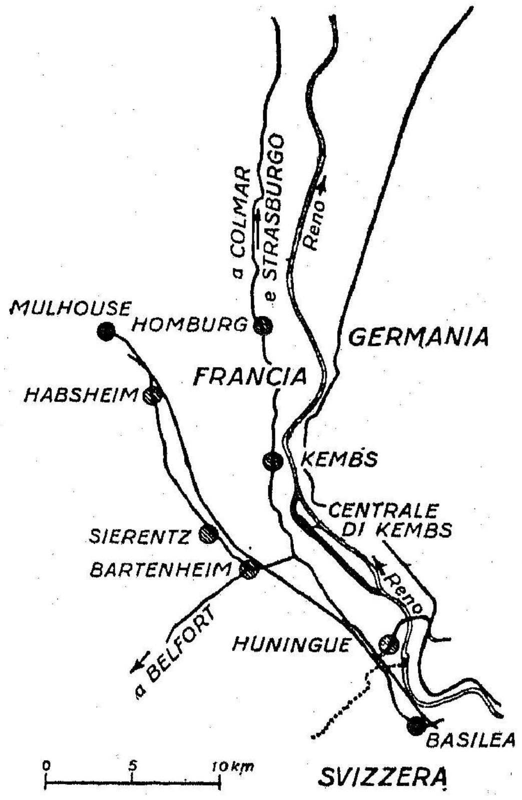



Fig. 1. - Cartina della zona.

riportiamo per i nostri lettori alcune interessanti notizie relative all'attrezzatura dei cantieri e all'esecuzione dei lavori. Per dare subito l'idea della grandiosità delle opere stralciamo i dati seguenti che si riferiscono al canale derivatore, alla centrale, alle conche ed al canale di scarico:

| | | |
|---|---|---|
| Superficie da spianare ...................... | mq | 1 900 000 |
| Volume di sterri in terreno friabile .......... | mc | 7 000 000 |
| Volume di sterri in terreno roccioso ......... | » | 115 000 |
| Volume delle murature ...................... | » | 450 000 |

Secondo quanto previsto, questo importante programma verrebbe esaurito entro il corrente anno, epoca in cui dovrebbero funzionare due dei sei gruppi previsti da 35 000 HP ciascuno, mentre i rimanenti entrerebbero in servizio verso la fine del 1933.

*Installazioni generali dei cantieri*. – Riguardano tutti i servizi, compreso quello dell'energia occorrente per l'esecuzione delle opere:

una strada ferrata a scartamento normale, con varie diramazioni, segue il canale derivatore e col suo sviluppo di 14 km, consente il trasporto delle persone e dei materiali a pie' d'opera, nelle località richieste; essa è poi alleggerita nel traffico da una strada ordinaria, con un maggior numero di punti alimentati;

la scarsa disponibilità di locali d'abitazione nella zona, ha richiesto la costruzione di un villaggio destinato al personale tecnico ed amministrativo ed ai dirigenti, nonchè l'approntamento di alloggi per gli operai; questi ultimi, divisi in aggruppamenti, disposti nei diversi punti di facile e rapido accesso ai singoli cantieri;

alcune officine sufficientemente attrezzate, sussidiate da magazzini dotati di materiale vario, consentono di effettuare, con assoluta indipendenza dai grandi centri di produzione, tutte quelle riparazioni, esecuzioni ecc. che dovessero essere richieste per i mezzi occorrenti ad un pronto svolgimento dei lavori;

una rete telefonica collega gli uffici della direzione e quelli dei servizi generali, con i diversi cantieri, e con la sede della Società;

gli impianti fissi e le betoniere sono alimentati da energia elettrica derivata dalla rete a 40 000 V della S. Force Motrice du Haut-Rhin e trasformata in posto a 6000 V e a 380/220, per l'alimentazione dei diversi servizi di forza motrice e per illuminazione. Tutte le precauzioni per la massima sicurezza sono state prese, e la presenza di una rete locale assicura la continuità dei servizi nel caso dovesse venire a mancare l'energia della rete principale;

l'acqua per l'alimentazione dei cantieri viene pompata dai pozzi filtranti, ricavati nelle alluvioni di cui si compone la piana del Reno, ed immessa entro serbatoi disposti in località adatte. Una stazione apposita con condutture a parte, consente di disporre dell'acqua sotto pressione per l'innaffiamento dei terrapieni;

l'aria compressa per l'alimentazione e l'azionamento delle perforatrici e dei martelli, necessari nei terreni rocciosi, è prodotta da due stazioni di compressione ed è convogliata nei punti di utilizzazione, a mezzo di tubazioni elastiche munite di speciali giunti pieghevoli.

*Smaltimento delle acque*. – La zona interessata dai lavori è formata da terreno alluvionale, limitato, ad una profondità variabile dai 7 ai 10 m, da uno strato roccioso, il quale viene a trovarsi ad un livello inferiore a quello della falda d'acqua sotterranea, che s'infiltra attraverso le alluvioni nella direzione del Reno. Nella esecuzione degli sterri, data la loro imponenza, si è pensato di eseguire lo smaltimento completo delle acque di infiltrazione allo scopo di effettuare i lavori più agevolmente di quanto non sarebbe stato possibile lavorando nell'acqua. L'importanza notevole dell'impianto di pompe all'uopo necessario emerge dal fatto che le scarpate del canale derivatore e del canale di scarico e le pareti delle fondazioni della centrale, presentavano una superficie filtrante complessiva di 1 000 000

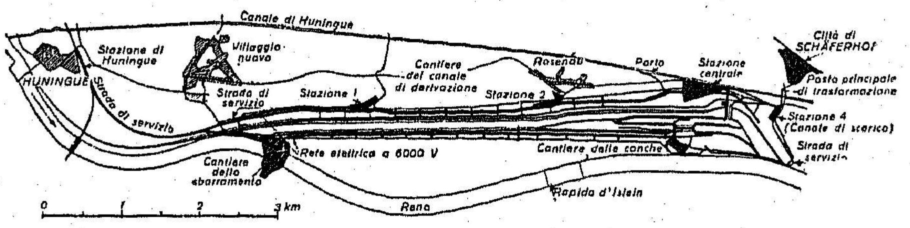



Fig. 2. - Installazione generale dei cantieri.

di mq; i lavori effettuati per il prosciugamento superficiale hanno richiesto la deviazione di un torrente, l'esecuzione di tre canali di drenaggio, di cui due portanti alle conche ed uno alla centrale, nonchè di due canali di scolo con pareti cementate e convoglianti al fiume le acque pompate.

I lavori effettuati invece per l'esecuzione delle singole opere vanno così distinti:

per il canale derivatore è stato scavato un canale di scolo che immette nel Reno, a valle della rapida d'Istein, e riceve le acque di un drenaggio corrente lungo il fondo dello stesso canale di derivazione; una stazione di pompaggio in riva al Reno

---

(1) *L'Energia Elettrica* 1930, pag. 165: L'impianto idroelettrico di Kembs, sul Reno.

*L'Energia Elettrica* 1931, pag. 72: La costruzione dell'impianto idroelettrico di Kembs, sul Reno.

permette di evitare ogni aumento di livello per infiltrazione nel canale di scolo, durante periodi di acque alte e medie del fiume;

il prosciugamento della zona delle conche, dopo lo sterro dello strato superiore al livello delle acque sotterranee, è stato effettuato in due riprese, mediante pozzi agenti sia come smaltitori, perchè alimentati da canali di drenaggio della zona, sia come pozzi di raccolta delle acque filtranti e si è in tal modo potuto raggiungere una profondità di 10 m;

un metodo analogo a quello adottato per la zona delle conche è stato eseguito per la messa all'asciutto del sottosuolo della centrale e del canale di scarico. La potenza totale installata, per le stazioni di pompaggio delle conche e della centrale col canale di scarico è stata di 1000 kW.

*Lavori di spianamento.* – Consistono sopratutto nell'asportazione della terra vegetale, perchè essa non può essere utilizzata per i rilevati e per consentire un perfetto collegamento fra il terreno di riporto e quello naturale. Eccettuati alcuni casi speciali, in cui i lavori di spianamento furono eseguiti a mano, si ricorse sempre ad organi meccanici, come piccole escavatrici azionate da motori Diesel, là dove si era in presenza di ceppi e di radici, e grosse escavatrici a benne, là dove si presentavano minori ostacoli.

dei bracci, che qui raggiungono i m 42. Esse sono su rulli ed azionate elettricamente da motori a c. c., alimentati a 6000 V, con l'intermediario di un gruppo di conversione; la potenza installata è per ognuna di 235 kW, il loro rendimento medio orario, con benne da 3 mc, è di mc 100 ÷ 150 di sterro.

Per l'esecuzione degli scavi di fondazione della centrale, e per il canale di scarico si è ricorso ad un escavatore con tante benne che scaricano direttamente sui vagoni, i quali vengono rapidamente trasportati da una locomotiva; ingegnoso poi è il meccanismo a cui si è ricorso per lo spostamento rapido della linea su cui scorre l'escavatore. Con tali accorgimenti si è raggiunto un rendimento medio orario di 240 mc che, nelle punte, può anche raddoppiarsi; la potenza elettrica installata per il funzionamento è di 365 kW.

Per l'esecuzione delle conche si è ricorso a dispositivi con benne a vapore, presentanti una grande elasticità di azione e di movimento, in modo da poter costituire delle grue, delle draghe, oltre che delle benne di presa, e poter esser adattate quindi in tutti i modi ed ai servizi più svariati, compreso il vuotamento dei pozzi per l'abbassamento del livello delle acque freatiche.

Un altro meccanismo adeguato, è stato adottato per l'esecuzione del canale di drenaggio al piede della diga di sbarramento, sulla riva destra del canale derivatore.

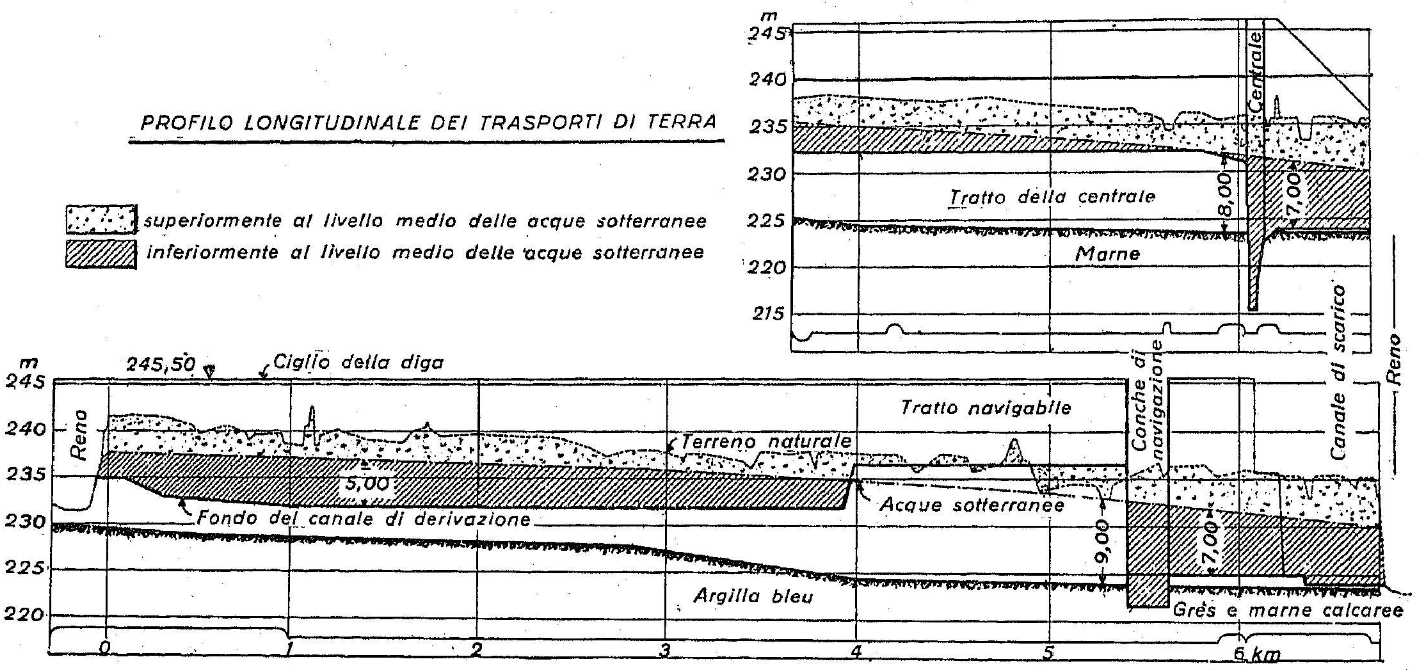



Fig. 3. - Profilo longitudinale degli scavi e falde acquifere.

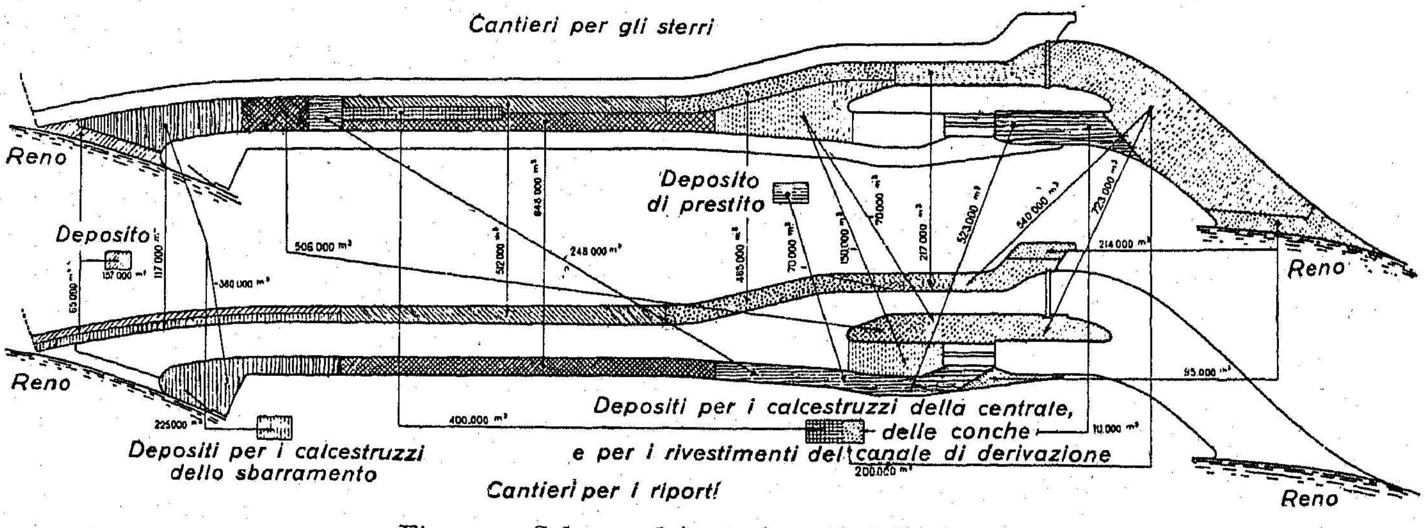



Fig. 4. - Schema dei movimenti delle terre.

*Trasporto delle terre.* – Il problema del movimento delle terre è rapidamente posto nelle sue linee, considerato che il volume del terreno di riporto, sommato con quello dei materiali per il calcestruzzo, equivale al volume degli scavi. Così il canale derivatore al suo inizio è in prevalenza scavato, mentre è in rilevato, con notevoli argini a valle; il canale di scarico, invece, è totalmente scavato. Tutti questi lavori di trasporto delle terre sono effettuati con organi meccanici che, date le ingenti masse da spostare hanno assunto un'importanza tutt'affatto particolare per il coefficiente economico che ad essi si connette. Ed infatti è stato fatto uno studio particolare nella scelta di tali mezzi, i quali hanno potuto consentire di effettuare sterri per 400 000 mc al mese. Si sono adottate: due draghe che, per i trasporti a brevi distanze, si sostituiscono vantaggiosamente ai vagoni, anche se occorre fare una ripresa per insufficiente lunghezza

Ai mezzi sopra descritti per il trasporto delle terre, si aggiunge il materiale fisso della linea a scartamento ridotto con uno sviluppo complessivo di 50 km e il materiale mobile che comprende 24 locomotive e 320 vagoni. Una speciale installazione consente inoltre di poter agevolmente effettuare il lavoro di intasamento degli argini, per il quale sarebbe stato altrimenti richiesta una mano d'opera enorme.

Si è già accennato all'argine costruito all'imbocco del canale derivatore per evitare l'immissione delle acque del Reno nel periodo di acque medie ed alte; esso si raccorda all'antico argine delle acque alte ed ha pure richiesto degli spostamenti di terre.

*Scavi nel sottosuolo roccioso.* – Per la fondazione della centrale e per le conche è stato necessario attraversare una zona rocciosa,

e per l'asportazione del materiale si è dovuto ricorrere agli esplosivi ed a diversi apparecchi di perforazione, azionati ad aria compressa. Il caricamento e trasporto dei materiali avviene con mezzi normali, non presentanti particolari degni di rilievo.

*Diga di sbarramento.* – L'ultima pila destra, la spalla e la sottostante palizzata sono state eseguite a cielo scoperto, col semplice riparo di un argine; l'altra spalla, le rimanenti pile e le sottostanti palizzate sono state invece eseguite con fondazioni pneumatiche. Questo lo schema delle fondazioni. Tale programma ha avuto inizio nel 1928, con compito particolarmente delicato per il fatto che è stato necessario di mantenere in ogni tempo una larga zona libera del fiume per i bisogni della navigazione. All'uopo si è ricorso ad installazioni sulle due op-

1 argano di sollevamento:
potenza di trazione: 8000 kg;
velocità di traslazione: m 2 al 1';
potenza necessaria: 10 HP

1 argano di sollevamento a grande velocità:
carico utile: 3500 kg;
velocità: 120 m al 1';
potenza occorrente: 135 HP.

1 argano di comando del piano inclinato:
potenza di trazione: 2000 kg;
velocità: m 90 al 1';
potenza necessaria: 49 HP;

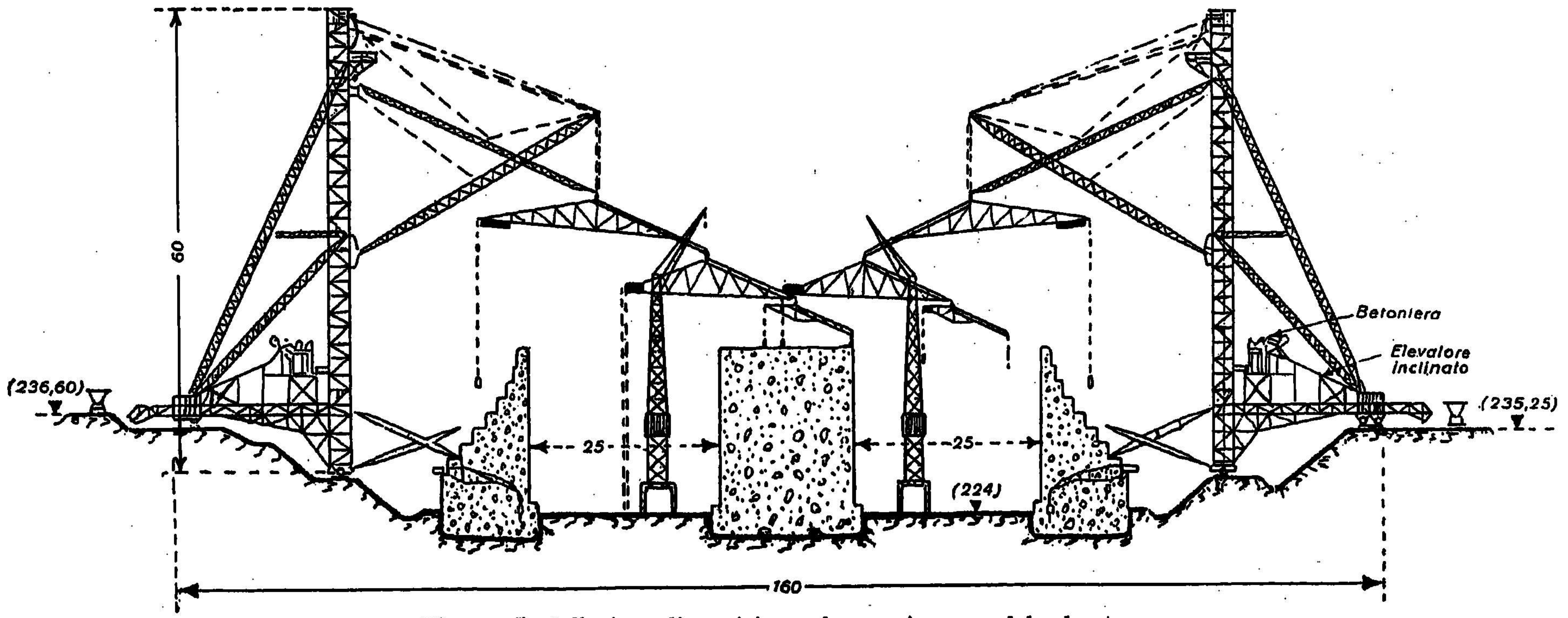



Fig. 5. - Installazione di servizio per la posa in opera del calcestruzzo.

poste sponde, completamente indipendenti fra loro, non potendosi nemmeno lanciare un ponte di servizio fra l'una e l'altra riva; un collegamento è stato realizzato a mezzo di una grue composta a cavi passanti.

Messo in opera il canale derivatore, la navigazione si è svolta lungo il corso di questo e si è potuta così costruire la pila, situata nel tratto prima riservato alla navigazione.

Alla fine dell'anno corrente si potrà fare assegnamento su di una notevole altezza di ritenuta per mettere in marcia i primi due gruppi, mentre il livello definitivo di ritenuta, col totale completamento delle diga e manufatti connessi, si avrà nel corso dell'anno 1933.

*Gettata delle opere di calcestruzzo.* – I materiali provenienti dagli sterri ed occorrenti per la composizione del calcestruzzo, arrivano direttamente ad un posto centrale di frantumazione, lavaggio e vagliatura; la produzione giornaliera ha raggiunto il quantitativo di 1440 mc e il suo consumo giornaliero si è mantenuto sulla media delle 500 tonn. Occorre inoltre notare che una grande cura è stata posta nello stabilire la composizione e la dosatura in cemento, mediante studi e verifiche eseguiti in un laboratorio situato in prossimità del posto di produzione. Le armature poi su cui dovrà essere colato il calcestruzzo sono in legno, accuratamente lisciate ed oliate; questi accorgimenti raggiungono il massimo grado di perfezione per le superfici che verranno poi a contatto dell'acqua, come i tubi aspiranti delle turbine ed i cunicoli delle conche di navigazione.

La posa in opera dei calcestruzzi viene effettuata mediante due torri girevoli alte m 30 poggianti su treni di rulli e munite di due betoniere, ciascuna con relativi elevatori inclinati, su cui vengono scaricati i vagoni provenienti dal posto di produzione. Numerose grue per la messa in posto delle armature, completano questa importante installazione le cui caratteristiche generali meritano di essese qui riportate.

1 torre:
Capacità della benna: 1 mc;
rendimento: 60 ÷ 100 mc/h;
velocità di traslazione: m 2,5 al 1';
velocità di sollevamento: m 120 al 1';.

2 betoniere:
capacità: 1250/2000 l;
rendimento: 50/75 mc/h;
potenza occorrente: 20/40 HP;

Alla centrale la posa in opera del calcestruzzo è facilitata dalla presenza di due passerelle longitudinali che sono poi incorporate nella muratura e sulle quali, durante i lavori, sono consentiti tutti gli spostamenti richiesti; ne risulta pertanto un'installazione più semplice di quella che si ha alle conche, come appare dallo schema relativo alle caratteristiche generali:

2 passerelle da 180 m di lunghezza, ciascuna equipaggiata con:

2 betoniere da 1000 l;
2 elevatori da 1000 l;
2 avan silos da 1000 l;
2 motori da 45 HP (1 per ogni gruppo betoniera-elevatore);
3 tramogge trasportabili da 3 mc.

2 sistemi di cavi portanti, ciascuno comprendente:

1 cavo da Ø 72 mm e m 250 di lunghezza;
1 cavo da Ø 15 mm e m 300 di lunghezza.

Per i rivestimenti del canale derivatore, la posa in opera del calcestruzzo si esegue a mezzo di due speciali costruzioni, una per ciascuna sponda, che si spostano poggiando sul fondo del canale e sull'estremità superiore delle scarpate: esse sono munite di un dispositivo che livella le sponde, ed esegue la messa in opera del calcestruzzo, e del dispositivo di pilonatura. Il rendimento orario di ciascuna costruzione è di mc 25.

Ru.

---

## FORMULE PER DETERMINARE LA VELOCITA' DELL'ACQUA NEGLI ALVEI NATURALI CON FORTI PENDENZE (b

*Zeitung der Oesterreichischen Ingenieur und Architekten Vereins,* 6 maggio 1932. – M. Matakiewicz.

Come è noto, le formule attualmente in uso per calcolare la velocità dell'acqua negli alvei naturali sono generalmente valide soltanto per pendenze dell'ordine di poche unità per mille.

L'A. richiama la formula da lui già pubblicata nel 1925 per alvei naturali a forte pendenza:

$$v = f(T) \cdot F(I) = 35{,}4 \; T^{0{,}7} \; I^{0{,}493+10\,I} \qquad (1)$$

nella quale $v$ è la velocità (in m/sec), $T$ l'altezza d'acqua (in m) e $I$ la pendenza; tale formula fu ricavata da una serie di esperienze eseguite con pendenze sino all'1% ed anzi nella tabella

numerica ad essa annessa fu fatta la estrapolazione sino alla pendenza dell'1,25%. Nel 1928 il cecoslovacco Ing. Novotny applicò con soddisfacente resultato tale formula ad un ruscello montano con pendenza del 2,29%.

La fig. 1 rappresenta un corso d'acqua alpestre alle sorgenti del Dunajec, nel Weichselgebiet (Monti Tatra), con pendenza del 3,61%, il cui deflusso è assai caratteristico e nel quale le perdite per attrito sono certamente rilevanti. Furono su questo corso d'acqua eseguite, nel maggio 1930, a cura dell'Ufficio

Fig. 1.

Centrale Idrografico di Varsavia, 182 misurazioni su tratti con pendenze dall'1 all'1.36%; le misure della sezione, della velocità mediante il molinello e anche della pendenza non sono state agevoli ed i rilievi sono stati pertanto limitati ad altezze d'acqua relativamente piccole. Dopo aver determinata la $F(I)$ nel caso di pendenze molto forti, si può allora stabilire la formula completa della velocità, facendo l'ipotesi che sia sempre valida la $f\ (T) = f\ (R) = 1{,}04\ T^{0{,}7}$ oppure $= 1{,}04\ R^{0{,}7}$ nel caso di sezioni strette e profonde. Le misure di portata, per maggior precisione, furono eseguite in corrispondenza delle sezioni nelle quali la velocità era relativamente minore. Dai 182 gruppi di valori corrispondenti di $v$, $T$ (o rispettivamente $R$) ed $I$ si sono ricavati col calcolo e graficamente i valori di

$$F\ (I) = \frac{v}{f\ (T)} = \frac{v}{1{,}04\ T^{0{,}7}}$$

Questi valori di $F\ (I)$ risultano alquanto sparsi, come era infatti da aspettarsi, sia per qualità del movimento dell'acqua, a successivi stramazzi preceduti da un tratto calmo (vedi figura), come per le difficoltà di misura.

L'osservazione della zona nella quale sono disseminati i punti rappresentanti la $F\ (I)$, segnati come ordinate prendendo i corrispondenti valori di $I$ come ascisse, ed il confronto con la curva corrispondente alla $F\ (I) = 34\ I^{0{,}493+10\,I}$, adottata per pendenze sino all'1%, mostrano che, per $I = 0{,}016$, la $F\ (I)$ diviene una costante e si ha precisamente $F\ (I) = 2{,}285$; la $F\ (I)$ è perciò rappresentata allora da una retta parallela all'asse della ascisse e tangente alla curva $F\ (I) = 34\ I^{0{,}493+10\,I}$ prolungata sino al valore $I = 0{,}016$. La costanza di $F\ (I)$ per le pendenze forti è suffragata dal fatto che, per tali pendenze e per fondo irregolare, le resistenze di attrito crescono così fortemente che la velocità non aumenta più con l'aumentare della pendenza.

In conclusione, per pendenze sino a 0,016 vale la formula (1), mentre per pendenze superiori sarà da adottare invece la

$$v = F\ (I)\ .\ f\ (T) = 2{,}285\ .\ 1{,}04\ T^{0{,}7} = 2{,}38\ T^{0{,}7}$$

o rispettivamente

$$v = 2{,}38\ R^{0{,}7}.$$

***

L'A. non ritiene di avere risolto definitivamente il problema della formula della velocità per le forti pendenze ma si augura che le sue ricerche possano servire di incitamento ad altri per eseguire studi simili, estendendoli, oltre che alle piccole, anche alle medie ed alle grandi altezze d'acqua.

Da ultimo l'A. riporta una tabella contenente tutti i dati di 20 misurazioni, scelte fra quelle eseguite dall'ingegnere austriaco Wehmann in alvei naturali con pendenze superiori all'1%; per 16 di esse sussiste una buona coincidenza con le succitate formole, con lievi differenze ora positive ora negative, mentre per due coppie di risultati le differenze sono molto forti ed in senso opposto, ciò che lascia supporre che vi sia stato qualche errore nelle misure stesse. Per altre 15 misure con pendenze medie (dal 2,1 $^0/_{00}$ al 7,98 $^0/_{00}$) e con altezze di acqua sino a m 0,749, la concordanza con la formula (1) si è pure mostrata soddisfacente.

f. f.

## APPLICAZIONE DEI METODI DI INDAGINE ELETTRICA ALLO STUDIO DELLE FONDAZIONI DELLE DIGHE DI NOTEVOLE IMPORTANZA E DELLE OPERE ANNESSE

*Le Genie Civil*, N. 6, 6 agosto 1932. – M. MUGEON e C. SCHLUMBERGER.

Il sistema di indagine della natura del sottosuolo a mezzo di misure elettriche data da circa un decennio ed ha avuto già alcune notevoli applicazioni (1). Esso è stato ulteriormente sperimentato, sia pure in via ridotta, nelle ricerche esperite nella località ove era prevista la fondazione della diga Sarrans.

Questa diga, del tipo a gravità, serve a sbarrare il torrente La Truyère, affluente del Lot; essa è alta m 105, ha una cubatura di mc 450 000 ed ha una pendenza del paramento a monte di 0,03 e a valle di 0,475. Il manufatto è a pianta leggermente arquata (m 475 di raggio di curvatura) e sorge in una forra le cui pareti sono prevalentemente costituite di granito contenente mica nera e grossi cristalli di feldspato.

La riva sinistra della stretta ove è stata prevista la diga è pressochè verticale, mentre quella destra è a terrazzi e con pendenza più dolce. Le opere di fondazione sono state precedute da notevoli sondaggi e, sulla riva destra, da cunicoli di ispezione. Si sono così svelate delle fessure, pressochè di identico orientamento, che suddividevano la roccia in blocchi parallelepipedi obliqui. Queste fessurazioni erano riempite da una massa granulosa proveniente dall'alterazione dei feldspati e della mica.

Orbene, le indagini geologiche a mezzo di misure elettriche avevano lo scopo di mettere in evidenza l'attendibilità dei risultati ottenuti con questo sistema.

Per queste ricerche occorreva anzitutto determinare la relazione tra la natura del granito (e particolarmente tra la sua permeabilità all'acqua) e la sua resistività elettrica specifica.

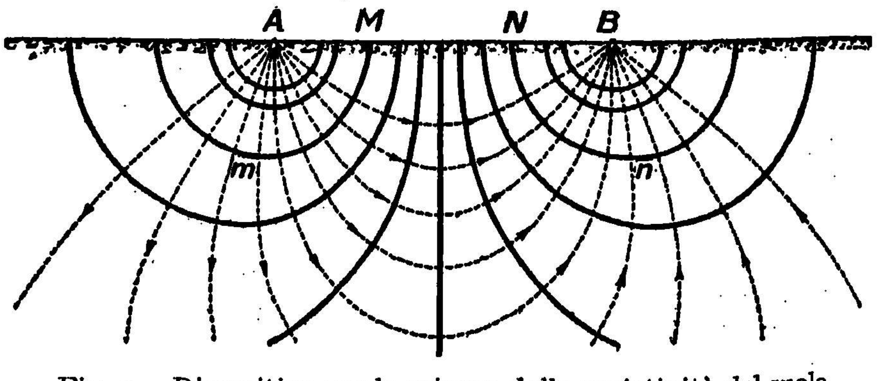



Fig. 1. - Dispositivo per la misura della resistività del suolo.

Nel caso della diga Sarrans tali esperienze sono state fatte purtroppo un po' in ritardo a lavori già iniziati della fondazione, sicchè la presenza di condutture e di cavi inerenti ai cantieri hanno in parte disturbato le ricerche. Tuttavia i risultati furono assai lusinghieri e merita la pena di accennare ai valori ottenuti.

Le misure della resistività del sottosuolo vennero eseguite nel seguente modo. Tra due punti qualsiasi $A$, $B$ (fig. 1) della superficie fu applicata una differenza di potenziale atta a generare un flusso di corrente.

Nella fig. 1 è indicato con linee continue l'andamento delle

(1) *Genie Civil* – 2-9 settembre 1922 e «Annales des Ponts et Chaussées» - I, II 1932.

superfici equipotenziali, supposto il terreno omogeneo, e con linee punteggiate quello del flusso di corrente.

Si considerino i due punti intermedi $M$, $N$ tra $A$ e $B$ e si misuri il valore del potenziale in essi.

L'applicazione della legge di Ohm estesa ad un conduttore di tre dimensioni permette di calcolare la resistività media del terreno compreso fra le superfici $m$ e $n$ a mezzo della formula seguente:

$$\rho = k \frac{\Delta V}{i}$$

dove $k$ è un coefficiente geometrico che tiene conto della ubicazione dei punti $A$, $M$, $N$, $B$.

La corrente che va da $A$ a $B$ penetra assai profondamente nel terreno ed il valore della resistività che si ottiene si riferisce ad una parte di sottosuolo della profondità di circa $AB$.

Pertanto, variando più o meno la distanza $AB$ varia la estensione del terreno studiato.

Nel caso della diga di Sarrans si è adottata una distanza $AB$ di 30 m e $MN$ di 10 m; in tal modo ciascuna misura si riferisce approssimativamente ad un cubo di circa m 7,50 di lato. I risultati delle ricerche sono riportati nella fig. 2 dove sono state tracciate le curve di parametro elettrico costante. Tale figura è simile ad una pianta geologica, dove però le differenti roccie non sono indicate coi loro nomi generici ma bensì in base alla loro conduttività specifica.

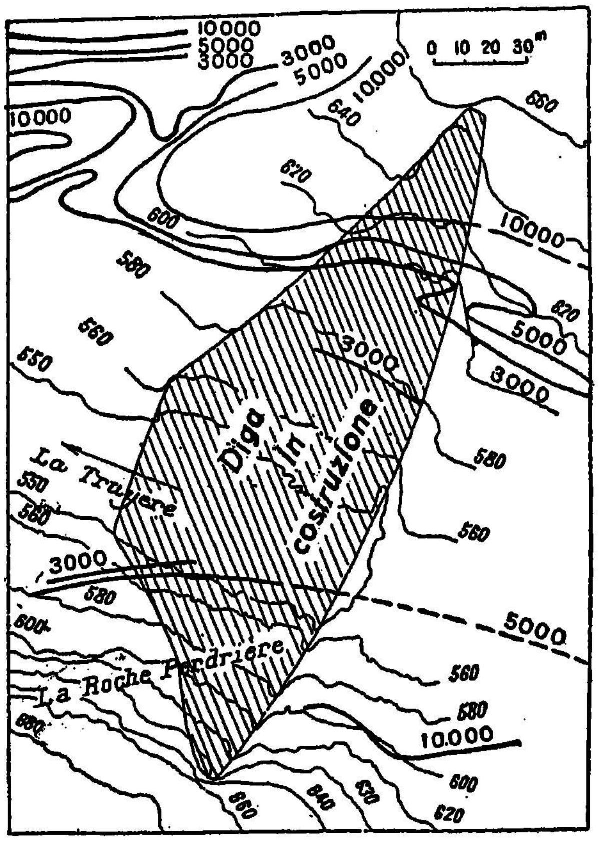



Fig. 2. - Carta delle resistività del suolo nel punto ove sorge la diga di Sarrans. (Le linee in grassetto sono quelle isoresistive, le altre sono le curve di livello).

Va notato che nel caso di fondazione di dighe uno dei fattori atti a caratterizzare la bontà del sottosuolo roccioso è determinato dal coefficiente di permeabilità (quantità d'acqua assorbita in un sondaggio per minuto e per metro lineare alla pressione di 10 kg/cm²). Orbene si è constatata una stretta relazione tra la conduttività elettrica ed il valore del coefficiente di assorbimento.

Le curve della fig. 2 hanno confermato questo fatto poichè esse hanno corrisposto assai bene ai risultati relativi alle prove di assorbimento d'acqua. Così, ad es., si vede come sulla riva destra del fiume la curva relativa a 3000 ohm/m² penetri sensibilmente nell'interno della roccia poco a valle della diga. Orbene in tale località si è effettivamente riscontrato una zona fratturata e permeabile.

Misure elettriche del genere di quelle descritte possono anche essere eseguite in un sondaggio per l'analisi dei vari strati attraversati. Basta fare (fig. 1) $AM = MN = NB =$ m 1, in modo da eseguire misure che si riferiscano a circa 1 m³ di terreno e spostare il dispositivo nel foro di un sondaggio. Si viene così a ricavare un « testimonio » elettrico. La fig. 3 dà un esempio della corrispondenza del parametro elettrico col valore del coefficiente di permeabilità. Va notato che quest'ultimo veniva determinato su tronchi di m 5 mentre la resistività elettrica veniva misurata di metro in metro; la non perfetta corrispondenza dei singoli risultati è dovuta probabilmente in gran parte a questo fatto.

Nelle fondazioni della diga di Sarrans si è poi potuto constatare che il terreno, avendo una resistività elettrica superiore ai 5000 ohm/m², poteva ritenersi sano.

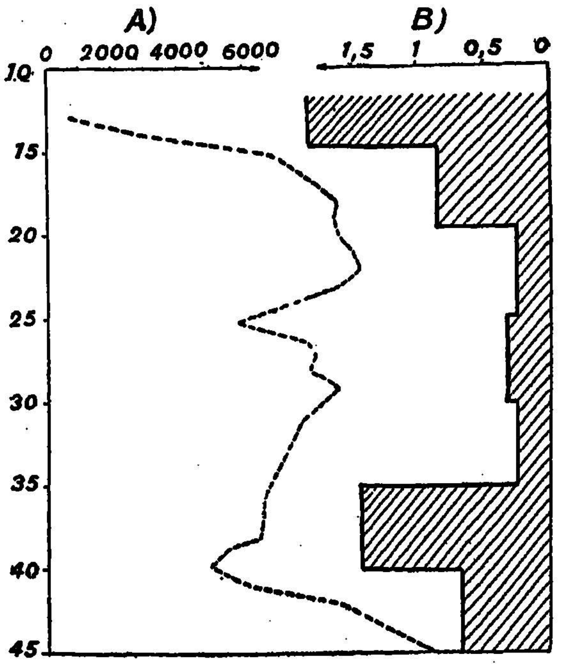



Fig. 3. - Diagramma $A$) (punteggiato): resistività in ohm/mc delle zone attraversate dal sondaggio. — Diagr. $B$) (tratteggiato): coefficiente di permeabilità per metro e per minuto relativo alla roccia attraversata dal sondaggio.

Nel complesso le misure hanno dato ottimi risultati dimostrando che il metodo è attendibile, di facile impiego e che avrebbe con tutta probabilità potuto sostituire le costose opere di indagine a mezzo dei sondaggi e dei cunicoli.

G. R. M.

---

## SOLLECITAZIONI DINAMICHE NELLE STRUTTURE, LORO MISURA E RICERCHE TECNICHE RELATIVE

*Schweizerische Bauzeitung*, 23 luglio 1932. – A. Meyer.

I carichi statici inducono nelle strutture delle sollecitazioni che possono essere determinate con esattezza tanto per via teorica come per via sperimentale. Non si può dire lo stesso delle sollecitazioni dinamiche per la cui misura solo negli ultimi tempi si dispone di apparecchi attendibili.

Questi apparecchi misurano le variazioni micrometriche di lunghezza delle strutture soggette a sforzi dinamici e le registrano debitamente amplificate. Siccome il periodo delle vibrazioni indotto nelle strutture dalle sollecitazioni dinamiche può essere variabilissimo, bisogna poter conoscere il periodo proprio di oscillazione delle parti mobili dello strumento registratore per non avere delle indicazioni errate.

Oggigiorno gli apparecchi che registrano le sollecitazioni dinamiche sono di due tipi: quelli che compiono le registrazioni a mezzo di trasmissioni meccaniche e quelli che utilizzano invece

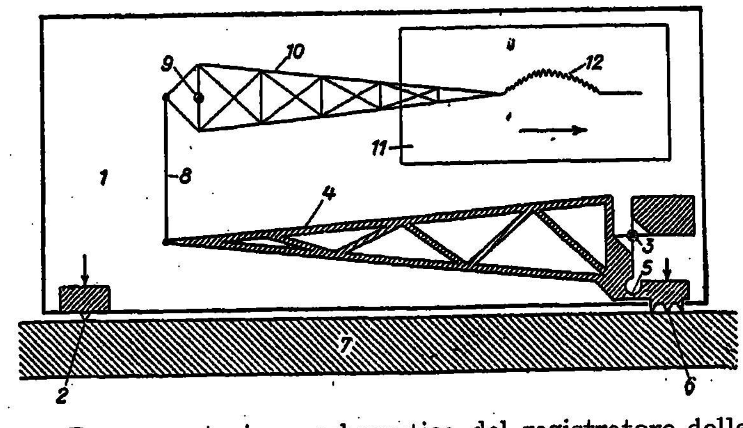


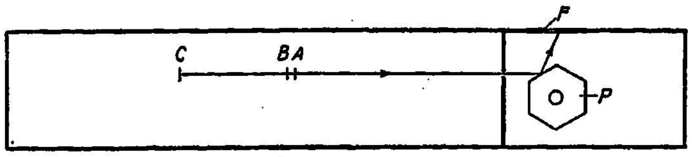
Fig. 1. - Rappresentazione schematica del registratore delle sollecitazioni dinamiche, tipo Meyer.

a tale scopo un raggio luminoso che impressiona una lastra fotografica.

Il secondo tipo è forse più preciso, ma richiede perizia di operatori e massima cura nelle istallazioni. Si tratta in genere di apparecchi assai costosi che non sempre possono trovare impiego nei casi della pratica corrente (1).

(1) D. L. Peters. *Engineering News Record*, 1927, vol. 99, pag. 25. Dr. Berhard. *Der Stahlbau*, 1928, fascicolo 13, pag. 145.

L'apparecchio a registrazione meccanica studiato sotto la direzione dell'Autore è rappresentato schematicamente nella fig. 1. Su una piastra di guida 1 sono fissati una punta 2 e due



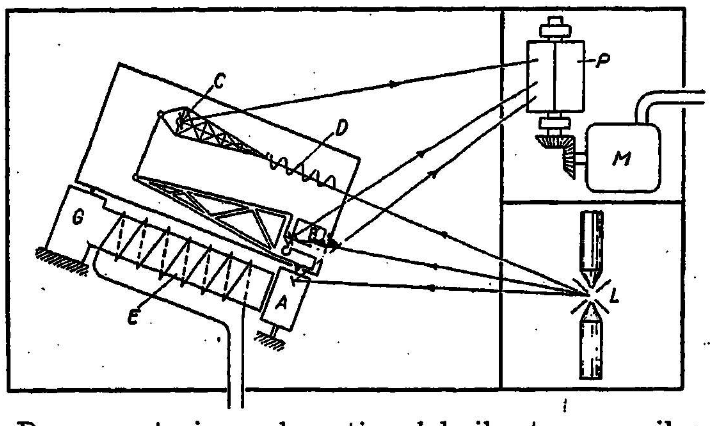




Fig. 2. - Rappresentazione schematica del vibratore per il collaudo dell'apparecchio registratore delle sollecitazioni dinamiche.

perni 3 e 9. Su questi perni è incernierato un gioco di leve 4-8-10 che fa capo, da una parte ad un sistema di punte 6 e dall'altro ad una punta scrivente. Quest'ultima registra il dia-

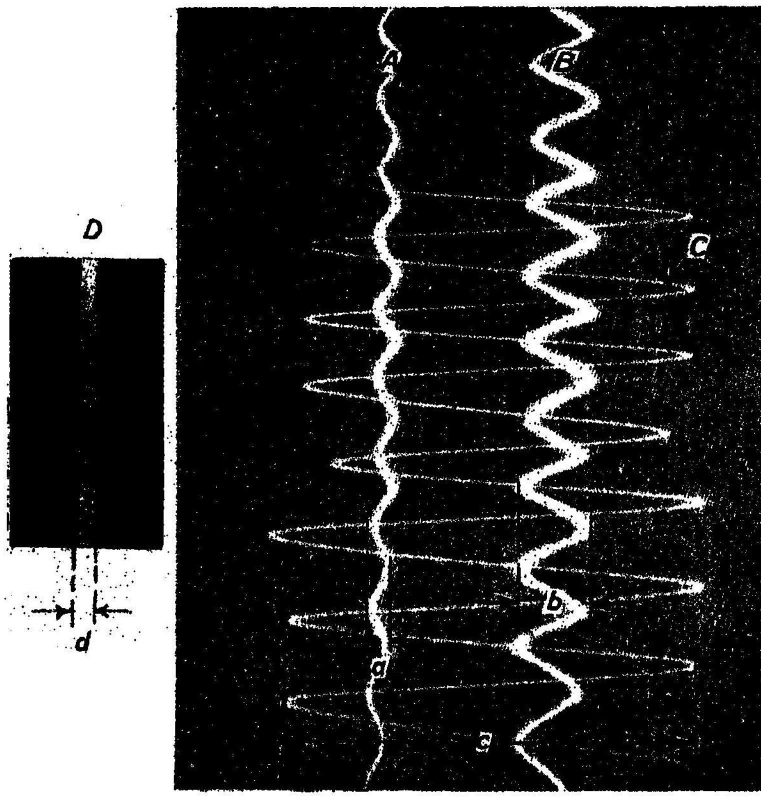



Fig. 3. - Oscillogramma di 100 oscillazioni al secondo per la prova del registratore delle sollecitazioni dinamiche.

gramma 12 su un foglio ad avanzamento automatico 11, diagramma che è relativo alle variazioni della lunghezza 2-6.

Completano questo apparecchio un motore ausiliario atto a spostare il diagramma 11 ed un registratore elettrico del tempo, che lascia dei segni sul diagramma stesso. Quest'ultimo viene ottenuto non a mezzo di penna scrivente, ma bensì dalle incisioni di una punta su carta annerita. Speciali rilievi ai bordi della carta di registrazione proteggono il diagramma stesso, che risulta essere assai delicato, da eventuali contatti con altri fogli.

Durante le registrazioni dell'apparecchio bisogna avere particolare cura, come già si è detto, di ottenere che la frequenza delle vibrazioni indotte nelle strutture dai carichi dinamici sia possibilmente assai lontana dalla frequenza propria dell'appa-

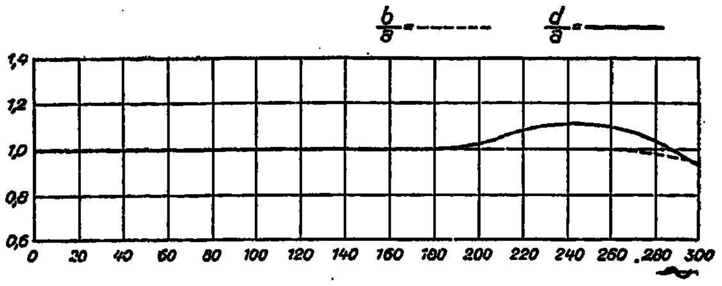



Fig. 5. - Curve di risonanza del registratore della fig. 4 migliorato.

recchio. In caso contrario, per la risonanza di quest'ultimo, i diagrammi risulterebbero notevolmente deformati e certamente inattendibili.

Per trovare la frequenza propria di un apparecchio del genere, si ricorre all'espediente della fig. 2. A mezzo di un elettromagnete percorso da corrente a frequenza variabile si imprimono delle vibrazioni all'ancora *A* rispetto al nucleo fisso *G*. In *L* una sorgente luminosa lancia un fascio di raggi sugli specchietti solidali con *A* con *B* e con *C*. Inoltre la punta dell'apparecchio segna nel contempo il diagramma *D* su un foglio scorrevole. In *M* esiste un motore sincrono alimentato con la stessa frequenza della corrente che percorre l'elettromagnete *E*. Questo motore muove con velocità pure sincrona il poliedro a base esagonale *P* che è a pareti speculari e che a sua volta dirige i raggi riflessi dagli specchietti sul vetro traslucido *F*. Quest'ultimo può essere sostituito da un foglio di carta fotografica. Data la velocità di sincronismo dello specchio *P*, le vibrazioni dei raggi vengono trasformate in onde stazionarie. Variando il pe-

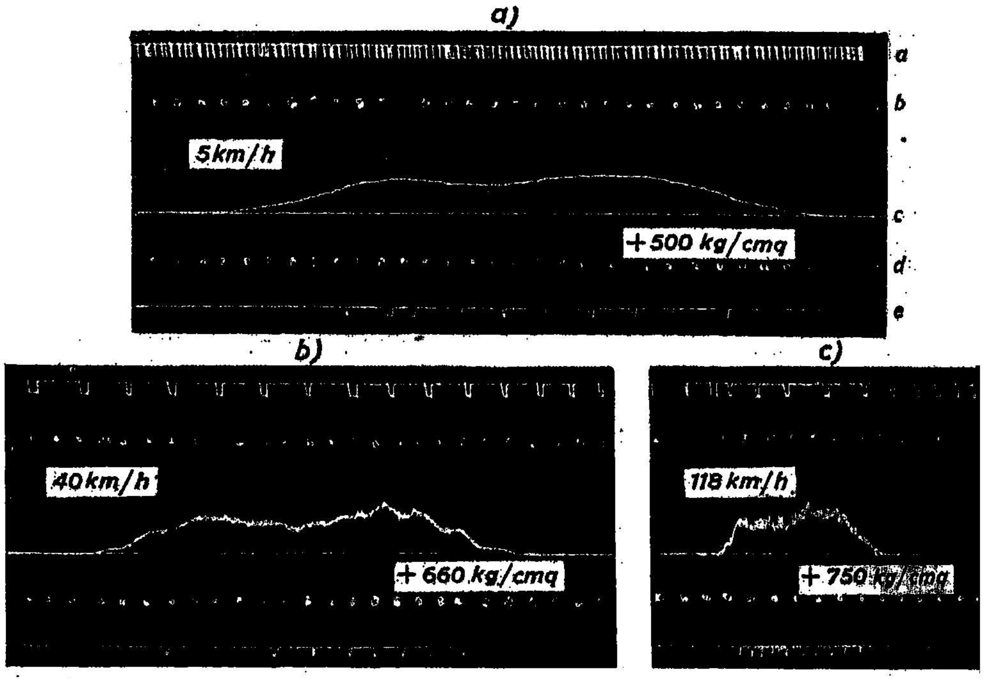



Fig. 6. - Diagrammi delle sollecitazioni dinamiche della travata inferiore di un ponte di m 10 di luce, percorso da una locomotiva alla velocità di 5 km/ora (diagr. *a*), alla velocità di 40 km/ora (diagramma *b*) e alla velocità di 118 km/ora (diagr. *c*).

*a* - Ogni divisione equivale ad 1/5 di secondo.
*b* e *d* - Rilievi nel diagramma fatti a scopo protettivo del diagramma stesso.
*c* - Diagramma.
*e* - Diagramma indicante il passaggio sul posto di misura degli assi della locomotiva

riodo della corrente si vede come da prima le oscillazioni hanno un'ampiezza costante e come esse aumentano in vicinanza alla frequenza propria dell'apparecchio fino ad un massimo per poi decrescere successivamente.

Nella fig. 3 sono riportate, nel caso dell'impiego di una corrente a 100 periodi, le vibrazioni riflesse dagli specchietti *A*, *B* e *C* ed il diagramma *D*. Interessa praticamente conoscere il valore *b*/*a*, *c*/*b*, *d*/*c*, *d*/*a* in funzione della frequenza. La fig. 4 si riferisce al caso di un apparecchio la cui frequenza propria comincia a disturbare i risultati da 80 periodi/sec in poi e la fig. 5 si riferisce allo stesso apparecchio migliorato che può essere impiegato per misurare sollecitazioni dinamiche indotte fino a 107 periodi/sec.

I diagrammi delle figg. 6 *a*), *b*), *c*) rappresentano i risultati di esperienze fatte in mezzaria di una travata inferiore di un ponte ferroviario di m 10 di luce, su cui transitava lo stesso convoglio alle rispettive velocità di 5 km/ora, 40 km/ora e 118 km/ora.

L'ordinata di 1 mm corrisponde a 100 kg/cm². Detto φ il

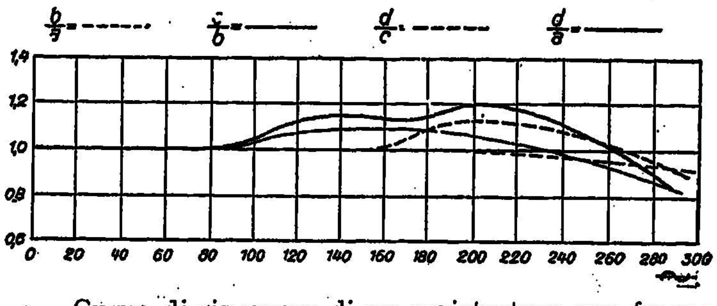



Fig. 4. - Curve di risonanza di un registratore con frequenza propria troppo bassa.

coefficiente di incremento tra la sollecitazione statica (che si può ritenere sia quella dovuta al transito del convoglio a ; km/ora) e quella dinamica si ha

per 40 km/ora $\varphi = 1,32$
» 118 » $\varphi = 1,50$

Nelle figg. 6 *a*), *b*), *c*) i diagrammi *a* danno l'ordine di grandezza del tempo, essendo l'intervallo fra due lineette verticali di 1/5 di secondo. I punti di *b* e *d* sono dei rilievi nella carta per proteggere il diagramma stesso, che è semplicemente ottenuto per incisione su carta annerita, da eventuali danneggiamenti. Il diagramma *e* indica il passaggio successivo sulla posizione di misura degli assi del convoglio in moto (si trattava di una locomotiva con o assi). Infine il diagramma *c* è quello che realmente interessa che dà le sollecitazioni nella trave in esame. Il periodo delle sollecitazioni è di circa 90. In altri casi di sollecitazioni dinamiche su ponti ferroviari si è arrivati a $\varphi = 1.66$.

L'apparecchio descritto è abbastanza semplice e facilmente impiegabile nei casi della pratica corrente.

G.R.M.

---

## LE CORROSIONI NELLE CALDAIE

*The Engineering and Boiler House Review*, maggio 1932. – F. J. MATTHEWS).

Uno dei più importanti problemi inerenti alle moderne caldaie industriali è quello delle corrosioni delle lamiere; per esso nel passato furono emesse numerose teorie, talvolta controverse. Furono così affacciate di volta in volta le ipotesi di cattivo contatto dei metalli (chiodature difettose), di eccessivo lavoro a freddo, di pressioni elevate nelle chiodature, di elevate temperature differenziali nei giunti, di errori di costruzione della caldaia ecc. ma la causa vera rimaneva ignorata.

Attualmente la teoria più accreditata è quella basata sulla presenza di un agente alcalino causticante, contenuto nell'acqua: così il carbonato di sodio nell'acqua della caldaia dà luogo alla soda caustica (Na OH) e col vapore libera $CO_2$; $Na_2 CO_3 + H_2O = 2 \text{ Na OH} + CO_2$. Il fatto che l'idrossido di sodio concentrato, alle temperature di esercizio delle caldaie, attacca il ferro liberando l'idrogeno, considerato col fatto che l'idrogeno libero produce nel metallo la perdita della duttilità, conduce a dire che l'idrogeno ha corroso le caldaie. Quindi il termine corrosione caustica significa una perdita di duttilità causata apparentemente dall'idrogeno risultante dall'azione caustica. Da alcuni specialisti venne pure accennato che il fenomeno fosse quasi completamente fisico e, per la spiegazione, dovremmo considerare degli sforzi continuamente ripetuti, dovuti alla ebollizione dell'acqua e sue fluttuazioni.

Una serie di investigazioni venne promossa recentemente dalla stazione sperimentale della Scuola di Ingegneria dell'Illinois e da esse è emerso che entrambe queste teorie sono esatte; la corrosione, cioè, involge l'alcalinità caustica dell'acqua, con la presenza di sforzi particolari. Infatti le screpolature delle lamiere per caldaie, conosciute col nome di corrosioni, si verificano nell'area chiodata e si diramano da foro a foro. Le fratture rassomigliano quelle prodotte entro metalli fragili più che quelle provocate su di un normale metallo duttile: da qui il concetto dell'infragilimento.

L'esame microscopico mostra che la lamiera di acciaio, per caldaia, ha un'ottima struttura cristallina poichè il carbonio è distribuito razionalmente nella solita forma granulare perlitica. Nel lavoro a freddo, la duttilità della lamiera viene abbassata ed il metallo diventa fragile, screpolandosi fra i cristalli, secondo fenditure che distruggono il magma intercristallino, seguendo il contorno dei grani. Brevemente le caratteristiche delle corrosioni sono così rappresentate: le fenditure partono dalla faccia asciutta della lamiera e corrono da un foro all'altro della chiodatura con direzione irregolare, però mai esse si estendono oltre la falda del giunto. Queste fenditure si verificano inoltre nei giunti sotto tensione e nelle zone molto verosimilmente soggette a grandi sforzi localizzati; esse sono state rilevate in lamiera di buona come di cattiva qualità, e sia in caldaie funzionanti con basse, come in quelle timbrate per alte pressioni, ed anche di differenti tipi. Una grande quantità di dati fu messa a disposizione degli investigatori dell'Università dell'Illinois da chi era interessato al problema, tanto negli S. U. come all'estero.

L'esame di questi elementi ha portato a queste conclusioni: una condizione caustica delle caldaie per acqua con un basso contenuto in solfato fu trovata in tutti i casi di caldaie presentanti corrosioni; questo tipo di fenditura non si riscontra invece nelle caldaie che non contengono idrossido di sodio in sensibile eccesso sul solfato di sodio. Finalmente, aumentando il contenuto in solfato, o diminuendo l'idrossido di sodio, fu riscontrato un effettivo arresto delle screpolature. Gli esperimenti di laboratorio hanno confermato queste conclusioni. Così le prove eseguite hanno mostrato che un pezzo di lamiera perfettamente duttile, il quale normalmente dovrebbe portare un carico di 37 000 libbre per pollice quadrato a 300 gradi centigradi, in contatto con aria od acqua per molti anni si indebolisce per la frattura prodotta dalla fragilità intercristallina; il periodo può anche ridursi a 12 ore quando viene portato in contatto con una soluzione di idrossido di sodio alla temperatura suddetta. Le soluzioni di altri sali portati nell'acqua, in caldaia, non hanno causato fratture.

Vi sono quindi due fattori che concorrono alla formazione delle fratture, cioè l'acqua contenente agenti caustici e le sollecitazioni elevate nelle zone adiacenti ai giunti e ai tubi. Gli esperimenti di laboratorio mostrano che è necessaria una concentrazione di 85 grammi per litro onde produrre la corrosione, ciò che corrisponde a 20 volte la concentrazione che si ha in una normale acqua per caldaia. L'unica via per cui questa concentrazione può essere raggiunta è quella che si ha col deposito attraverso i giunti delle caldaie, perchè in presenza di vapore ad alta pressione, con piccole aperture nel giunto e con la possibilità di una perdita, anche estremamente piccola di acqua, che schizza fuori allo stato di vapore, si ha come naturale conseguenza di questa azione, la concentrazione della soda caustica nel giunto. Questa concentrazione si presenta poi maggiormente nei punti sottoposti a sforzi elevati, attorno ai fori e sotto le teste dei chiodi. L'azione chimica combinata con l'azione meccanica produce le fenditure. La questione è quella di vedere come questi sforzi coesistano e fino a qual valore debbano arrivare perchè l'attacco caustico abbia inizio. Il rapporto dell'Università dell'Illinois stabilisce che le sollecitazioni delle lamiere intorno ai fori raggiungono tre volte il valore della sollecitazione media nelle lamiere; a questa sollecitazione poi bisogna aggiungere quelle provocate dalla presellatura, dalla chiodatura non assolutamente uniforme ed allineata, così che è molto probabile che si generino altre forze locali in modo da arrivare al valore corrispondente al limite di resistenza del materiale. Il chiodo anche induce una sollecitazione sul metallo adiacente al foro: essa è dovuta alla espansione del chiodo stesso nel foro, come è stato dimostrato dagli esperimenti in parola, così alcuni campioni di lamiera, presi a caso, con piccoli chiodi forzati nei fori furono posti sotto pressione e immersi in una soluzione di soda caustica, e dopo tre giorni si riscontrarono piccole fenditure radiali partenti dallo spigolo. È opportuno poi accennare che altre sollecitazioni sono indotte dalle condizioni di esercizio derivanti dalla ebolizione e dalle fluttuazioni dell'acqua. Fra l'altro, fu anche riscontrato che se la soluzione penetra fra le due lamiere come un film continuo, si riduce il tempo richiesto per provocare le fenditure come pure diventa minore la concentrazione necessaria della soluzione. Ciò può essere dovuto alle perdite di circolazione ed alla reazione col metallo, con conseguente aumento della concentrazione locale. La pellicola di ferro dopo il contatto con l'idrossido di sodio è formata da $Fe_3O_4$ ed è prodotta dalla reazione: $3 \text{ Fe} + \text{Na OH} + 4 \text{ H}_2\text{O} = $ $= Fe_3O_4 + \text{Na OH} + 4 \text{ H}_2$ e la soda caustica ne accelera l'azione, aumentando la forza elettromotrice della soluzione nei riguardi della lamiera; dopo reagiscono semplicemente il ferro e l'acqua, e, aumentando la concentrazione della soda caustica del film della soluzione, l'acceleramento della reazione continua.

Per conoscere le precauzioni necessarie onde prevenire il verificarsi dell'inconveniente accennato, diventa interessante di considerare il meccanismo dell'effetto dell'idrossido di sodio. L'azione della soda caustica è quella di produrre una pellicola compatta di ossido magnetico di ferro, $Fe_3 O_4$, mediante l'equazione data sopra. Questa equazione può essere ripetuta come segue: $3 \text{ Fe} + 4 \text{ OH} = Fe_3 O_4 + 2 \text{ H}_2$ indicando la reazione dell'ione idrossido OH. Questa pellicola di ossido magnetico di ferro protegge il metallo dall'ulteriore azione della soda caustica, ma se essa si rompe in qualche punto il metallo viene ancora attaccato come nella superficie primitiva.

Un'altra via di penetrazione verso il metallo puro può verificarsi per reazione elettrochimica. Così, se in una soluzione sufficientemente concentrata di soda caustica viene inviata una forza elettromotrice, agente precisamente fra la pellicola ed il metallo puro, si ha una azione elettrochimica, ed è sufficiente a tale uopo una tensione di 0,7 V., perchè questa azione abbia luogo. La concentrazione dell'idrossido di sodio necessario allo scopo è di 400 grammi per litro, ma alle alte temperature essa si riduce notevolmente.

Si può quindi senz'altro ritenere che, con un metallo non sollecitato ed una data forza elettromotrice si forma una sottile pellicola di ossido che lentamente penetrando ne provoca una più spessa, fino a che tutto il metallo viene attaccato e ridotto ad ossido; se il materiale viene sollecitato non si ha una uguale penetrazione in tutti i punti, ma molto più celere nei grani sporgenti. Ciò è dovuto al fatto che detti grani sono chimicamente più attivi, a causa dell'energia sviluppata su di essi dalle

sollecitazioni, ed anche per il fatto che in corrispondenza di tali punti si verifica una forza elettromotrice maggiore.

Se tale è il meccanismo noi possiamo quindi arrestarne l'azione riducendo la forza elettromotrice del metallo. È stato già osservato che aumentando la concentrazione del solfato di sodio l'inconveniente scompare: ciò è spiegato dal fatto che il sale fa l'ufficio di cuscinetto della soluzione, abbassando la forza elettromotrice. Se l'acqua in caldaia contiene due o tre volte solfato di sodio rispetto all'idrossido di sodio, la corrosione viene arrestata. Gli esperimenti di laboratorio mostrano che ciò dipende dal fatto che il solfato di sodio oltre tale quantità non è solubile nell'idrossido concentrato; i cristalli sulla superfice della lamiera separandosi, si riduce la forza elettromotrice arrestando così l'azione. I fosfati, i tannati, gli acetati ecc. sono tutti adatti come cuscinetti, essi abbassano cioè la forza elettromotrice al disotto dal valore dannoso. La quantità di solfato di sodio richiesta per inibire l'azione caustica aumenta con la concentrazione alcalina e con la pressione della caldaia: il rapporto fra il solfato di sodio e la totale alcalinità aumenta da uno, per caldaie funzionanti a 150 libbre per pollice quadrato (circa atmosfere 10,5/cmq), a tre per caldaie funzionanti a 250 libbre per pollice quadrato (circa atmosfere 17,8/cmq) e più, quest'ultima naturalmente è quella che ha il maggiore interesse.

Vediamo ora come si può provocare l'aumento dell'alcalinità. Alcune acque naturali contengono quantità apprezzabili di bicarbonato di sodio e, riscaldando una tale soluzione a circa 80° C si ha la decomposizione in carbonato e $CO_2$, a cui segue poi l'ulteriore scissione del carbonato di sodio a temperature di circa 205° C. Se la quantità di solfato presente è bassa, come generalmente accade, abbiamo la corrosione. È necessario notare che il carbonato di sodio viene prodotto in caldaia anche per gli stessi trattamenti che l'acqua di alimentazione subisce, come per l'addolcimento che si fa con circolazione dell'acqua attraverso una botte atta a resistere alla pressione dell'acqua stessa. Questa botte contiene uno strato complesso di idrato di sodio, di alluminio e di silicati, dove il tutto prende il nome di zeolite.

Quando una soluzione di sale di calce e magnesio è portato in contatto con la zeolite, il calce ed il magnesio reagiscono col sodio ed in condizioni favorevoli l'acqua uscente dalla botte può contenere appunto soltanto i sali di sodio. È bensì vero che le incrostazioni solide possono essere rimosse, ma la parte trasportata dall'acqua rimane invariabile poichè i carbonati di calce e magnesio si sono trasformati in carbonato di sodio, ed i solfati sono diventati solfati di sodio: si ha così una acqua di durezza zero. In questo modo se il processo è adottato con acque contenenti solfati con minore quantità dei carbonati, avremo un eccesso di carbonato di sodio sul solfato di sodio prodotto, donde ne consegue il generarsi delle corrosioni.

La questione che ora sorge è quella di determinare quale metodo deve essere usato nel trattamento dell'acqua per prevenire le corrosioni: ciò dipende essenzialmente dalla natura dei singoli casi. La cosa più importante consiste nel mantenere il rapporto fra il solfato di sodio e l'alcalinità totale entro i limiti già menzionati, dopo di aver esattamente stabilito che l'alcalinità su cui ci si riferisce, è effettivamente quella totale presente. Le

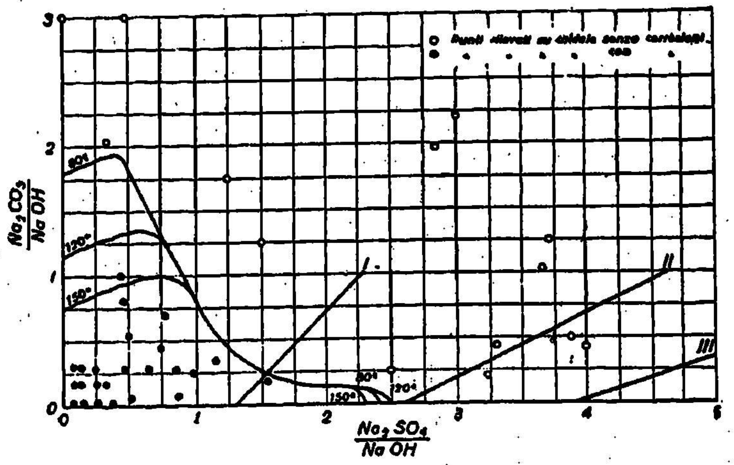



Fig. 1. - Diagramma delimitante il campo della formazione delle corrosioni in funzione dei rapporti del carbonato e solfato di sodio all'idrato di sodio.

prove di laboratorio hanno dimostrato che la quantità di solfato di sodio necessaria in caldaia dipende non soltanto dalla quantità dell'ossido di sodio formatosi, ma anche dal carbonato di sodio lasciato indecomposto. Le acque delle caldaie dovrebbero essere analizzate regolarmente durante il periodo del trattamento, determinando la quantità di idrossido di sodio, di carbonato di sodio e di solfato di sodio presenti.

I valori dei rapporti $Na_2SO_4/NaOH$ e $Na_2CO_3/NaOH$ verrebbero così calcolati e confrontati; tenendo pertanto presente la curva in figura, che ha per ascisse ed ordinate i valori dei rapporti sopra indicati, se i punti capitano nella parte superiore di detta curva il sistema di trattamento dell'acqua può essere continuato senza temere corrosioni. Se invece questi punti corrispondono alla zona inferiore alla curva, il metodo di trattamento dell'acqua dovrebbe essere modificato in maniera da aumentare uno dei rapporti, ad arbitrio dell'operatore.

Il trattamento con acidi non dovrebbe essere adottato in nessun caso nel processo di calce e soda, poichè la soda calcinata è portata in eccesso per facilitare l'addolcimento e se vi fosse una aggiunta di acido solforico l'eccesso verrebbe ridotto e quindi l'azione di raddolcimento ritardata. Quando si ricorre alla zeolite, abbiamo già visto che se la durezza del carbonato è più alta di quella del solfato, il trattamento dell'acqua sarà più alto in carbonato di sodio che in solfato di sodio. Quando le acque naturali però contengono carbonato di sodio libero e pochi solfati, allora esse vengono trattate con calce e poi con acido solforico in quantità sufficiente per mantenenre il rapporto indicato. Lo stesso esito si ottiene pure ricorrendo a calce ed alluminio od a solfato di ferro: in tutti i casi la cura che deve essere posta è quella di non applicare eccessi di trattamento con acidi e con sali di solfati.

Ru.

---

## LA DETERMINAZIONE DELLE CORRENTI DI CORTO CIRCUITO NELLE RETI TRIFASI PER MEZZO DI UNA TAVOLA DI CALCOLO ELETTRICA O MODELLO

*Bulletin S. F. E.*, settembre 1932. - F. CAHEN.

Il calcolo delle correnti di corto circuito nelle reti elettriche non presenta speciali difficoltà, ma per contro è spesso laborioso, sopratutto se la rete è complessa o quando vi siano parecchie sorgenti di energia interconnesse. La tavola elettrica descritta dall'articolo che riassumiamo ha appunto lo scopo di semplificare tale calcolo, permettendo una soluzione si può dire immediata del problema, quando si conoscano le impedenze dei vari elementi costitutivi della rete.

La tavola in questione consta essenzialmente di un certo numero di resistenze regolabili, che possono essere collegate per mezzo di contatti a spina, in modo che sia possibile riprodurre la costituzione della rete.

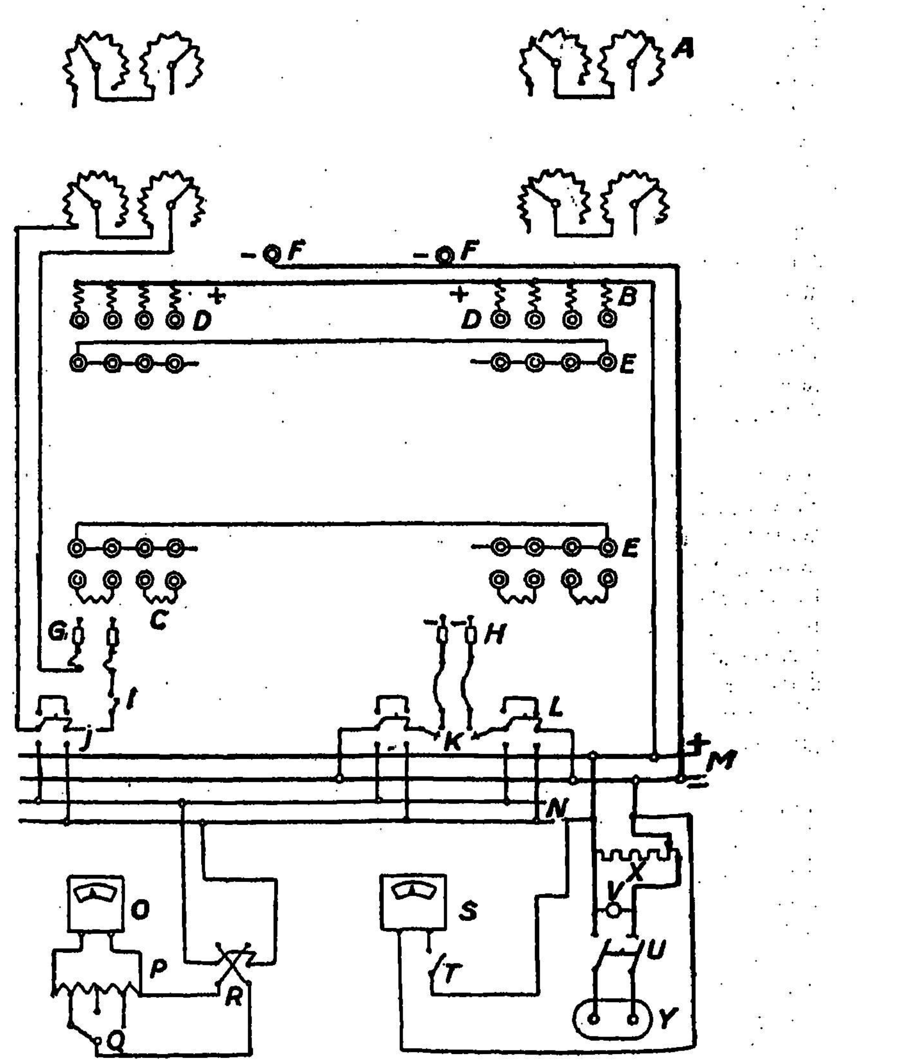



Fig. 1. - Schema dei circuiti.

Lo schema dei collegamenti è rappresentato in fig. 1. In *V* arriva la corrente continua di alimentazione, che attraverso l'interruttore bipolare *U* passa alle sbarre di distribuzione *M*;

la tensione alle sbarre, per mezzo di un reostato potenziometrico $X$, è mantenuta a un valore costante che generalmente viene assunto uguale a 100 V. Un voltmetro di precisione $S$, che si può inserire per mezzo dell'interruttore $T$, permette la verifica di tale tensione.

La sbarra positiva è collegata a una serie di contatti $D$ per l'inserzione delle resistenze che rappresentano le macchine generatrici o ricevitrici, mentre la sbarra negativa è collegata a due spine $H$ e a due contatti $F$ che servono a stabilire i corti circuiti. Su ciascuno dei contatti $D$ è montata in serie una resistenza $B$, per evitare la messa diretta in corto circuito della generatrice in caso di falsa manovra.

Le resistenze regolabili $A$, che permettono di realizzare tutti i valori multipli di 100 ohm compresi fra 100 e 11 000 ohm, hanno ciascuna le estremità collegate a due spine $G$. Nei casi in cui tali valori siano insufficienti si ricorre alle resistenze addizionali $C$. Le resistenze possono essere messe in servizio o fuori servizio per mezzo dell'interruttore $I$, mentre l'interruttore $J$ serve a collegarle con le sbarre $N$ sulle quali è inserito il circuito per la misura della corrente; tale misura si fa per mezzo del milliamperometro $O$.

Infine vi sono dei contatti di intercomunicazione $E$, ciascuno dei quali è formato di due pezzi collegati rispettivamente a un pezzo del contatto adiacente, di modo che due spine introdotte in due contatti contigui sono collegate elettricamente e sono invece isolate se introdotte in contatti non adiacenti.

La corrente continua di alimentazione è fornita da un gruppo convertitore a 100 V.

Per spiegare il funzionamento della tavola così descritta, l'A. parte dal metodo di calcolo delle correnti di corto circuito noto sotto il nome di metodo delle coordinate simmetriche; esso si basa su alcune regole fondamentali che qui ricordiamo.

In una rete in regime stabile la corrente in caso di guasto è uguale a quella che sarebbe fornita da un alternatore con f.e.m. uguale alla tensione normale della rete nel punto dove ha luogo il corto circuito e con impedenze uguali alle impedenze in parallelo di tutte le macchine generatrici e ricevitrici che fanno capo a quel punto. Quando la rete funziona sotto carico, per calcolare la corrente di corto circuito in una diramazione bisogna considerare la rete come funzionante a vuoto e aggiungere alla corrente così calcolata la corrente equilibrata che circola in tale diramazione in condizioni normali.

Nel caso in cui formandosi il corto circuito le forze elettromotrici di macchina delle macchine generatrici o le impedenze dirette di quelle ricevitrici non conservino il loro valore, occorre sostituire nel calcolo alla tensione normale della rete e alla corrente equilibrata preesistente una tensione e una corrente fittizie, per calcolare le quali si fa uso delle nuove forze elettromotrici e delle nuove impedenze.

Col metodo delle coordinate simmetriche il calcolo della corrente di corto circuito si riduce dunque alla determinazione delle impedenze totali equivalenti alle impedenze in parallelo di tutti i circuiti che fanno capo al punto dove è avvenuto il guasto. Si vede ora come sia possibile l'applicazione della tavola di calcolo descritta. Ogni elemento della rete è infatti rappresentato da un'impedenza proporzionale alla sua impedenza di fase effettiva riferita a una tensione unica per tutti gli elementi (tensione di riferimento) e fra queste impedenze figurative si stabiliscono gli stessi collegamenti esistenti nella rete effettiva. Tutte le impedenze che rappresentano macchine generatrici o ricevitrici sono poi collegate in parallelo al loro punto di origine, e fra tale punto e quello della rete fittizia o modello nel quale si vuol formare il corto circuito si applica una differenza di potenziale nota; dividendo questo valore noto per la corrente che attraversa la sorgente di d. d. p. si ottiene l'impedenza equivalente di tutti i circuiti in parallelo che fanno capo all'origine del guasto: naturalmente bisogna tener conto del fattore di proporzionalità.

La misura dell'intensità della corrente in un qualsiasi elemento del modello permette di valutare facilmente la corrente di corto circuito parziale che attraversa tale elemento. Infatti il rapporto fra l'intensità di questa corrente e l'intensità della corrente totale, già misurata, è uguale al coefficiente per il quale vanno moltiplicate le componenti simmetriche della corrente di corto circuito nelle formule che danno il valore delle componenti simmetriche della corrente che attraversa l'elemento considerato.

Le impedenze dei vari elementi della rete dovrebbero essere rappresentate nella tavola di calcolo con dei raggruppamenti di resistenze, reattanze e suscettanze riproducenti esattamente le impedenze delle varie parti della rete reale; inoltre l'alimentazione dovrebbe esser fatta con corrente alternata. In pratica però si semplifica considerevolmente la rappresentazione dei fenomeni trascurando le resistenze e le capacità e tenendo conto solo delle reattanze; questa semplificazione, se non permette più di avere risultati rigorosamente esatti, è però contenuta nei limiti di un'approssimazione praticamente sufficiente. In ogni modo va ricordato che non tenendo conto delle resistenze e delle capacità si arriva a valutazioni *in eccesso* della corrente di corto circuito.

Assimilando tutte le impedenze a reattanze è infine possibile semplificare ulteriormente la realizzazione della tavola, rappresentando le reattanze con resistenze e adottando un'alimentazione a corrente continua.

Vediamo dunque come si usi la tavola di calcolo.

Per riprodurre la rete che si vuol studiare si procede così: Le resistenze $A$, che rappresentano le reattanze delle macchine, vengono regolate al valore voluto e quindi collegate per mezzo delle spine $G$ rispettivamente ai contatti $D$ ed $E$. Gli altri elementi della rete vengono rappresentati con resistenze regolabili proporzionali alle loro reattanze, e le loro spine sono inserite nei contatti $E$. Quando le resistenze rappresentano dei circuiti collegati in un punto, le loro spine di estremità sono inserite in contatti adiacenti.

Si voglia ora rappresentare un corto circuito in un punto qualunque della rete. Si introduce una delle spine $H$ in un contatto vicino a quelli occupati dalle spine di estremità dei circuiti che vi fanno capo; basta allora chiudere $J$ per leggere sia la corrente totale sia la corrente in una delle diramazioni vicine al guasto sia infine quella che attraversa un elemento qualsiasi. Per variare la posizione del corto circuito nella rete basta spostare la spina $H$.

Ecco ora come si determinano le reattanze totali equivalenti nei sistemi diretto, inverso e monofase di tutti i circuiti in parallelo facenti capo al punto del guasto, problema al quale come abbiamo visto si può ricondurre la determinazione di una qualsiasi corrente di corto circuito col metodo delle coordinate simmetriche.

Si calcolano anzitutto le reattanze dei vari elementi della rete, esprimendole in ohm e riferendole a una tensione unica che sarà in generale la più alta delle tensioni di esercizio esistenti sulla rete. Per ogni reattanza si determina in seguito l'entità della resistenza figurativa o modello, moltiplicandola per un coefficiente opportunamente scelto in modo da ottenere sul milliamperometro dei valori leggibili. Si predispone poi sulla tavola la rete modello dando alle resistenze i valori risultanti dal calcolo precedente; infine, secondo quanto è spiegato più sopra, si rappresenta sulla tavola il corto circuito e si legge sul milliamperometro la corrente cercata.

Le resistenze equivalenti totali $s$ e quelle parziali $s_1$, $s_2$ ecc. dei circuiti che fanno capo al guasto sono date rispettivamente dalla $s = \frac{u}{k\,i}$ e dalle $s_1 = \frac{u}{k\,i_1}$, $s_2 = \frac{u}{k\,i_2}$ ecc., essendo $i$ la corrente totale misurata; $i_1$, $i_2$ ecc. le correnti nelle diramazioni facenti capo nel punto del guasto; $k$ il coefficiente di trasformazione delle reattanze; $u$ la tensione di alimentazione.

I coefficienti che intervengono nel calcolo delle componenti della corrente di corto circuito in una diramazione qualsiasi sono dati dalle espressioni $\frac{i'_{11}}{i}$, $\frac{i'_{12}}{i}$, $\frac{i'_{13}}{i}$ ecc., essendo $i'_{11}$, $i'_{12}$ ecc. le correnti nelle varie diramazioni.

Effettuando successivamente queste operazioni nei sistemi diretto, inverso e monofase si ottengono tutti gli elementi che permettono poi di ricavare, con formule semplicissime, i valori delle correnti di corto circuito sia istantanee che permanenti, sia simmetriche che dissimmetriche. Per passare da un sistema all'altro si modificano secondo occorre i valori delle resistenze modello senza toccare lo schema della rete fittizia (quando si tratti di passare dal sistema diretto all'inverso), oppure lo schema del modello (essendo la rete delle reattanze monofasi in generale molto più semplice). Le modificazioni da effettuare sulla rete modello sono in ogni caso poco importanti.

Si possono anche far variare a volontà le caratteristiche degli elementi di una rete e la configurazione schematica di questa, ciò che si ottiene in un caso modificando i valori delle resistenze che rappresentano gli elementi da variare e nell'altro caso inserendo o disinserendo a mezzo degli appositi interruttori le resistenze raffiguranti le centrali, linee e sottostazioni che si vogliono introdurre o sopprimere nella rete. Inoltre, come è già stato indicato, si può spostare il punto del guasto.

Queste varie possibilità permettono di indagare nel modo più vasto e più completo il comportamento della rete nei riguardi della formazione di correnti di corto circuito e danno modo pertanto di risolvere parecchi problemi relativi a reti anche molto complesse, con notevole risparmio di tempo e con maggior semplicità rispetto ai metodi puramente matematici.

M. A.

## g) INFLUENZA DELL'UMIDITÀ SUL VALORE DELL'ARCO D'IMPULSO

*The Electric Journal*, luglio 1932. – F. D. FIELDER.

Alcune esperienze recenti hanno dimostrato che i valori dell'arco d'impulso per isolatori sospesi variano col variare dell'umidità assoluta dell'aria; per contro l'umidità relativa a una data temperatura, ossia il rapporto fra il peso di vapore acqueo realmente contenuto in un metro cubo d'aria (umidità assoluta) e il peso necessario per la saturazione a tale temperatura, non ha praticamente nessun effetto sulle tensioni d'arco d'impulso.

Le prove vennero eseguite in un ambiente di circa 5 m di diametro e 5 m di altezza. Naturalmente vi era la possibilità di regolare l'umidità dell'aria; il contenuto di acqua veniva ridotto immettendo nell'ambiente di prova una corrente di aria calda e secca e rispettivamente aumentato fornendo aria fredda e vapore; nel contempo l'aria veniva sempre mossa. Così si riusciva ad ottenere condizioni praticamente costanti per tutta la durata di una prova (venti minuti circa). La variazione dell'umidità era compresa fra 2 e 16 grani per piede cubo (4,6 a 36,6 grammi per mc); per raggiungere i gradi di umidità più alti, molte prove si dovettero fare a temperatura di 100° F (38° C) e quindi con bassa densità relativa dell'aria: ai risultati si portarono perciò le necessarie correzioni.

Una volta ottenuto il desiderato grado di umidità assoluta, agli isolatori in prova (ai quali si era lasciato il tempo necessario per assumere la temperatura ambiente) venivano applicati da 15 a 20 impulsi, variando opportunamente la tensione d'impulso; il valore minimo dell'arco d'impulso era determinato per mezzo di oscillogrammi.

I risultati delle prove dimostrano che aumentando l'umidità assoluta il valore minimo dell'arco d'impulso aumenta pure; però quando la quantità di vapore acqueo raggiunge 12 grani per piede cubo d'aria (27,5 gr per mc), le curve che danno la tensione d'arco in funzione dell'umidità raggiungono un massimo e diventano all'incirca orizzontali. Ciò non si verifica invece per gli spazi d'aria senza dielettrico e perciò il fatto è da attribuirsi alla presenza del dielettrico porcellana e in parte anche alla condensazione che avviene alla superficie degli isolatori: infatti talvolta si riscontrano su questi goccioline d'acqua.

La forma d'onda non è senza influenza sull'entità del fenomeno: la variazione della tensione d'arco d'impulso in funzione dell'umidità è meno pronunciata per lunghezze d'onda minori. Infatti per onde positive del tipo 1,5-40 microsecondi il minimo valore dell'arco d'impulso aumenta in media del 2 % per ogni grano d'umidità per piede cubo d'aria in più (gr 2,3 per mc); per onde dei tipi 1-10 microsecondi e 1-5 microsencondi tale aumento si riduce rispettivamente a 1,5% e 1%.

È stato anche indagato l'effetto dell'umidità sulle curve che danno il ritardo alla scarica degli isolatori sospesi. Le prove vennero fatte con onde del tipo 1,5-40 microsecondi e con catene di 8 isolatori; è risultato che aumentando l'umidità assoluta diminuisce il ritardo all'adescamento per i valori minimi dell'arco d'impulso. L'effetto dell'umidità diminuisce quando aumenta la tensione e diminuisce il ritardo alla scarica.

Dal punto di vista pratico l'importanza dei risultati ottenuti sta nel fatto che le sovratensioni in linea hanno luogo sopratutto in occasione di temporali e sono pertanto precedute spesso da alte temperature, basse pressioni e forte grado di umidità. Tali condizioni influiscono nel modo che si è visto sul comportamento degli isolatori, i quali pertanto a questo riguardo vanno considerati in modo diverso dagli altri apparecchi.

M. A.

---

## h) IL TRASFORMATORE AD EVOLVENTE

*Bulletin A.S.E.*, N. 14, 8 luglio 1932. – R. EDLER.

L'A., riferendosi ad un articolo già pubblicato da M. Vidmar in *E. u. M.* del 24 aprile 1932 (cfr. *L'Energia Elettrica* del giugno 1932, pag. 562), esamina la possibilità di costruzione, le proprietà in esercizio e la portata economica del trasformatore con nucleo ad evolvente. Questo tipo di trasformatore realizza la forma ottima per il nucleo, le cui lamiere sono notoriamente piegate secondo evolventi di cerchio: il volume del cilindro cavo formato dagli avvolgimenti può essere in tal modo, completamente utilizzato per il circuito magnetico ad eccezione di un piccolo cilindro interno il cui diametro $2r$ dipende dal numero $n$ delle lamiere e dallo spessore di esse $S$. Poichè $n \cdot S = 2\pi r$, la perdita di volume della colonna è eguale a:

$1/16 = 6{,}25\ \%$ per $R = 4r$ ($R$ = raggio del nucleo)
$1/25 = 4{,}00 =$ » $R = 5r$
$1/36 = 2{,}78\ \%$ » $R = 6r$

La lunghezza degli archi di evolvente secondo i quali vengono sagomate le lamiere è espressa da $S = \frac{R^2 - r^2}{2r}$.

Le particolarità costruttive del trasformatore risultano dalle figure 1, 2 e 3: la 1 rappresenta la sezione; la 2 il trasformatore pronto e la 3 le singole parti di esso. Alla piastra di base, 16, munita di fessure per la ventilazione, è fissato il tubo interno 17 sul quale sono infilati il nucleo ad evolvente 2 con la bobina 6,

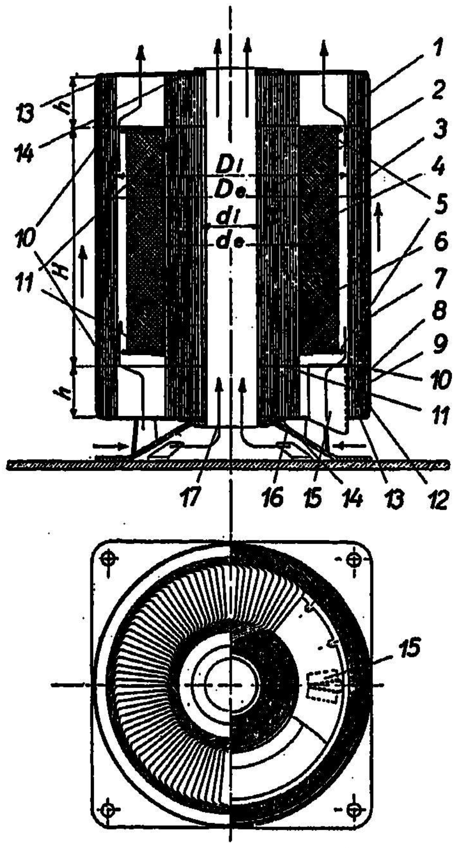



Fig. 1. - Sezione del trasformatore ad evolvente.

il mantello 3 e il gioco 1. Il mantello 13 protegge tutto il trasformatore. I gioghi a disco hanno le lamiere disposte, internamente e verso la periferia ad evolvente, e nella parte intermedia in direzione radiale. Le fessure radiali sono utili per la ventilazione.

Il trasformatore è praticamente senza dispersione verso l'esterno, esso può, peraltro, essere costruito anche come trasformatore a dispersione con avvolgimenti concentrici e come bobina di autoinduzione con un unico avvolgimento.

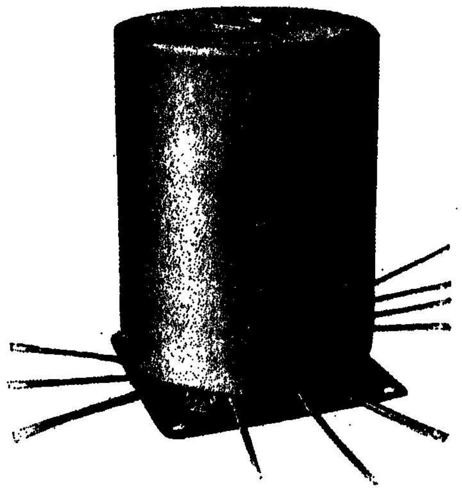


Fig. 2. - Vista del trasformatore ad evolvente.

La tecnologia del trasformatore ad evolvente è semplice. Le lamiere legate per il nucleo, il mantello ed i dischi del giogo vengono tagliate mediante apposita trancia. Un dispositivo a rulli permette un rapido allestimento del nucleo 2 e del mantello 3. Il taglio ed il piegamento ad evolvente delle lamiere dei dischi del giogo vengono eseguiti da uno speciale utensile: le lamiere sono poi pressate nell'anello del giogo già preventivamente preparato. Le rimanenti parti del trasformatore: strati isolanti, cassa, piastra di base, tubo interno, non presentano nessuna difficoltà tecnologica.

Nel trasformatore ad evolvente vengono pure meno le spese per l'allestimento dei bulloni, dei relativi tubi isolanti e delle chiodature ad essi inerenti. La mancanza dei bulloni di pressione e, quindi, delle correnti parassite in essi, facilita la ventilazione del trasformatore e ne aumenta la capacità di carico. Lo sfrido nelle lamiere è pressochè eliminato data la struttura singolare

del ferro attivo. Un'altra economia è realizzabile con l'impiego di macchine utensili per la lavorazione assai semplici e poco costose.

A tutt'oggi, il trasformatore ad evolvente viene costruito soltanto monofase del tipo a mantello chiuso; negli impianti trifasi è necessario il collegamento di tre unità a triangolo oppure a stella. Fino ad ora sono stati normalizzati i tipi fino a 700 VA: è, tuttavia, prevista la fabbricazione di tipi a potenza alquanto più elevata. I tipi di serie vengono costruiti per tensioni fino a 500 V: furono, però, allestiti trasformatori per tensioni alquanto più elevate per scopi speciali ad es. alimentazione di tubi al neon, per automobili ecc. È possibile aumentare la potenza di ciascun trasformatore lasciando invariate le dimensioni dei gioghi ed aumentando l'altezza del nucleo e del mantello.

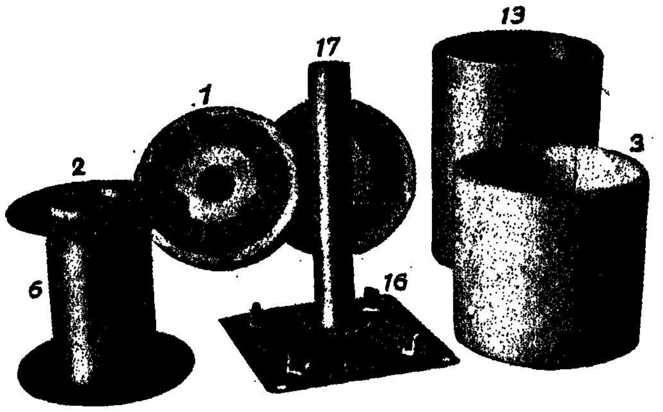



Fig. 3. - Parti componenti il trasformatore ad evolvente.

Esaminando una tabella che riporta le caratteristiche principali dei trasformatori di serie, si rilevano i pesi estremamente ridotti del materiale attivo e le perdite eccezionalmente limitate. Il peso del ferro è eguale a circa il 180 % del peso del rame, mentre nei trasformatori normali raggiunge il (300 ÷ 400) %: questo risultato è stato ottenuto riducendo al minimo la lunghezza del circuito magnetico ed utilizzando al massimo lo spazio lasciato libero dalle bobine.

Poichè lo sviluppo del trasformatore ad evolvente è recente, non si posseggono ancora dati di esercizio; si può, tuttavia, affermare che le perdite assai ridotte nel ferro rendono il trasformatore assai economico in esercizio, anche dove esso è costretto a funzionare a lungo a vuoto oppure a basso carico. La migliore utilizzazione dei materiali attivi e di quelli inattivi riduce da un lato l'ingombro del trasformatore e dall'altro le spese per il trasporto del medesimo. Influiscono pure favorevolmente dal lato economico: la mancanza di una carcassa speciale nei tipi protetti, la facilità di esecuzione a macchina delle spire e bobine circolari, la massima utilizzazione dei materiali attivi, consentita da una ventilazione efficace e, per conseguenza, la notevole capacità di sovraccarico.

d. m.

---

## i) UN PASSANTE A CONDENSATORE IN OLIO PER 220 kV

*Elektrotechnische Zeitschrift*, n. 23, 9 giugno 1932. – W. HÜTER.

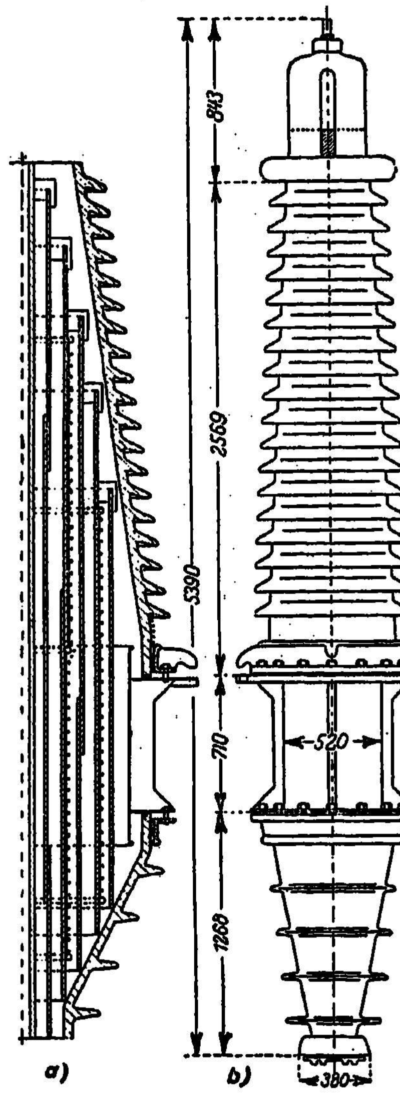
La costruzione dei passanti per le tensioni più elevate impiegate oggidì negli impianti elettrici deve soddisfare ad esigenze assai più severe di quelle imposte per i passanti a tensione meno elevata (60 ÷ 110) kV; è naturale, tuttavia, che questi ultimi abbiano costituito il punto di partenza per la risoluzione dei problemi costruttivi inerenti ai primi.

È noto che in pratica, per tensioni fino a 110 kV, i tipi di isolatori passanti impiegati si possono classificare come segue:

1. Passanti a riempimento di miscela, suddivisi in corrispondenza del collare.
2. Passanti a riempimento d'olio, pure suddivisi.
3. Passanti in carta (con rivestimento in ceramica per l'aperto; intercapedine riempita di miscela).
4. Passanti a molti tubi in porcellana.

La costruzione dei passanti a molti tubi in porcellana per tensioni dell'ordine di 220 kV presenta tutt'oggi delle difficoltà assai gravi. Le dimensioni accentuate ed il peso esagerato costituiscono inconvenienti tali da annullare il vantaggio derivato dall'impiego di materiale incombustibile. Basti notare che il passante a più tubi ed a condensatore di Rosenthal, adatto per 250 kV, ha un diametro di 400 mm, con una lunghezza del tubo più lungo di m 2,8.

I passanti a condensatore costituiti da più strati di carta bachelizzata si possono oggidì costruire senza difficoltà per tensioni di 110 kV. Prove eseguite sopra esemplari costruiti per quest'ultima tensione hanno dimostrato che essi sono in grado di sopportare tensioni fino a 200 kV senza dar luogo a scariche superficiali oppure a scariche ai bordi dei singoli elementi costituenti il passante. Sussistono serie difficoltà nella costruzione dei passanti in carta per tensioni superiori a 150 kV. L'esecuzione dei singoli elementi diventa difficile ed onerosa perchè le dimensioni notevoli impongono speciali accorgimenti costruttivi e l'impiego di macchine costose. Tali passanti comportano inoltre perdite dielettriche eccessive ed inammissibili. Un passante a 220 kV con riempimento di miscela, suddiviso dal collare, può essere indubbiamente costruito in modo da sopportare tensioni di prova sotto pioggia di 650 kV. Con una lunghezza di m 4 e gli opportuni accorgimenti per evitare il formarsi di scintille striscianti si può arrivare ad una costruzione soddisfacente. Gli inconvenienti derivanti dalle difficoltà di trasporto e dalla impossibilità di effettuarne il riempimento sul posto, sono sufficienti, secondo l'A., per escludere a priori la convenienza di un tale passante. Da tali inconvenienti è pressochè immune il passante a riempimento d'olio, con setti di carta, il quale presenta, peraltro, delle difficoltà di tenuta più accentuate. Le sue dimensioni sono, inoltre, a parità di tensione, assai più accentuate di quelle del passante a condensatore in carta. Prove eseguite sopra un passante in olio con diametro interno in corrispondenza del collare di 450 ÷ 560 mm hanno dimostrata l'impossibilità di ottenere tensioni di scarica superiori a 500 kV e ciò nonostante che fossero stati presi tutti gli accorgimenti per evitare il formarsi di scariche preventive e di scintille striscianti. La ricerca della possibilità di realizzare passanti atti a sopportare tensioni di prova superiori ai 500 kV andava, pertanto, fatta seguendo due vie: 1° aumentando il diametro del passante e, quindi, quello del rivestimento in ceramica, portandone il peso a valori esagerati (esistono passanti per 220 kV con collare di 900 mm di diametro). 2° utilizzando il principio del passante a condensatore. Quest'ultimo, se costruito in carta, presenta il pericolo che difetti nel dielettrico possono ripercuotersi, mercè il concorso delle armature, in misura assai dannosa sul comportamento dell'isolatore. Questo inconveniente è tanto




Figg. 1 *a*) e *b*).

più accentuato quanto maggiore è il numero dei fogli metallici o metallizzati costituenti l'armatura. La opportunità di un numero di fogli relativamente elevato è, peraltro, giustificata da ragioni costruttive e dalla necessità di evitare che anche alla tensione di esercizio si abbiano perdite per effluvi ai bordi, le quali potrebbero portare ad una rapida distruzione del passante.

Il passante a condensatore con riempimento d'olio può, ovviamente, essere costruito con un limitato numero di tubi:

non è necessaria una uniformità di distribuzione del potenziale in senso radiale; è invece opportuna una buona ripartizione longitudinale. Un passante di questo tipo ha le armature costituite da pochi cilindri metallici muniti di anelli ai bordi e separati da tubi isolanti ed è riempito con una speciale miscela ad alta viscosità. Di fronte al vantaggio della facile tenuta, l'A. ritiene che questo passante presenti i seguenti inconvenienti: difficoltà di riempimento senza inclusione di bolle gassose, non buona conducibilità termica, difficoltà di trasporto.

Un passante per tensione nominale di 220 kV e tensione di scarica di 650 kV sotto pioggia è stato ideato dall'A. Esso comporta nel suo interno, fra il conduttore ed il collare, cinque cilindri di carta impregnata, dei quali il 2° ed il 4°, contati a partire dall'interno verso l'esterno, portano esternamente le armature metalliche mentre gli altri tre hanno il compito di impedire la formazione di ponti fra il conduttore e la flangia attraverso le armature. I cilindri metallici portano ai bordi degli anelli metallici e vengono ricoperti mediante un nastro di tela impregnata, il quale ha lo scopo di proteggere le armature e di impedire spostamenti durante le prove. Gli anelli sono alquanto distanziati dal rivestimento in ceramica perchè la lunghezza dei cilindri metallici è minore di quella dei relativi cilindri in carta: sono evitate, in tal modo, le correnti striscianti che potrebbero altrimenti stabilirsi nel rivestimento in porcellana sotto olio. Altri anelli sono sistemati in corrispondenza delle giunzioni dei tubi isolanti rivestiti dalle armature (figg. 1 *a*) e *b*)).

Quantunque le prime prove eseguite su tale tipo di passante abbiano messo in evidenza alcuni difetti, miglioramenti introdotti in seguito hanno portato ad una costruzione pienamente soddisfacente. Con una distanza di 208 mm fra conduttore e parte interna del collare, è stata misurata una tensione di scarica a secco di 700 kV.

Fra i pregi del passante, l'A. cita i seguenti:

1. Facilità di allestimento, trattandosi di un numero limitato di cilindri interni di costruzione semplice.
2. Dimensioni ridotte e forse ancora riducibili. Peso limitato, favorevolmente influenzato anche dalla costituzione del collare in lamiera e dal peso specifico dell'olio di riempimento.
3. L'olio poco viscoso circola facilmente fra i setti interni muniti di fori all'estremità ed impedisce il riscaldamento eccessivo del dielettrico. La possibilità di impiegare un olio con basso punto di congelamento rende il passante adatto per impianti all'aperto.
4. Il passante ha una lunghezza totale di m 5.4. Ciò non ostante, potendosi suddividere facilmente, il trasporto ed il montaggio sul posto non presentano difficoltà. Anche la tenuta dell'isolatore si può realizzare oggidì con mezzi semplici e sicuri.
5. La formazione di scintille striscianti è evitata, fino ad una tensione prossima a quella di scarica, mercè l'impiego di un rivestimento metallico sulla parte dell'involucro superiore in ceramica prossima al collare. A partire da 550 kV fino a 700 kV si nota soltanto un debole effluvio ai bordi del rivestimento metallico anzidetto.

Le prove effettuate a secco e sotto pioggia secondo le norme tedesche hanno portato ai risultati riassunti qui appresso:

a 220 kV – aspetto tranquillo ed oscurità completa, a secco e sotto pioggia,
a 380 kV – formazione di leggeri fiocchi in corrispondenza della parte inferiore del recipiente di espansione, a secco,
a 504 kV (tensione di prova), – flangia completamente oscura; fiocchi più accentuati in corrispondenza del recipiente di espansione, a secco; luminosità uniforme alla flangia ed in corrispondenza delle 5 campane in alto dell'involucro superiore, sotto pioggia,
a 550 e 600 kV – accentuata formazione di fiocchi superiormente; leggero effluvio in corrispondenza della parte inferiore metallizzata dell'ultima campana dell'involucro superiore, a secco.
a 650 kV – Come sopra, ma con formazione più marcata di fiocchi, a secco; scarica, sotto pioggia.
a (700 ÷ 725) kV – scarica, a secco.

Il passante a condensatore in olio per 220 kV venne sottoposto a prove di misura delle perdite per tensioni fino a 380 kV. Vennero allo scopo impiegati dei condensatori ad aria compressa costruiti secondo il nuovo principio di Schering e Vieweg. Opportuni accorgimenti furono adottati per evitare che i collegamenti dell'alta tensione al ponte di Schering avessero a falsare i risultati delle misure. La capacità del passante venne misurata eguale a $174.10^{-12}\ F = 157$ cm; il coefficiente di perdita $tg\ \delta$ in corrispondenza delle varie tensioni risultò espresso dai seguenti valori:

| *kV* | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 380 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *tg δ* | 0,009 | 0,0095 | 0,0120 | 0,012 | 0,012 | 0,0135 | 0,0155 | 0,017 |

Calcolando sopra un valore medio di $tg\ \delta = \cos\varphi = 0{,}012$, la perdita del passante a 220 kV risulta:

$$W = \omega\ C\ V^2 \cos\varphi = 32\ W.$$

Altre misure delle perdite, effettuate sopra altro passante, diedero i risultati riassunti qui appresso:

I. Tensione variabile crescente

| kV | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *tg δ* | 0,013 | 0,015 | 0,015 | 0,016 | 0,017 | 0,018 |

II. Tensione costante = 220 kV

| durata in h | 0 | 1/2 | 1 1/2 | 2 |
|---|---|---|---|---|
| *tg δ* | 0,016 | 0,016 | 0,016 | 0,016 |

III. Tensione costante = 250 kV

| durata in h | 0 | 1/2 | 1 |
|---|---|---|---|
| *tg δ* | 0,017 | 0,017 | 0,017 |

IV. Tensione costante = 300 kV

| durata in h | 0 | 1/4 | 1/2 | 3/4 | 1 |
|---|---|---|---|---|---|
| *tg δ* | 0,0176 | 0,0181 | 0,0181 | 0,0180 | 0,0178 |

V. Tensione variabile e decrescente

| kV | 250 | 220 | 200 | 150 | 100 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *tg δ* | 0,0161 | 0,0157 | 0,0152 | 0,0142 | 0,0133 | 0,012 |

I valori rilevati nell'ultima serie di misure (V) dimostrano una buona concordanza con quelli ottenuti nella prima serie (I): questo dimostra che il passante ha sopportato senza danno alcuno le prove di durata a 220, 250 e 300 kV durante le quali sono state effettuate le misure (II), (III), (IV). I valori dedotti sono alquanto più favorevoli di quelli ricavati da altri sperimentatori, il che porta l'A. a concludere che il passante da lui ideato presenta, oltre agli altri vantaggi già citati dianzi, anche quello di essere affetto da perdite molto limitate.

d. m.

---

## DISPOSITIVI DI REGOLAZIONE PER TRASFORMATORI A PRESE INTERMEDIE (1

*E.T.Z.*, 2 giugno 1932. - K. Bölte

Coll'estendersi delle reti elettriche e dei relativi collegamenti è andata crescendo la richiesta di trasformatori a prese multiple per regolazione della tensione sotto carico. Il passaggio dall'una all'altra presa di un trasformatore può essere fatto mediante un divisore di tensione oppure con l'aiuto di resistenze ausiliarie. Il secondo sistema ha il vantaggio di una maggiore semplicità ed è in Germania applicato nella maggior parte dei casi sugli impianti fissi. Uno dei sistemi che ha trovato la più larga applicazione è quello noto del Dott. Jansen; in questo articolo l'A. descrive alcuni dispositivi costruttivi adottati dalla A. E. G. sulla base di detto sistema.

Le resistenze ausiliari hanno, come è noto, lo scopo di limitare le correnti di corto circuito istantanee che si producono durante la manovra dei contatti, riducendo così al minimo l'usura dei contatti stessi. L'apparecchiatura consiste in un interruttore principale e in un inseritore a tasti; poichè quest'ultimo è manovrato senza presenza di corrente, esso può essere costruttivamente montato entro il cassone stesso del trasformatore. Invece l'interruttore, che nelle manovre dà sempre luogo a formazione di archi e perciò produce alterazione dell'olio, viene montato in una cassa separata dal cassone d'olio del trasformatore. Oltre questi organi fondamentali vi sono naturalmente altri organi meccanici di comando e di collegamento per l'esecuzione delle manovre.

L'inseritore tipo A. E. G. comprende 2 gruppi di contatti I e II (fig. 1) di cui i primi sono collegati con le prese dispari 1, 3, 5 e gli altri con le prese pari 2, 4, 6. I due conduttori derivati dagli inseritori mettono capo all'interruttore *L* e per mezzo di esso possono alternativamente essere collegati, durante l'intero campo di regolazione, col conduttore da regolare.

Mentre la rete è collegata p. es. al tasto 3 del primo inseritore, sull'altro inseritore viene eseguita la manovra di un tasto passando ad esempio da 2 a 4. Successivamente manovrando l'interruttore *L* si collega la linea al tasto 4 appena inserito. Così successivamente operando si possono percorrere tutti i tasti di regolazione. Invertendo il senso di regolazione si percorrono i tasti in senso inverso; il primo passo indietro deve essere eseguito senza spostamento degli inseritori e a ciò provvede un apposito dispositivo che permette un movimento dell'interruttore senza il corrispondente spostamento dell'inseritore.

Durante la manovra dell'interruttore le due resistenze d'inserzione collegate ai contatti dell'interruttore stesso, vengono per un istante a trovarsi in parallelo e così sopportano la cor-

rente di corto circuito; siccome la manovra dell'interruttore richiede complessivamente 1/20 di secondo, il tempo per il quale le resistenze si trovano a portare la corrente di corto circuito è troppo breve perchè si produca un riscaldamento eccessivo.

Per ridurre il costo dell'apparecchiatura si può costruire il dispositivo di regolazione con metà numero di prese, utilizzandolo nei 2 sensi per la regolazione in più o in meno del valore normale. Ciò si può ottenere con l'aiuto di un commutatore ausiliario.

La figura 2 rappresenta tale dispositivo di tipo unipolare. I contatti vengono percorsi 2 volte e alla fine di ogni corsa completa vengono invertiti gli estremi dell'avvolgimento, dopo di che l'organo mobile dell'inseritore continua la sua manovra passando dall'ultimo al primo dei contatti.

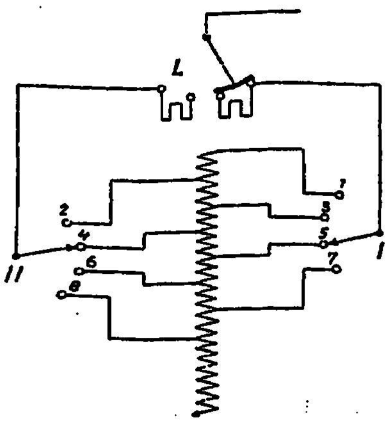



Fig. 1. - Schema fondamentale.

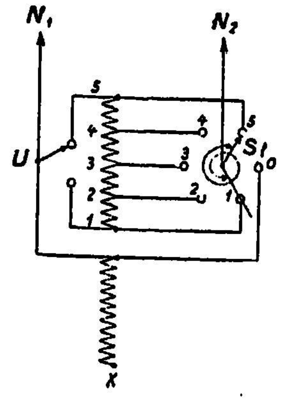


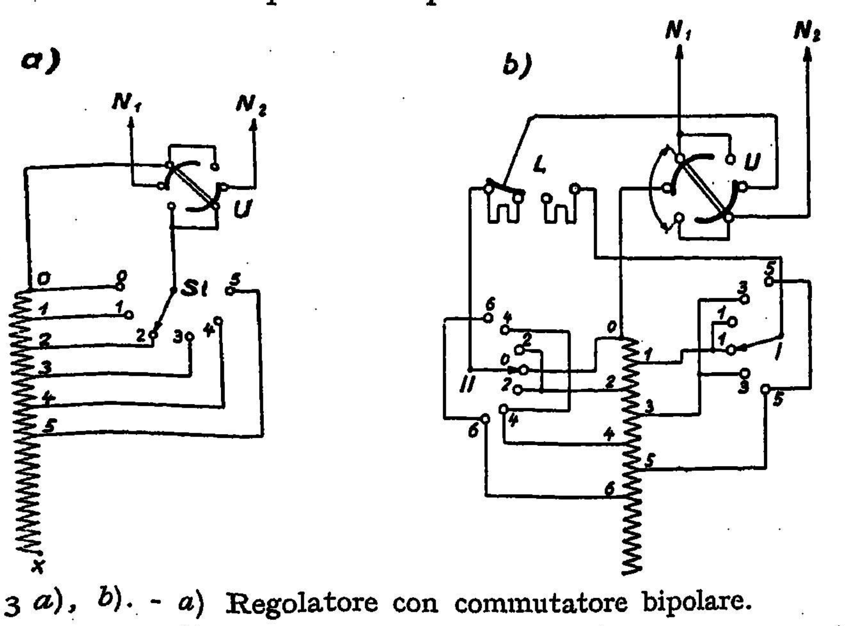

Fig. 2. - Schema del dispositivo dell'inseritore unipolare.

Nella fig. 2 la linea $N_1$ è a tensione costante, mentre la $N_2$ è quella da regolare. La tensione minima in $N_2$ si ottiene coll'inseritore sul contatto 1 e il commutatore $U$ sul tasto 5. L'inseritore passa successivamente dal tasto 1 a quello 5 e così la tensione di $N_2$ viene portata al valore di $N_1$. L'inseritore ritorna poi alla posizione 1 passando per il tasto 0 e mentre è in questa posizione il commutatore viene spostato da 5 su 1, dopo di che l'inseritore ripassa nuovamente da 1 fino a 5 raggiungendosi in questa posizione la massima tensione sulla linea $N_2$. Come si vede, i tasti vengono percorsi sempre nello stesso senso.

Si adatta frequentemente il dispositivo bipolare, indicato nelle figure 3 *a*), *b*), nel quale l'avvolgimento di regolazione non viene mai messo fuori circuito. La fig. 3 *a*) indica tale schema in linea di principio. In una delle posizioni del commutatore $U$ le due linee $N_1$ e $N_2$ sono rispettivamente collegate ai due estremi dell'avvolgimento di regolazione. Finchè l'inseritore è sulla posizione 0, le due linee $N_1$ e $N_2$ sono alla stessa tensione e la corrente circola direttamente fra $N_1$ e $N_2$ attraverso il commutatore. Con questo dispositivo si può regolare la tensione su l'una o su l'altra delle due linee ed esso è perciò particolarmente utile, quando la corrente deve essere derivata secondo i casi dall'una o dall'altra linea; ciò non è possibile col dispositivo unipolare.

La regolazione avviene nel seguente modo riferendoci allo schema della fig. 3 *a*). La tensione minima in $N_2$ è ottenuta con l'inseritore sulla posizione 5; facendo passare l'inseritore sui tasti in ordine decrescente la tensione in $N_2$ aumenta. Arrivato l'inseritore sulla posizione 0, il commutatore $U$ collega $N_2$ con 0 e $N_1$ con la tensione regolata: la massima tensione in $N_2$ si ottiene con l'inseritore sul contatto 5 che viene raggiunto facendo rotare l'inseritore in senso inverso secondo la numerazione crescente dei contatti di derivazione.

Praticamente il dispositivo bipolare viene realizzato secondo




Figg. 3 *a*), *b*). - *a*) Regolatore con commutatore bipolare.
*b*) Schema completo del regolatore con commutatore bipolare.

lo schema della fig. 3 *b*), dove I e II indicano le due serie di contatti dell'inseritore, $U$ il commutatore bipolare e $L$ l'interruttore. Per evitare l'inversione nel senso di rotazione dell'organo di comando a metà del campo di regolazione, ogni presa è collegata due volte all'inseritore.

*Esempi di costruzione.* – La realizzazione costruttiva del sistema ora descritto si può fare secondo diversi tipi. In certi trasformatori regolabili per installazione all'aperto l'interruttore di regolazione delle 3 fasi è contenuto in una struttura esterna al trasformatore, i tre inseritori sono disposti sopra al nucleo del trasformatore, mentre il dispositivo di comando è portato dalla stessa incastellatura che sorregge l'interruttore di regolazione e il collegamento meccanico cogli inseritori è fatto con bracci a collegamenti snodati.

Un trasformatore a regolatore da 25 000 kVA a 110/72/59 kV di recente costruzione, è rappresentato nella fig. 4: ha l'interruttore di regolazione con la relativa cassa sostenuta da un passante, mentre l'inseritore è al disotto del coperchio del trasformatore sostenuto dalla stessa flangia del passante, che sorregge l'interruttore; le prese sul trasformatore sono direttamente collegate ai tasti dell'inseritore.

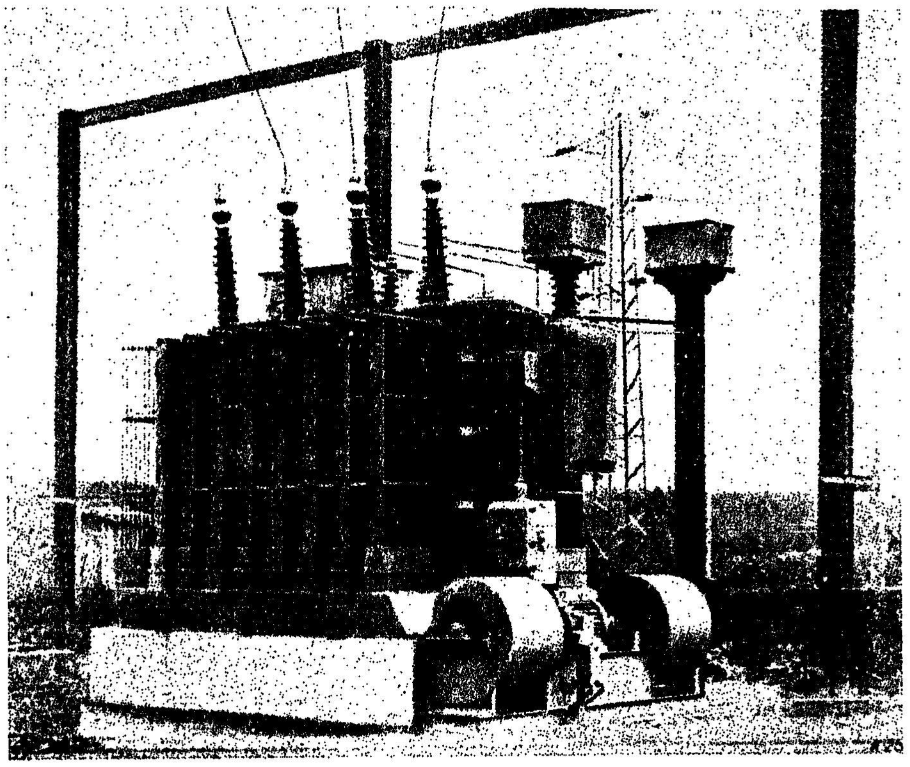


Fig. 4. - Trasformatore a regolazione per 25 000 kVA a 45 kV.

Gli interruttori, i passanti e gli inseritori possono essere distinti per ciascuna fase oppure, se la regolazione è applicata al centro stella, possono essere costruiti in un complesso trifase e sorretti da un solo passante come nella figura 4.

In generale i trasformatori provvisti di dispositivo di regolazione sotto carico non occupano in pianta uno spazio sensibilmente maggiore di quello di un trasformatore comune. La sorveglianza, lo smontaggio e l'eventuale ricambio del dispositivo di regolazione si può eseguire in generale con relativa facilità. Prove eseguite con numerosissime operazioni successive hanno dimostrato che la manovra degli inseritori non produce un sensibile maggiore deperimento dell'olio del trasformatore.

Particolare attenzione deve essere rivolta alla costruzione del passante che sorregge l'interruttore di regolazione, dovendo esso avere una grande resistenza meccanica. L'interruttore di regolazione è in generale contenuto in una cassa a riempimento d'olio e le sue parti sono disposte in modo da poter estrarre l'interruttore dalla cassa senza dover togliere l'olio.

I dispositivi di regolazione possono poi essere provvisti di apparecchi di segnalazione e di misura, le cui indicazioni possono anche essere riportate a distanza sul quadro.

Ri.

---

## IL REGOLATORE A TRIODI PHILIPS

*E.T.Z.*, 2 giugno 1932. – N. A. J. Voorhoeve - F. H. de Jong.

*Il regolatore a triodi Philips per corrente continua.* – È stato studiato per i casi nei quali occorre una regolazione rapida e molto accurata. Mentre coi regolatori rapidi elettromagnetici si ottiene al massimo una precisione di 0,5%, col regolatore Philips si può raggiungere il 0,1%, come spesse volte occorre nei

laboratori ecc. La rapidità di regolazione è superiore ad ogni altro dispositivo, richiedendo soltanto una piccola frazione di secondo.

La fig. 1 rappresenta lo schema fondamentale del regolatore applicato ad una dinamo ad eccitazione indipendente. La griglia del triodo di regolazione è collegata ad una batteria $U$ e ad un

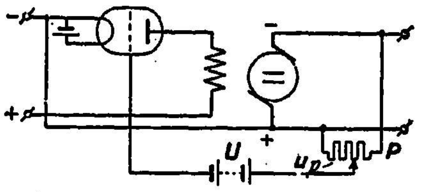


Fig. 1. - Schema fondamentale di un regolatore a triodo.

potenziometro $P$; questo collegato ai morsetti della dinamo, ha lo scopo di permettere una graduale inserzione della tensione di griglia e di impedire che la batteria raggiunga una tensione eccessiva nel caso di dinamo ad alta tensione. Il filamento del triodo è collegato al morsetto positivo della dinamo; tutto è regolato in modo che la griglia abbia il potenziale negativo rispetto al filamento.

Il funzionamento è il seguente: supposto ad esempio un elevamento di carico, si verifica una diminuzione della tensione ai morsetti e quindi anche della tensione $u_p$ di modo che la griglia diventa un po' meno negativa rispetto al filamento. Ne segue anche una diminuzione della resistenza rappresentata dal triodo nel circuito di campo e quindi un incremento dell'eccitazione, che riconduce la dinamo alla tensione normale.

Il triodo può anche essere inserito in parallelo al circuito di campo. In pratica le variazioni della tensione della dinamo sono riportate sulla griglia del triodo di regolazione attraverso un dispositivo amplificatore. Nella figura 2, che rappresenta lo schema

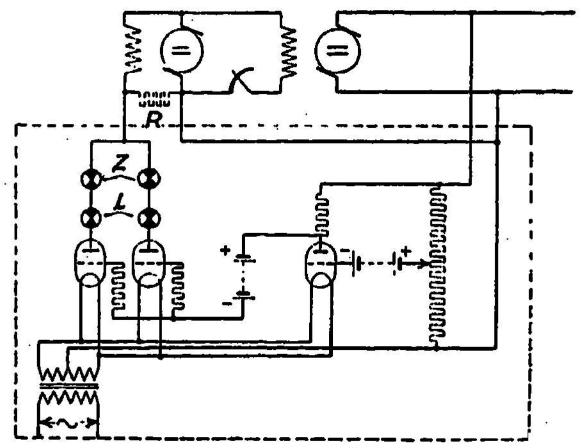


Fig. 2. - Schema fondamentale del regolatore a triodi Philips per corrente continua.

costruttivo del regolatore, è indicato un amplificatore a un solo stadio. Un aumento di tensione della dinamo produce un maggior abbassamento della tensione della griglia del triodo, cosicchè la corrente di campo della dinamo di eccitazione diminuisce; quindi anche l'eccitazione della dinamo principale viene diminuita. Come si vede dallo schema i filamenti vengono alimentati a corrente alternata attraverso un trasformatore. Come tensione anodica dei triodi amplificatori viene utilizzata la tensione stessa della dinamo. Per quanto riguarda le batterie, lo schema contiene soltanto quelle per le griglie, che, non dovendo fornire corrente, assumono poca importanza.

Molta cura si è posta nell'ottenere un elevato grado di sicurezza. A tale scopo si impiegano diversi triodi di regolazione in parallelo; nel circuito anodico di ogni triodo è inserita una valvola fusibile $Z$ e una lampada di segnalazione $L$, e le griglie sono in serie con forti resistenze.

L'intera apparecchiatura di regolazione è racchiusa in una cassetta di 250 × 290 mm e alta 183 mm, la quale può essere agevolmente montata sui pannelli di un quadro.

Coll'uso di una dinamo di eccitazione il regolatore descritto può essere utilizzato fino a una potenza di circa 100 kW e, in circostanze particolarmente favorevoli. Si noti anche che esso offre la possibilità di elevare la tensione della dinamo col crescere del carico, oppure di ottenere identiche tensioni con carichi diversi facendo dipendere la tensione di griglia dei triodi amplificatori dalla corrente di carico. L'apparecchio può essere adattato anche per ottenere la regolazione di motori a corrente continua in derivazione.

Come esempio di applicazione viene citato quello ad un gruppo convertitore installato nei laboratori della Ditta Philips a Eindhoven: la dinamo da 40 kW con eccitatrice da 0,45 kW e tensione ai morsetti di 130 V viene mantenuta a tensione costante entro i limiti di 1 per 1000.

*Il regolatore a triodi Philips per corrente alternata.* – L'apparecchio studiato per regolare la tensione generata da un alternatore si fonda sullo stesso principio del regolatore per corrente continua: ogni variazione della tensione del generatore è riportata ad influire sulla griglia di un triodo che ha i circuiti anodo-filamento in serie o in parallelo coll'avvolgimento di eccitazione.

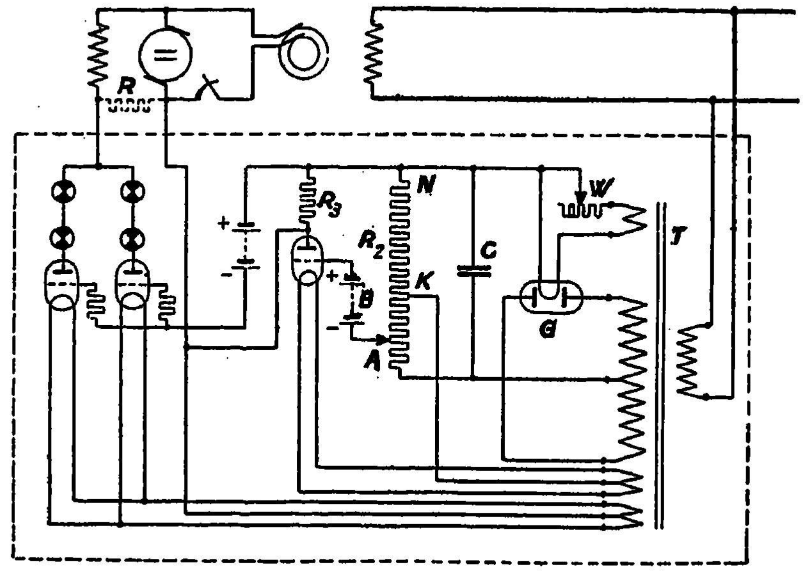


Fig. 3. - Schema fondamentale del regolatore a triodi Philips per corrente alternata.

Lo schema è rappresentato nella fig. 3. La tensione da regolare viene fatta agire su un trasformatore $T$ che alimenta un raddrizzatore $G$, oltrechè i filamenti degli amplificatori e del triodo di regolazione. La tensione raddrizzata viene appiattita per mezzo del condensatore $C$, dai morsetti del quale è derivata una resistenza e attraverso di essa è fornita la tensione anodica $NK$ e la tensione di regolazione $KA$ al triodo di amplificazione. La presa $A$ è collegata alla griglia del triodo attraverso una batteria $B$. Le griglie dei triodi di regolazione sono collegate attraverso una batteria e una forte resistenza a un estremo della resistenza $R_3$, l'altro estremo della quale è collegato al punto medio dei filamenti. Le oscillazioni di tensione, che agiscono sulle griglie dei triodi amplificatori vengono così riportate, amplificandole, sulle griglie dei triodi di regolazione.

Si può ottenere una rapidità e precisione della regolazione molto elevata, non però fino al punto di quella ottenibile nel caso del regolatore per corrente continua.

Il regolatore per corrente alternata viene costruito racchiuso in una cassetta di dimensione analoga a quella del regolatore per corrente continua.

Come esempio di applicazione viene citato un impianto nel laboratorio di fisica tecnica a Delft: un motore a corrente continua da 10 kW comanda 3 alternatori monofasi, ciascuno da 5 kW, la frequenza dei quali deve essere continuamente regolata, variando il numero dei giri del motore. L'avvolgimento di campo dei tre alternatori è alimentato da una dinamo di eccitazione a velocità costante. Il regolatore, che può essere smistato su l'uno o sull'altro dei 3 alternatori, agisce sul campo della dinamo di eccitazione. In tal modo si ottiene una buona regolazione col variare del carico e del numero dei giri.

Ri.

## LA REGOLAZIONE DELLE SALDATURE PER PUNTI AGLI INTERRUTTORI AUTOMATICI

*La Tecnique Moderne*, 15 aprile 1932. – J. E. LANGUEPIN.

Una delle preoccupazioni più importanti che si hanno nei lavori di saldatura a punti è quello della verifica della buona esecuzione dei singoli punti, poichè bastano pochi di essi male eseguiti per far nascere timori fondati sulla esecuzione di importanti lavori. Siccome simili eventuali difetti dipendono principalmente da una cattiva regolazione della macchina, sono stati studiati degli interruttori automatici, che sono stati largamente adottati in Francia e in Germania. Invece negli Stati Uniti d'America, sebbene si faccia grande uso della saldatura a punti, gli interruttori automatici sono entrati in uso da poco tempo per varie ragioni: anzitutto vengono usate lamiere più regolari e più pulite, si effettua una manutenzione e una sorveglianza più accurata delle macchine e spesso si fa uso di macchine automatiche comandate a motore che assicurano una esecuzione più regolare della saldatura.

La buona esecuzione di una saldatura dipende da 2 condizioni: la temperatura e la pressione esercitata sul pezzo alla fine dell'operazione. Nelle saldatrici a comando con servo-motore,

di qualunque genere esso sia, questa pressione è sempre mantenuta automaticamente costante, mentre nelle macchine con comando a mano o a pedale esiste in generale un dispositivo che regola tale pressione.

La temperatura del metallo nel punto di saldatura non può essere praticamente misurata in modo diretto e i diversi dispositivi automatici adottati non possono far altro che controllare in modo indiretto la realizzazione alla temperatura conveniente per la saldatura.

Quando si chiude il circuito coll'interruttore primario del trasformatore si verifica dapprima una punta di corrente di valore variabile; a regime stabilito la corrente primaria è proporzionale a quella secondaria, la quale a sua volta è data dalla formula

$$I = \frac{E}{\sqrt{\Omega^2 + 2\pi n L^2}}$$

Ammessa costante la tensione $E$ indotta nel secondario l'A. suppone che resti costante anche il coefficiente d'autoinduzione $L$. $\Omega$ è la resistenza totale che si ha nella saldatura, somma delle resistenze $r_1$ degli elettrodi e porta elettrodi, $r_2$ di contatto tra i pezzi da saldare, $r_3$ dei pezzi da saldare, $r_2$ e $r_4$ di contatto cogli elettrodi: $r_1$ è costante, $r_3$ varia colla temperatura, $r_2$ e $r_4$ dipendono dalle condizioni nel punto di saldatura e della pressione esercitata dagli elettrodi.

L'apprezzamento di queste diverse resistenze è assai difficile e dipende da una quantità di circostanze variabili da caso a caso ed anche da un punto all'altro di esecuzione della saldatura. Uno degli elementi più importanti è naturalmente quello della pressione che si esercita sul punto di saldatura. Nella fig. 1 sono rappresentate alcune curve indicatrici della variazione della resistenza totale $\Omega$ in funzione della pressione e per diversi tipi di lamiera. Come si vede la variazione è debole ed abbastanza regolare per lamiere bianche, cioè con metallo molto pulito: la resistenza $\Omega$ si può in tal caso considerare quasi costante. Nelle lamiere invece nere o arrugginite la resistenza varia in modo molto irregolare per un complesso di ragioni non esattamente valutabili.

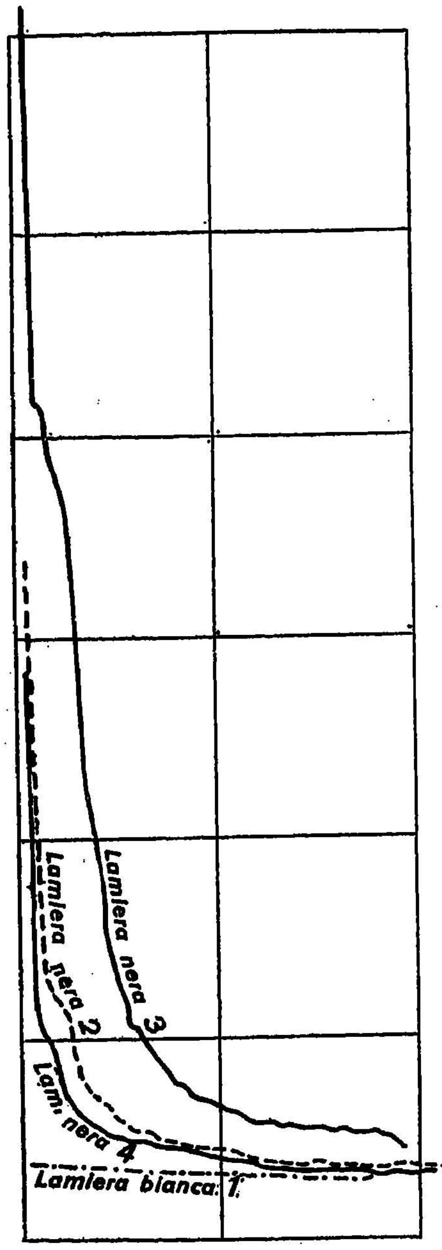



Fig. 1. - Variazione della resistenza totale Ω in funzione della pressione e per vari tipi di lamiera.

Il calore prodotto dal passaggio della corrente eleva la temperatura del pezzo; se questo fosse scaldato interamente e portato ad una temperatura uniforme, alla fine dell'operazione si potrebbe scrivere l'eguaglianza

$$Q = C\Theta + P$$

essendo $Q$ la quantità di calore fornita, $C$ il calore specifico medio, $\Theta$ la variazione di temperatura e $P$ le perdite di calore durante l'operazione; ammesso che la parte in cui si utilizza il riscaldamento è un cilindro di diametro uguale a quello degli elettrodi, si può, con sufficiente approssimazione assumere per $\Theta$ e per $C$ i valori medi per quel volume di metallo.

È difficile stabilire una formula esatta per le perdite, tuttavia in linea approssimata si può ritenere che esse sieno funzione di $\Theta$ e della durata $C$ della operazione: ritenendo la durata $t$ costituita da piccoli intervalli di tempo $\Delta t$, si può scrivere:

$$Q = \Sigma^t_0 \, k \, \Omega \, I^2 \, \Delta t$$

TIPI DI INTERRUTTORI.

1) *Interruttori a tempo costante.* – Se nella formula precedente si fa $t$ costante, si vede che nelle successive operazioni rimane costante anche $\Theta$, purchè lo sia anche $E$, e purchè la somma $(r_1+r_2+r_3+r_4)$ abbia lo stesso valore in ogni istante o quanto meno conservi lo stesso valore medio. Queste condizioni si realizzano abbastanza bene con lamiere pulite, ma tutte le volte che si abbia a che fare con lamiere non pulite o con pezzi difficili da avvicinare, questo calcolo non serve.

2) *Interuttori contatori di ampère-secondi.* – Questi apparecchi interrompono la corrente di alimentazione dopo che un certo numero di ampère-secondi ha attraversato la macchina o la saldatura.

Per essi vale la formula

$$\Sigma^t_0 \, i \, \Delta t = \text{costante}$$
$$\Sigma^t_0 \, f(i) \, \Delta t = \text{costante}$$

Alcuni apparecchi impiegano dei veri contatori, mentre altri più robusti fanno uso di un solenoide che attira un'armatura opportunamente frenata, che alla fine della sua corsa interrompe la corrente; la durata della corsa è funzione della intensità di corrente.

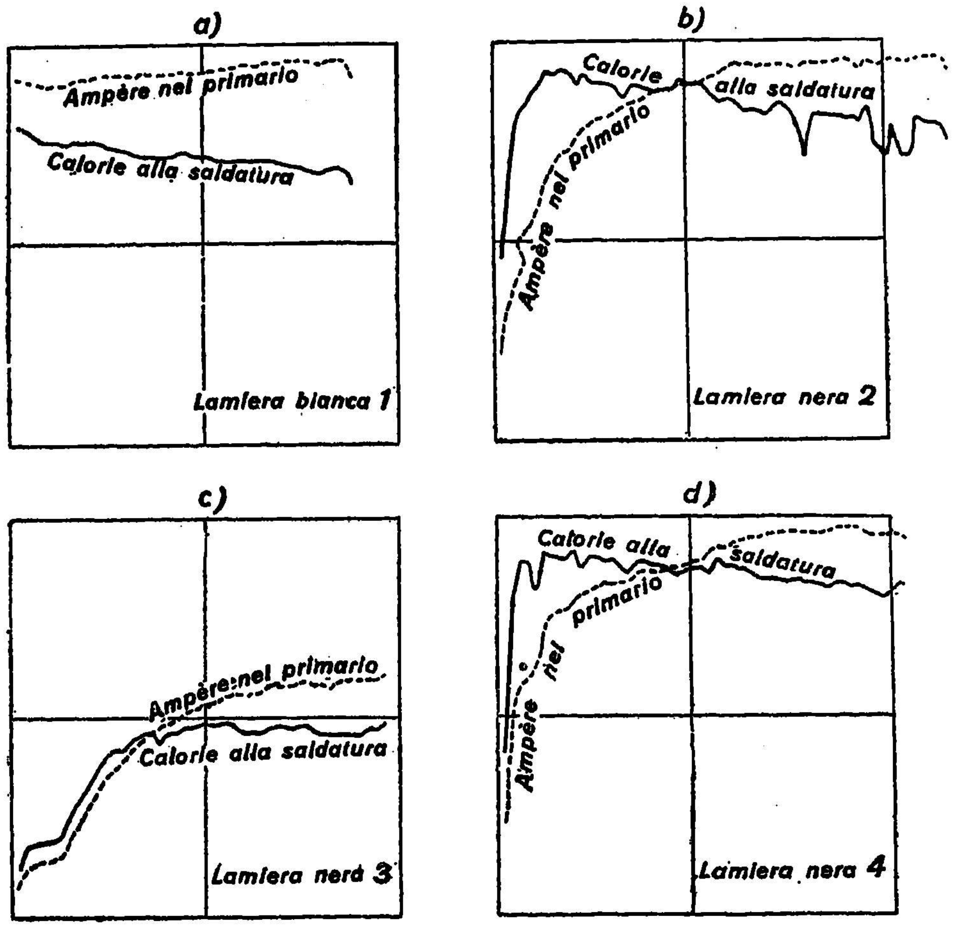
Gli interruttori di questo genere possono essere installati sul primario del trasformatore oppure sul secondario per mezzo di un riduttore o di uno shunt. Nel primo caso l'apparecchio è più semplice, ma presenta un inconveniente, perchè bisogna cambiare la taratura, quando si modifica il rapporto del trasformatore di saldatura; deve inoltre l'apparecchio funzionare con esattezza per intensità variabili entro limiti assai larghi; ciò richiede che la resistenza ohmica e l'induzione del secondario siano trascurabili in confronto alla resistenza della saldatura, ciò che in pratica non si verifica. Le figure 2 *a*) e *b*) rappresentano la variazione della intensità o del numero di calorie fornite nella saldatura per diversi tipi di lamiere; le curve sono state rilevate sperimentalmente e corrispondono a saldature fatte nelle identiche condizioni, rispettivamente con lamiera bianca e con buona lamiera nera.

3) *Interruttori a intensità minima costante.* – Questi apparecchi interrompono la corrente quando l'intensità che passa nella saldatura raggiunga un valore determinato.

A saldatura finita la resistenza di contatto fra i pezzi è nulla; per pezzi simili e puliti si può ammettere che la resistenza di contatto raggiunga sempre lo stesso valore, e se la massa di metallo scaldato è la stessa, se la temperatura è eguale, se infine la tensione di alimentazione è costante, l'intensità di corrente richiesta nella saldatura avrà lo stesso valore.

Si comprende bene come queste condizioni siano assai difficili da verificarsi in pratica. Questi tipi di interruttori possono, in linea di principio, dare buoni risultati con metalli puliti, ma anche in questo caso essi riescono in pratica di regolazione delicata e dipende dalla tensione di alimentazione.

4) *Interruttori a intensità minima e a tempo costante.* – Questi apparecchi in linea teorica sono simili ai precedenti, si ammette soltanto in essi che l'intensità di corrente raggiunga il valore caratteristico prima che la saldatura sia finita. Essi presentano su quelli a tempo costante il vantaggio di non provocare l'apertura, qualora per una circostanza fortuita qualunque la corrente non passi o resti assai debole.




Figg. 2 *a*), *b*), *c*) e *d*). - Andamento del calore fornito alla saldatura e intensità di corrente corrispondente a diversi tipi di lamiera.

5) *Interruttori a intensità minima e contatori di ampere-secondi.* – Sono dei contatori di ampere-secondi che cominciano a funzionare soltanto quando l'intensità ha raggiunto un certo valore. Se l'intensità minima di avviamento è debole rispetto a quella normale, l'apparecchio non ha alcuna azione protettiva e funziona come un contatore comune di ampère-secondi; se invece l'intensità minima di avviamento è vicina alla normale, il dispositivo non funziona più bene. Questo tipo di apparecchi non è migliore di quello a semplice contatore di ampère-secondi.

6) *Interruttori a intensità minima, a tempo variabile con l'intensità, con minimo di tempo.* – Sono delle varianti dei contatori di ampère-secondi. Il mobile è frenato da un solenoide e comincia a muoversi soltanto quando all'inizio la corrente raggiunge un certo limite di intensità; inoltre il mobile sollecitato da una forza costante, è anche frenato da una forza che è funzione della sua velocità; questa perciò non può sorpassare un certo valore. L'apparecchio si presta ad essere regolato in diversi modi, ma in pratica si utilizza soltanto la regolazione della corsa del mobile e la graduazione della frenatura.

Questo tipo di apparecchio non è che un tentativo di correzione dei difetti presentati dagli apparecchi precedenti, ma può anch'esso presentare cause di errore notevoli.

In conclusione l'A. ritiene che sia ancora preferibile l'apparecchio a tempo, il quale almeno è di costruzione semplice.

7) *Interruttori wattmetrici. Contatori.* – L'unico principio che può dare buoni risultati è quello basato sulla misura della potenza reale impegnata nella saldatura. Gli apparecchi di questo tipo assomigliano come principio costruttivo ai comuni contatori dell'industria. Ricordando le formule precedenti si vede che anche questo sistema comporta ancora una causa di errore, perchè la quantità di calore da fornire alla saldatura non è costante e, in causa delle perdite, dipende dalla durata. Si possono tuttavia costruire apparecchi che danno risultati praticamente assai prossimi a quelli previsti dalle formule teoriche.

Questa soluzione è la sola logica, anche se imperfettamente realizzata. Uno dei vantaggi interessanti dell'interruttore wattmetrico è che la sua regolazione è indipendente dal rapporto di trasformazione del trasformatore della saldatura.

Si è costruito un interruttore wattmetrico che permette di saldare tutti gli spessori possibili entro i limiti di capacità della macchina, lasciando il commutatore su un tasto intermedio. Regolato l'interruttore per una certa saldatura, si può far variare la rapidità di esecuzione, spostando il commutatore di più di 2/3 della sua corsa senza disturbare il funzionamento. La costruzione di questi apparecchi è naturalmente alquanto più difficile di quella dei contatori usuali, date le condizioni di esercizio assai più gravi a cui essi sono sottoposti.

Ri.

---

## o) 24 690 SCALDA-ACQUA, CHE UTILIZZANO ENERGIA FUORI-PUNTA INSTALLATI NELLA CITTA DI AMSTERDAM

*Electrical World*, 9 luglio 1932.

Verso la fine del 1931, secondo quanto comunicato dal Dr. Lulofs, 24 690 scalda-acqua elettrici funzionavano regolarmente nella città di Amsterdam, utilizzando un carico disponibile durante la notte, verso il mezzogiorno e dal mezzogiorno del sabato al mattino del lunedì; così il carico degli scalda-acqua colmava in buona parte gli avvallamenti del diagramma totale della Gemeente-Elektriciteitswerken e precisamente aumentava il carico notturno dalle 23 alle 7,30 del 50% (kW 6000) e colmava l'avvallamento del mezzogiorno (di kW 10 000) dalle 12 alle 14. Nei diagrammi di carico della fig. 1, ciò si vede chiaramente: aggiungiamo che al diagramma del 1927 corrispondeva una produzione giornaliera di kWh 906 000, con un fattore di carico di 0,55 e per quello del 1929 si avevano rispettivamente kWh 1 232 000 con fattore di carico di 0,59.

Nel 1927 vi erano installati soltanto 895 scalda-acqua, nè si ebbe un incremento notevole negli anni successivi; è col 1929 che le richieste aumentano sensibilmente e raggiungono come numero alla fine del 1931 il triplo di quello che si aveva nel 1927. Questo si è ottenuto colla cooperazione di Società distributrici e di distributori autorizzati che provvedevano all'allacciamento degli utenti ed alla propaganda, ed anche col dare a nolo gli apparecchi.

L'apparecchio più richiesto era quello di 40 litri ed era usato dal 65% degli utenti; venivano dopo lo scalda-acqua da 80 litri, usato dal 21,5% degli utenti, e quello da 150 litri, usato dall'8,4 %.

Gli apparecchi sono alimentati tutti da c. a. a 220 V e 50 per.; la potenza richiesta per litro di capacità dell'apparecchio varia da W 13,7 a W 13,2 rispettivamente per capacità da 40 a 250 litri; il costo dello scalda-acqua senza accessori è di L. 780 per 40 litri e di L. 2080 per 250 litri, quello dell'installazione è rispettivamente di L. 234 e di L. 312. Soltanto il 16 % degli utenti ha pagato subito l'apparecchio, gli altri hanno preferito prendere l'apparecchio a nolo, pagando mensilmente L. 14,80 per le più piccole capacità e fino a L. 33,70 per capacità di 250

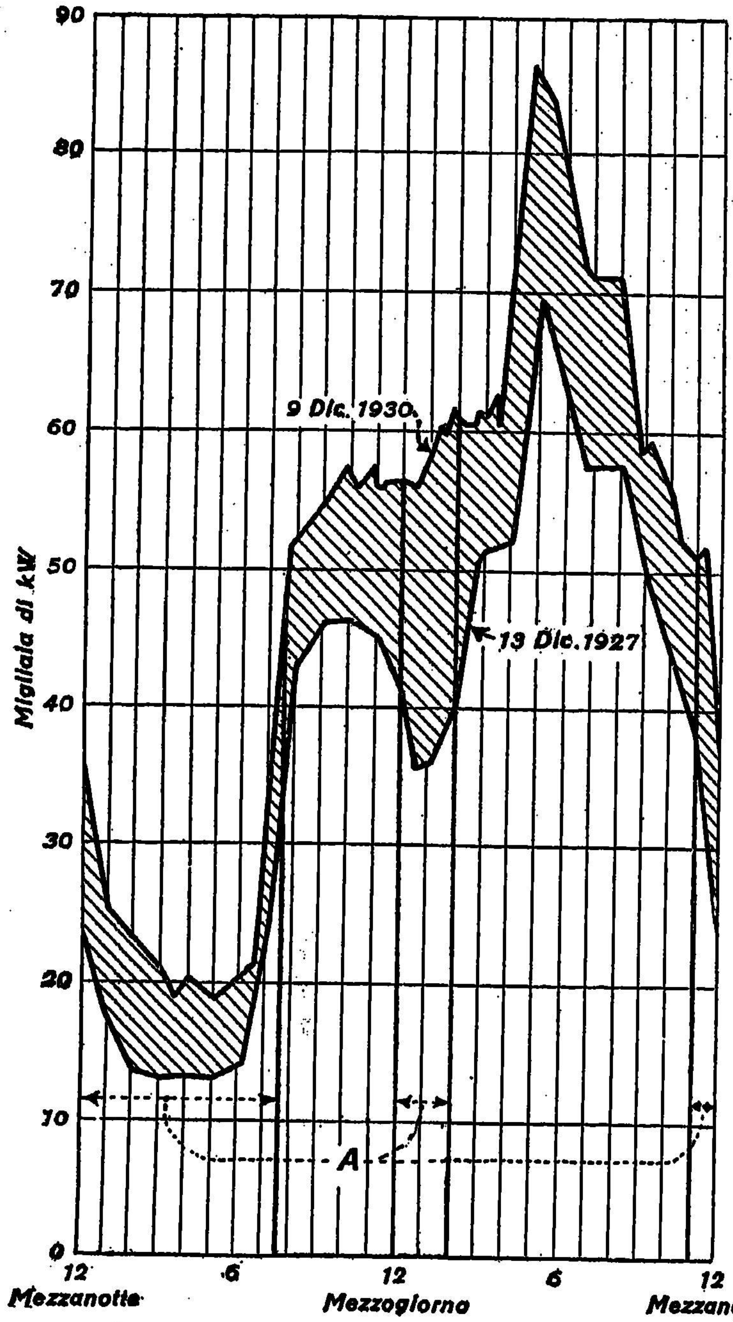
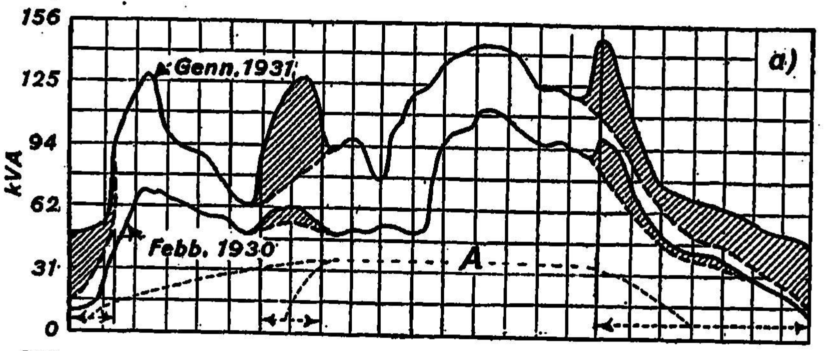



Fig. 1. - Diagrammi di carico rilevati in due martedì del dicembre 1927 e del dicembre 1930. - (*A* si riferisce a' periodi fuori punta, in cui gli scalda-acqua sono allacciati automaticamente alla rete).

litri, cioè dal 17,5 % al 17 % per anno sul costo dell'apparecchio installato.

Ad ogni contatore di utente che ha lo scalda-acqua, è annesso un interruttore orario che serve ad inserire lo scalda-acqua nelle ore stabilite, dalle 23 alle 7,30, dalle 12 alle 14 e dalle 12




Figg. 2 *a*) e *b*). - Diagrammi di carico relativi a due rioni, nei quali lo scalda-acqua era molto diffuso (*A* si riferisce a' periodi fuori punta; le aree tratteggiate rappresentano i consumi di energia degli scalda-acqua).

del sabato alle 7,30 del lunedì successivo; durante l'estate il periodo fuori-punta viene spostato di un'ora.

La tariffa applicata a questa fornitura è di cent. 15,6 per kWh per il periodo fuori punta; in caso di richieste maggiori del normale, l'utente può prelevare energia negli altri periodi della giornata, pagando per questi consumi cent. 31,2 per kWh: questi consumi vengono segnati a parte e vi provvede lo stesso orologio annesso al contatore; non si verificano però che in pochissimi casi e con consumi trascurabili.

Per determinare la capacità dello scalda-acqua per un dato utente, si tiene conto di questi valori medi: consumo di acqua calda nella cucina, 5÷8 litri per persona e per giorno; acqua calda a 80° C per bagno, litri 60.

Nei diagrammi della fig. 1 si nota un aumento di potenza tra le 7,30 e le 12, e tra le 14 e le 23: questo è dovuto al carico normale di forza motrice e alle applicazioni domestiche. Le applicazioni domestiche, non avendo nessuna limitazione d'orario, hanno avuto molta diffusione ed hanno contribuito notevolmente ad aumentare le ore di utilizzazione del carico max: da 3110 ore del 1929 e 3310 del 1930 si è giunti a 3620 ore nel 1931.

Nei diagrammi delle figg. 2 *a*) e *b*) è segnato il carico portato dagli scalda-acqua con l'applicazione della tariffa notturna. L'introito totale per l'energia notturna a cent. 15,6/kWh è stato di L. 780 000 nel 1928, di L. 1 248 000 nel 1929, di Lire 2 808 000 nel 1930 e di L. 5 615 000 nel 1931; in gran parte detti introiti provengono dagli scalda-acqua. Il consumo medio di questi apparecchi è rispettivamente di kWh 1450, 2000, 3000, 4800 per capacità di litri 40, 80, 100, 250.

Normalmente il consumo degli scalda-acqua non è misurato a parte; e il consumo dell'intero impianto, compresa la luce, che si verifica nelle ore della tariffa notturna, è aggiunto a quello dello scalda-acqua e conteggiato alla stessa tariffa di cent. 15,6/kWh.

Il consumo dei piccolissimi scalda-acqua, da 5 a 20 litri, che vengono usati di solito di giorno, non è grande: ciascuno consuma annualmente da 1000 a 2000 kWh e il consumo totale non supera i 5 milioni di kWh. Il consumo di energia notturna nel 1931 è stato di circa 36 milioni di kWh.

f. j.

## p) NUOVO TIPO DI LAMPADA A VAPORE DI SODIO

*The Electrician*, 9 settembre 1932, pag. 303.

In questi ultimi anni negli Stati Uniti sopratutto, ed anche nella Germania, nell'Inghilterra e nell'Olanda, tecnici ed ingegneri specialisti hanno ripreso lo studio della lampada a vapore di sodio, nell'intento di creare un tipo a rendimento elevato, con funzionamento semplice e di buona durata. I tentativi fatti nei laboratori degli Stati Uniti hanno portato alla costruzione di un tipo che descriveremo brevemente: è la lampada tubolare studiata dal Sig. Young nel laboratorio di Schenectady che consta di due cilindri di vetro, uno interno che contiene il vapore di sodio e serve a conservare il calore che si sviluppa colla lampada accesa e l'altro esterno, saldato al primo in modo che tra i due vi sia vuoto. L'energia richiesta per il riscaldamento e la vaporizzazione del sodio è notevole, ma la lampada una volta accesa richiede soltanto 100 W ed ha un rendimento di 34 lumen per W; questo rendimento si ritiene di elevarlo a 50 lumen, comunque quello già ottenuto di 34 lumen per W è già superiore a quello di altre sorgenti luminose. Una lampada incandescente da 100 W dà 14 lumen per W e la più grande lampada ad incandescenza ne dà 22; i tubi al neon e al mercurio di costruzione analoga dànno rispettivamente 15 e 25 lumen per W. La lampada al vapore di sodio ha inoltre uno splendore elevato: alla temperatura di 410° F (210° C) del tubo interno dà 14 candele per cmq; anche in questo la lampada a vapore di sodio supera i tubi al neon e ogni altro tubo luminoso. Però il vapore di sodio funzionando a temperature elevate, 205° a 345° C (400° a 650° F) intacca il vetro interno e dà luogo a perdite di luce e a scolorazioni; questi inconvenienti si stanno superando con nuove ricerche; il Dr. Charlton, introducendo nel tubo una piccola quantità di argon è riuscito a facilitare l'accensione del vapore di sodio e il Sig. Reynolds ha ottenuto un vetro che resiste all'azione del vapore di sodio a temperatura elevata. Un vetro di borosilicati, resistente al vapore di sodio, è stato trovato pure dal Sig. Pirani della Osram di Berlino e un altro è stato ottenuto dal Sig. Clark nei laboratori della C.G.E. del Cleveland. Si può dire dunque che le difficoltà incontrate sono state superate e la lampada a vapore di sodio, con il suo elevato rendimento, troverà presto utile applicazione in tanti campi.

P. P.

## q) UN OROLOGIO PARLANTE

*Revue Générale de l'Electricité*, 10 settembre 1932. – ING. NIMIER.

Prossimamente verrà messo in servizio all'Osservatorio di Parigi un orologio parlante, il quale effettuerà permanentemente a brevi intervalli, l'annunzio dell'ora esatta che potrà essere udita telefonicamente in qualunque momento. Detto orologio è basato sulle proprietà del film sonoro, con una leggera differenza in quanto non viene utilizzata la luce che attraversa il film, bensì quella diffusa dalla sua superficie. L'annuncio dell'ora viene effettuato a mezzo di novanta registrazioni, ogni una costituita da un elemento, di cui 24 per le ore, 60 per i minuti e 6 per i secondi; essi sono fissati entro gole circolari disposte intorno ad un cilindro di alluminio trascinato da un motore elettrico con una velocità di rotazione di un giro ogni 2 secondi, ed hanno la lunghezza di 90 cm ciascuno. La pista sonora si presenta pertanto sotto forma di una striscia di 3 mm di larghezza, attraversata da striature più o meno opache e più o meno serrate, in relazione alla modulazione della voce.

Praticamente l'orologio si compone di tre riproduttori, uno per ogni gruppo di registrazioni, comprendenti la relativa lampada di proiezione, l'obiettivo, la cellula fotoelettrica e una prima lampada amplificatrice, in cui la griglia è riunita alla cellula fotoelettrica da una breve connessione. Ogni riproduttore spostandosi parallelamente all'asse del cilindro, viene portato meccanicamente di fronte alla registrazione che deve riprodurre; il giuoco di leve e di camme che entrano in funzione è con rapporto naturalmente riferito al numero degli elementi delle diverse registrazioni. In virtù quindi di tali dispositivi ogni riproduttore si trova in ogni istante di fronte alla registrazione corrispondente all'ora, ai minuti ai secondi esatti, rispettivamente. Per evitare però sovrapposizioni di suoni si è ricorsi ad un commutatore girevole di tre camme che inseriscono nel circuito uno dopo l'altro, i rispettivi riproduttori; la corrente viene quindi inviata in essi successivamente e ad intensità conveniente, a mezzo di adatti amplificatori.

Il modo di funzionare, tenuto presente che l'orologio parlante comunica l'ora prossima, è il seguente: esso per esempio annuncia ore 10, minuti 26, secondi 30, ma, lo scatto orario è dato sotto forma di un punto musicale dal regolatore di sincronismo al decimo di secondo. Ogni minuto intero è annunziato nel seguente modo: al terzo punto saranno esattamente ore 10 e minuti 27, poi il regolatore di sincronismo emette 3 punti musicali ai secondi 58, 59 e 60, dove i primi due sono dati dal riproduttore dai secondi che ogni minuto si mette automaticamente di fronte alle due registrazioni corrispondenti. Questi tre scatti musicali evitano sorprese o confusioni e permettono di determinare l'ora con una grande precisione: essi risultano utili specialmente agli orologiai per la regolazione dei cronometri.

L'orologio entrerà in funzione quanto prima e cioè non appena sarà ultimata la risoluzione di alcuni problemi telefonici per il suo collegamento alla rete telefonica automatica; alla risoluzione di tali problemi sono interessati i servizi tecnici dell'Amministrazione delle Poste, Telegrafi e Telefoni.

Ru.

## r) LA SECONDA ESPLORAZIONE EFFETTUATA NELLA STRATOSFERA DAL PROF. PICCARD, NEL PALLONE LIBERO " F. N. R. S. „ IL 18 AGOSTO 1932

*Le Genie Civil*, 3 settembre 1932.

La stratosfera, già raggiunta dai palloni sonda, arrivati fino ai 20 ÷ 25 km, che ci hanno dato utili indicazioni relativamente alla pressione, alla temperatura ed alla composizione dell'aria, è stata esplorata da Esseri viventi, con lo scopo di compiere indagini sui fenomeni di ordine elettrico che in essa si manifestano. Riportiamo brevemente, per i nostri lettori, la suggestiva descrizione contenuta nella Rivista *Le Genie Civil*.

La prima ascensione venne effettuata nel 1931, si trattava di fare innalzare un pallone, con un carico di oltre 800 kg fra cabina, areonauti, strumenti e zavorra. La forma sferica, offrendo il massimo di garanzia, dal punto di vista dell'eguaglianza delle pressioni, fu adottata una cabina di 2 m circa di diametro, in alluminio puro, sospesa al cordame del pallone a mezzo di otto anelli; l'involucro, in lamiera di alluminio da 3 mm di spessore, venne costituito da 3 parti, due calotte e una zona mediana, accuratamente saldate. Il piano di appoggio, disposto inferiormente nella navicella, era reso solidale con gli otto anelli di sospensione superiore, mediante tiranti verticali. Il passaggio all'esterno era ottenuto mediante due passi d'uomo circolari, ricavati fra l'equatore ed i poli della sfera, diametralmente opposti; essi erano a chiusura stagna, con giunto di

caucciù. Perchè gli areonauti potessero osservare sempre il pallone e la terra, sull'involucro erano ricavati nove occhi, chiusi con doppi vetri da 7 mm di spessore, e disposti in zone adatte. Infine altri orifici speciali erano destinati agli apparecchi scentifici, per i quali la comunicazione con l'esterno era indispensabile per i rilievi e le osservazioni.

L'aerazione era assicurata, come nei sottomarini, con rinnovo di ossigeno a mezzo di una bottiglia di ossigeno compresso, mentre l'acido carbonico veniva assorbito da una soluzione alcalina. In queste condizioni il viaggio ebbe inizio il 27 maggio 1931, con rapido sollevamento, poichè in appena mezz'ora fu raggiunta l'altitudine di 15 800 m, e durò 18 ore. Per la rapidità dell'ascensione e per vari incidenti occorsi, il Prof. Piccard non ha considerati pienamente soddisfacenti i risultati delle osservazioni allora effettuate. Fu così che, mettendo a frutto l'esperienza acquisita, egli fece costruire una seconda sfera all'incirca dello stesso diametro della prima, ma più comodamente distribuita, e con l'aggiunta di un apparecchio radio, il quale permise agli areonauti di rimanere in comunicazione con la terra durante la seconda ascensione la quale ebbe luogo il 18 agosto 1932.

Per evitare il ripetersi di un incidente della prima ascensione cioè la difficoltà di manovrare la corda della valvola per ottenere la discesa, perchè questa si era intricata con le altre; essa era stata fatta passare attraverso la parete superiore della cabina, entro un tubo metallico ad U, riempito di mercurio; questo tubo manometrico quindi assicurava la tenuta fra l'atmosfera interna della cabina e l'atmosfera esterna, lasciando però la corda muoversi agevolmente sotto la trazione esercitata dall'areonauta. Questa volta inoltre fu adottato un processo di ascensione molto lento per cui non fu necessario servirsi di molta zavorra. La pressione minima osservata all'esterno fu di 73 mm di mercurio, cioè meno di un decimo di atmosfera, dalla quale, in base alle tavole della federazione areonautica Internazionale, fu dedotta l'altitudine raggiunta dal pallone; la temperatura nella cabina era contemporaneamente discesa fino a — 10°, mentre all'esterno era di — 55°.

Un'idea più precisa sullo scopo perseguito dal Prof. Piccard emerge in pieno dall'interessantissimo articolo che Egli stesso ha pubblicato qualche giorno prima del secondo viaggio ascensionale, dove mostra l'interesse teorico e pratico dello studio delle radiazioni cosmiche nella stratosfera.

Si sa che i gas sono cattivi conduttori dell'elettricità, a meno che non siano soggetti ad influenze esterne. D'altra parte è noto che alcune radiazioni rendono tutti i gas leggermente conduttori, fra esse si trovano le radiazioni luminose ultra-violette, i raggi Roengten, i raggi catodici, e le radiazioni $\alpha$, $\beta$ e $\gamma$ delle sostanze radioattive: questa conducibilità si esplica attraverso l'ionizzazione. Si ammette pertanto che sotto l'influenza di queste radiazioni, le minuscole particelle elettriche caricate negativamente, gli elettroni, sono proiettate all'esterno delle molecole gassose e si uniscono ad altre molecole di gas elettricamente scariche. In seguito alla perdita dei loro elettroni, le molecole dei primi gas restano caricate positivamente, mentre le altre assumono una carica negativa.

Il gas così ionizzato, per l'effetto della grande mobilità delle molecole caricate, gli ioni, diventa conduttore della corrente elettrica. Questa conducibilità non è naturalmente paragonabile a quella dei metalli: i gas ionizzati normalmente lasciano passare correnti dell'ordine di un trilionesimo di ampère. Occorre pertanto far uso di elettrometri particolarmente sensibili per studiarne l'ionizzazione.

Il Prof. Piccard accenna pure che nel corso di un'ascensione in pallone a 9000 m, Kolhoerster ha constatato la formazione di 80 paia di ioni per cmc di aria. Questo fatto si spiega molto facilmente: delle radiazioni ionizzanti che arrivano dallo spazio sul nostro pianeta, una parte attraversa l'atmosfera raggiungendo la superficie della terra, ma la quantità maggiore rimane assorbita dalla massa dell'aria. Dalle esperienze effettuate si può dedurre poi la forza di penetrazione di tali radiazioni, così si trova che i raggi cosmici sono molto più duri dei raggi più duri del radio. Le prove di laboratorio confermano questo fatto: allorchè una placca di piombo di 15 mm di spessore riduce alla metà le radiazioni $\gamma$ del radio, per raggiungere lo stesso effetto con i raggi cosmici occorrerebbe una placca con uno spessore dieci volte maggiore.

Il Prof. Piccard ha dichiarato inoltre che i raggi cosmici aumentano d'intensità sollevandosi nell'atmosfera. In tal modo un'esperienza qualitativa, fatta a mezzo di un piccolo tubo ha mostrato che appena il pallone aveva raggiunta la stratosfera, si manifestavano piccole vibrazioni sonore sul tubo, come se piovesse su una copertura di fogli di zinco; queste vibrazioni poi aumentavano man mano che il pallone saliva.

Ru.

# Libri ricevuti

Ufficio speciale idrografico del R. Magistrato alle acque di Venezia: *La laguna veneta* (Note illustrative e breve sommario storico, con tre tavole fuori testo). – Ed. Officine grafiche C. Ferrari. Venezia.

Ufficio Idrografico del R. Magistrato alle acque (Sezione geologica). *Note illustrative della carta geologica delle tre Venezie.* (Foglio « Verona » a cura di Ramiro Fabioni e Foglio « Pisino », a cura di C. d'Ambrosi). – Padova, Soc. Cooperativa Tipografica.

# Notiziario

## RIAPERTURA DEI CORSI PRESSO LA SEZIONE PROFESSIONALE DELL'ISTITUTO RADIOTECNICO (a

Domenica 16 ottobre si riaprirà la Sezione professionale dell'Istituto Radiotecnico in Via Cappuccio 2. Detta Sezione professionale comprende corsi preparatori, corsi di radiotrasmissioni, di tecnologie del vuoto, elettrotecnica, telefonia, alfabeto Morse e radiomeccanica.

Gli insegnamenti, quasi essenzialmente sperimentali che si svolgono la sera dei giorni feriali ed il mattino della domenica, tendono alla creazione di montatori radiotecnici, di capitecnici ed aiuto ingegneri radiotecnici per l'industria.

I Corsi di elettrotecnica e di telefonia sono particolarmente consigliabili agli elettrotecnici, nonchè a tutti i dipendenti delle Aziende telefoniche pubbliche e private.

Quest'anno alle varie Scuole se ne aggiunge una nuova, e cioe la Scuola-officina per radiomeccanici particolarmente richiesti dalla grande industria radiotecnica di serie.

Gli impiegati e i figli degli impiegati dello Stato, della Provincia o del Comune, orfani di guerra e dopolavoristi, godono di sconti speciali.

Chiedere opuscolo programma in Via Cappuccio, 2.

## LA MOSTRA DI MACCHINARIO E DI ATTREZZI ELETTROTECNICI A MOSCA (b

Per iniziativa della Camera di Commercio della U. R. S. S. si sta organizzando a Mosca una Mostra di macchinario ed attrezzi elettrotecnici. La Mostra avrà i seguenti riparti: materiali e materie prime, telefoni, telegrafi, radio, generatori di energia, segnalazioni, comandi a distanza, comunicazioni a lunghe distanze, telefotografia, televisione e films sonori. La Mostra resterà aperta sino a dicembre, mese in cui si riunirà il Congresso Pansovietico di Elettrotecnica.

# Necrologio

Nel mese di Agosto è morto a Murs (Ain), in Francia, l'ingegnere Riccardo Clemens Galletti: un altro Italiano che, lontano dalla nostra terra, ha fatto onore al suo paese.

Appena laureato in ingegneria nel 1901 alla Scuola di Roma, venne inviato dalla Compagnia Marconi nel Congo Belga, per organizzarvi i servizi radiotelegrafici, riportandovi notevoli successi tecnici, in un'epoca nella quale le trasmissioni in zone tropicali incontravano, in certi periodi dell'anno, difficoltà insormontabili.

Lasciata la Compagnia Marconi passò in Francia, in una Compagnia radiotelegrafica francese, per la quale dimorò pure per qualche tempo negli Stati Uniti, per creare una rete di comunicazioni fra l'Europa e l'America.

Durante la guerra tornò in Patria, prestando la Sua opera nei Servizi Radiotelegrafici del nostro Esercito.

Nel dopo guerra si stabilì in Inghilterra, dove, con la cooperazione di un gruppo finanziario inglese, compì importanti studi sperimentali di radiotelegrafia.

In possesso dei più raffinati mezzi dell'analisi matematica e dotato di viva intelligenza, in questi ultimi anni aveva creato i primi lineamenti di una teoria matematica delle onde elettromagnetiche, dalla quale era stato condotto ad occuparsi dei problemi che hanno dato gloria ai nomi di Lorentz, di Einstein, di Weyl, con vedute nuove ed originali.

Purtroppo la riservatezza e la modestia del Suo carattere fanno poco sperare che dei Suoi studi rimanga qualche traccia utilizzabile.

Sen. Prof. O. M. Corbino, *Direttore* — Arti Grafiche E. Calamandrei & C. – Milano
Fotoincisioni della « Zincografica » - Milano — Ing. Ettore Cesàri, *Redattore-Capo responsabile*

MILANO
Ottobre 1932 - Anno X

Fascicolo X
Volume IX

# L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTICHE (FENAGRIEL)
*Direttore :* SENATORE O. M. CORBINO

Le opinioni espresse dagli autori e dai redattori non impegnano nè la Direzione, nè le Associazioni di cui la Rivista è l'organo

# NEL DECENNALE

## L'industria elettrica nel decennio 1922-1932 (1)

L'importanza dell'utilizzazione delle nostre forze idrauliche per la economia nazionale e per la difesa del Paese fu rivelata, anche agli occhi dei profani, dalla guerra. Specialmente durante gli ultimi mesi del conflitto, si resero manifeste le gravi difficoltà del rifornimento dei combustibili che la natura ci ha negato: cosicchè la necessità di accelerare la formazione di un importante patrimonio idroelettrico, per almeno diminuire l'insopprimibile fabbisogno di carbone e così avvantaggiare l'economia e la difesa nazionali, fu universalmente riconosciuta.

L'industria elettrica ha affrontato subito e risolutamente il problema. Purtroppo nel periodo corso fra l'armistizio e la Marcia su Roma, alle difficoltà naturali si aggiunsero quelle dovute così alla debolezza ed instabilità dei governi come al disordine sociale ed economico che caratterizzarono quell'epoca tristissima. Per queste ragioni il 1919 passò con ben poco profitto. Nel 1920 si iniziò un periodo più attivo, ma il disordine generale, gli scioperi, il succedersi di nuove e spesso contraddittorie direttive di governo turbarono gravemente lo svolgersi delle iniziative.

Se si osserva il diagramma che rappresenta il progresso delle costruzioni idroelettriche italiane procedendo dal 1919 al 1922, anzichè un'accelerazione si nota in questo periodo un rallentamento dell'iniziata ascesa. L'accelerazione riprende bruscamente solo alla fine del 1922 per mantenersi fino a tutto il 1931.

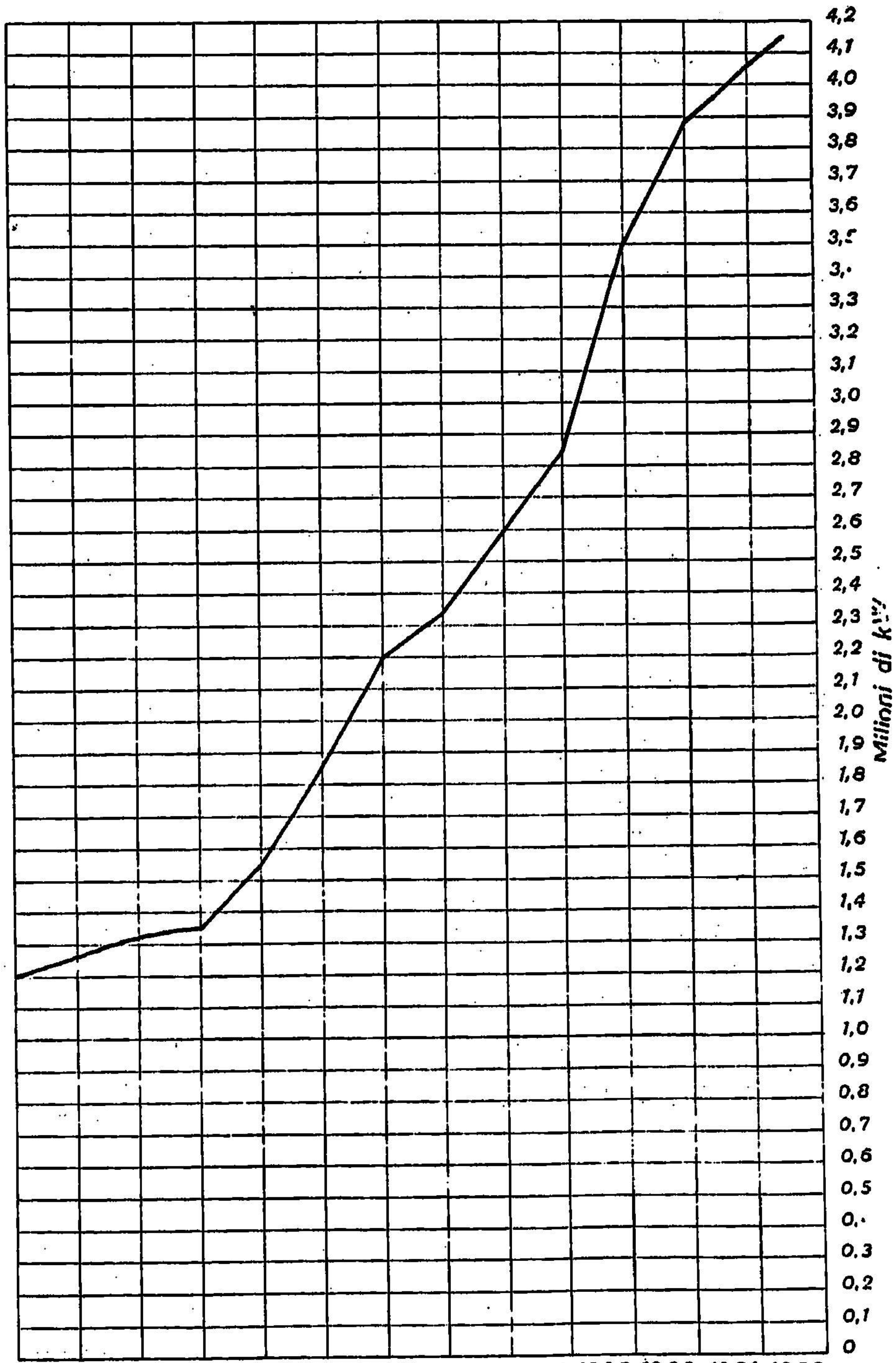
Dimostrazione più eloquente del fatto che la nuova atmosfera creatasi dopo la Marcia su Roma ha favorito in alto grado l'incremento del nostro patrimonio idroelettrico, non potrebbe trovarsi: il semplice linguaggio delle cifre val meglio della più adorna parola.

Alla fine del 1922 risultava installata una potenza idraulica di 1 350 000 kilowatt destinati alla produzione dell'energia elettrica: nell'ottobre del 1932 siamo *al triplo*, e precisamente a 4 160 000 kilowatt installati. Questo incremento ha richiesto uno sforzo finanziario di forse dieci miliardi di lire per gli impianti destinati alla produzione dell'energia. Se aggiungiamo gli investimenti occorsi per le linee, le sottostazioni, le reti di distribuzione nonchè per la costruzione delle moderne grandi centrali di riserva a vapore, (complemento necessario dell'industria idroelettrica) gli investimenti totali si possono oggi stimare compresi fra 23 e 25 miliardi di lire; essi sono dunque superati in Italia solo da quelli delle Ferrovie dello Stato.

(1) Riportiamo da *L'Industria Lombarda* del 25-10-1932-X questo articolo dell'On. Giacinto Motta, Presidente della «Unfiel».

***

Da molti si crede che l'Italia sia un paese eccezionalmente ricco di forze idrauliche. Pur non essendo fra i territori più




Incremento degli impianti idroelettrici italiani tra il 1919 e il 1932.

poveri di tali risorse (è alla pari con la Francia e la Jugoslavia) essa è tuttavia ben lontana dalla ricchezza relativa della Norvegia, della Svezia, della Svizzera, dell'Austria per limitarci all'Europa. Oltre a ciò, la realizzazione degli impianti esige, insieme ad ingenti quantità di denaro, difficoltà di studio ed asprezze di lavoro, che i nostri tecnici ed operai seppero vittoriosamente superare, ma che restano incorporati poi nel maggior costo relativo della energia ottenuta. Per dirne una, la grande variabilità stagionale delle portate, contradicendo alle esigenze del consumo, ha imposto la costruzione di serbatoi artificiali costosissimi, grazie ai quali soltanto la portata può venire entro certi limiti regolata, a seconda delle caratteristiche del consumo.

Lo sforzo compiuto, degno del Regime per le circostanze in cui fu svolto e che in due lustri ha portato con la potenza degli impianti idroelettrici, l'Italia al primo posto in Europa, ed al terzo posto nel mondo, permise di fronteggiare l'aumento della richiesta, conseguenza anch'essa del nuovo stato di cose.

Un così rapido sviluppo degli impianti non avrebbe del resto potuto verificarsi se le condizioni generali e il progresso della Nazione non avessero permesso di fare assegnamento sul collocamento dell'energia producibile. Infatti nell'ultimo decennio in confronto dei 4 800 milioni di kilowattora prodotti nel 1922 si raggiunsero gli *undici miliardi* di kilowattora nel 1930: cifra di poco diminuita nel 1931. L'Italia mantiene dunque nella produzione di energia idroelettrica, il primo posto in Europa: in quella complessiva, idraulica e termica, occupa il quarto posto. Pochissime da noi, e in circostanze tutt'affatto particolari, le industrie che non impiegano energia elettrica per produrre la forza loro occorrente, cosicchè la nostra industria ha un carattere totalitario che non si riscontra per esempio nè in Germania, nè in Francia, nè in Inghilterra, dove numerosissime sono le industrie che provvedono direttamente a prodursi la propria forza motrice.

D'altro canto in Italia ormai il 92 per cento dei Comuni è dotato di una rete di distribuzione di energia elettrica, talchè anche da questo punto di vista noi siamo non meno progrediti dei paesi citati.

Hanno assistito l'industria elettrica nel suo non facile compito, da un lato la nuova atmosfera di disciplina e di collaborazione che ha rinnovato la vita nazionale, particolarmente favorita dall'ordinamento corporativo: dall'altro, e principalmente, le sane direttive del Duce, il quale fra l'altro ha voluto recentemente far sapere a mezzo della stampa che nessun intervento statale modificherà gli ordinamenti attuali dell'industria elettrica.

Dunque, secondo il pensiero del Duce, essa deve continuare a svilupparsi con le stesse direttive che l'hanno guidata fin qui, e che si riassumono nel proposito di valersi della libertà d'azione di cui fruisce come le industrie consorelle, per *mettere a disposizione del paese la maggior quantità possibile di energia idraulica al minor prezzo possibile.*

Le condizioni generali del mercato da un anno in qua e i continui cospicui progressi del motore Diesel, hanno colpito anche l'industria elettrica che, alimentatrice di tutte le altre, non può non risentirne tutte le vicende; ma per quanto sia notevole attualmente la disponibilità dell'energia non collocata (frutto di quegli ultimi impianti che iniziati prima della crisi non sarebbe stato possibile arrestare senza danno) essa rimane al suo posto, pronta a fronteggiare la immancabile ripresa, fedele al suo motto: *Diligenza, Discrezione, Disciplina*: D.D.D.

GIACINTO MOTTA.

---

# L'incremento degli impianti elettrici nel decennio 1922-1932 (1)

Alla fine del 1922 erano in funzione in Italia impianti idroelettrici della potenza complessiva di circa 1 300 000 kW e impianti termici della potenza di circa 340 000 kW. La grave deficienza di pioggie nel 1921, che aveva reso necessario il razionamento dell'energia elettrica per tutte le forniture agli stabilimenti industriali, avrebbe dovuto costituire un forte stimolo verso la costruzione dei nuovi impianti; ed effettivamente si era accelerata la procedura per le concessioni idroelettriche: ma i nuovi lavori languivano. Giorgio Mortara scriveva nelle Prospettive Economiche del 1923: « Il ribasso del prezzo del carbone, il disagio di parecchie industrie, la scarsezza di risparmio disponibile per il finanziamento dei lavori di costruzione degli impianti elettrici e altre minori cause hanno determinato una grave paralisi nei lavori per i nuovi impianti. Per alcuni impianti i lavori sono stati sospesi, per molti altri si trascinano avanti lentamente ».

Nonostante queste circostanze sfavorevoli, a circa dieci anni di distanza i dati relativi alla potenza degli impianti elettrici italiani sono i seguenti:

| | |
|---|---|
| *Impianti idroelettrici* .................... | 4 200 000 kW |
| *Impianti termici* .......................... | 820 000 » |

La produzione annua di energia, che fu di 4,8 miliardi di kilowattora nel 1922, supera attualmente i dieci miliardi di kilowattora. Si è pertanto *triplicata* la potenza degli impianti e si è raddoppiata la energia prodotta.

Molti dei nuovi impianti destano giustamente l'ammirazione dei tecnici di tutto il mondo, per la loro grandiosità o per le felici soluzioni costruttive adottate. Appoggiati a un sistema complesso di serbatoi regolatori, che permettono di accumulare un miliardo e mezzo di metri cubi d'acqua e corrispondentemente un miliardo e 300 milioni di kilowattora, cioè il 13 % della produzione totale annua, essi sono collegati a un sistema ormai completo di linee di distribuzione, delle quali oltre 80 000 chilometri ad alta tensione. Come portata di acqua utilizzata va ricordato l'impianto di Marco (Mori) sull'Adige, che deriva fino a 160 metri cubi per minuto secondo; come salto, quelli di San Bernardo e di Aviasco (Adda) e quello di Venaus (Dora Riparia), che superano i mille metri. In più di 50 centrali la potenza installata supera i 20 mila kW; e fra esse quella di Cardano (Isarco) ha la potenza di 183 000 kW; quella di Galleto (Nera) di 150 000 kW e quella di Fadalto (Piave Santa Croce) di 86 000 kW.

Le cause di questo imponente sviluppo sono molteplici; ma, fra tutte, merita di essere posta in prima linea quella che, a mio parere, costituisce il fattore più efficace del progresso realizzato nel decennio dalla industria elettrica italiana.

Alle circostanze di carattere economico ricordate dal Mortara, e che ostacolavano la costruzione di nuovi impianti, bisogna invero aggiungerne una più essenziale, di natura politica, e che fu eliminata rapidamente e decisamente dal Governo di Mussolini. L'ostilità contro le imprese elettriche, di cui abbiamo avuto una riacutizzazione anche negli ultimi anni, aveva assunto fra il '19 e il '22 una piega veramente minacciosa, che

(1) Per una sua inchiesta sull'opera del Fascismo per lo sviluppo della produzione italiana, in occasione del Decennale il *Corriere della Sera* — per quanto riflette gli impianti elettrici — si è rivolto al Direttore della nostra Rivista, il quale ha risposto coll'articolo che riproduciamo.

stava per concretarsi in provvedimenti legislativi di gravi conseguenze per coloro che gestivano gli impianti esistenti e si accingevano a costruirne dei nuovi.

Per effetto di tale ostilità nei tre anni dal 1917 al 1919 ben 120 domande di grandi derivazioni idrauliche per forza motrice erano state presentate da Comuni e Provincie, con l'intento di produrre e distribuire energia elettrica in concorrenza con le Società private. Ora la concorrenza da parte di Enti pubblici doveva apparire particolarmente pericolosa agli industriali privati, poichè non si può lottare con chi può disporre delle risorse della pubblica finanza allo scopo di colmare le perdite subite. Si faceva strada presso gli amministratori degli Enti pubblici la singolare teoria che se la concorrenza a prezzi inferiori al costo di produzione arreca dei danni agli Enti medesimi, ne arreca di ben maggiori alla Società privata; e che perciò se i cittadini pagano, a esempio, dieci come contribuenti, per riparare la perdita dell'Ente pubblico, essi guadagnano cento come consumatori della energia venduta in perdita dalla Società privata. Sotto tali minacce che, se realizzate, avrebbero condotto al fallimento qualunque privato esercente, questo non poteva certo sentirsi incoraggiato a sviluppare i suoi impianti.

Ma vi è di più. Erano stati presentati, d'iniziativa parlamentare, dei progetti di legge che disponevano il passaggio immediato di tutte le imprese nelle mani dello Stato, a condizioni di riscatto rovinose per le Società esercenti. Ricordo che l'on. Peano, allora Ministro dei Lavori Pubblici, non potendo opporsi, per le condizioni parlamentari del tempo, a tale iniziativa, pensò di ricorrere alla istituzione di una Commissione incaricata di studiare il problema e di formulare un disegno di legge che avrebbe dovuto sostituire alla progettata statizzazione una specie di controllo sulla gestione e sulle tariffe praticate dalle imprese elettriche. Lo scopo di guadagnar tempo fu perfettamente raggiunto. Con l'avvento del Fascismo al Governo tutti i propositi di nuove municipalizzazioni furono eliminati; si rinunziò a ogni idea di statizzazione e di controlli governativi, e l'iniziativa privata potè riprendere con slancio la sua azione benefica, nei termini chiaramente fissati fin da principio da Mussolini e che furono poi così nettamente e saggiamente formulati nella Carta del Lavoro.

Va a questo punto osservato che la nostra legislazione sulle acque, creata col decreto-legge Bonomi del 1916 e ritoccata, dopo la memoranda discussione che ebbe luogo in Senato, col decreto-legge Pantano del 1919, è in perfetta armonia con le direttive fondamentali del Fascismo nel modo di concepire i rapporti tra l'attività privata e lo Stato. Il cittadino privato non è più *padrone* delle acque, ma queste costituiscono un bene demaniale di cui lo Stato dispone, nel pubblico interesse, con la forma della concessione. Questa si svolge sotto norme precise e inviolabili, sancite dalla legge e dal disciplinare di concessione. Si decade dalla concessione per cattivo uso; e se si verificano interruzioni o sospensioni nelle derivazioni destinate ai servizi pubblici, lo Stato può procedere all'esercizio di ufficio a spese del concessionario. Alla fine della concessione tutte le opere idrauliche di derivazione passano gratuitamente allo Stato, che può anche acquistare a prezzo di stima il macchinario e tutto l'impianto elettrico di produzione e distribuzione inerente alla concessione.

Si può trovare una conferma di questa aderenza della legge delle derivazioni alle direttive del Regime nel fatto che essa sopravvive ancora intatta, pur dopo il profondo e radicale rinnovamento che il Regime ha apportato in tutta la legislazione italiana. Il nuovo Testo Unico ora in preparazione avrà solo da codificare le modificazioni di dettaglio che l'esperienza di oltre quindici anni ha dimostrato necessarie.

***

Al periodo di intensa e quasi febbrile costruzione di nuovi impianti, in cui si può dire che tutto è opera di Italiani, dai progetti geniali di utilizzazione dei bacini idrografici alle costruzioni idrauliche e alla produzione del macchinario meccanico ed elettrico, è seguito negli ultimissimi tempi una fase di raccoglimento e quasi di arresto. Non poteva, invero, non ripercuotersi anche sulla industria idroelettrica il contraccolpo della crisi economica generale e della sproporzione che si è per essa manifestata tra le possibilità della produzione e la capacità del consumo. I produttori di energia, che si avvantaggiano della loro situazione di monopolio di fatto, non potevano sottrarsi al conseguente dovere di offrire senza limitazioni energia elettrica a chiunque ne facesse richiesta; con l'aggravante che la possibilità di fornire energia richiede che gli impianti produttori siano apprestati e funzionanti prima della richiesta e che perciò i lavori relativi siano iniziati con varî anni di anticipo.

Ciononostante la saggezza dei dirigenti di questa industria ha saputo evitare i colossali errori che si sono commessi in altri rami dell'attività industriale di tutto il mondo; e così mentre per molti prodotti si ha oggi una potenzialità produttiva superiore del 400 o del 500 per cento rispetto al bisogno, l'industria elettrica italiana ha una possibilità di produzione che non supera del 30 per cento l'attuale fabbisogno del Paese. Ne deriva che se i segni di una ripresa economica si faranno più decisi e più consistenti, il margine ora esistente basterà per i primissimi anni della rinascita, ma bisognerà pensare subito a provvedere per le occorrenze future.

Qui si intravedono notevoli difficoltà che conviene prospettare per affrontarle con la serietà e il vigore richiesti dai supremi interessi nazionali che sono in giuoco. Non mi occupo, in questo momento, della necessità di dare al risparmio la fiducia necessaria perchè esso non si ritragga impaurito dai finanziamenti delle imprese elettriche nel loro continuo incremento; per questo basta che il pubblico le sappia protette, come oggi sono per merito del Regime, contro innovazioni legislative delle quali non sarebbe facile prevedere le conseguenze e arginare le ripercussioni dannose.

Più grave è invece la preoccupazione che per i progressi dei motori termici e il basso prezzo dei combustibili si annulli in molti casi la convenienza di costruire nuovi impianti idroelettrici; cosicchè, come è avvenuto per tante forme della nostra attività economica, si imporrà prima o poi la necessità di frenare, con l'applicazione di dazi sui combustibili stranieri, la troppo pericolosa concorrenza che questi possono esercitare contro le forze idriche nazionali, e che ne minacciano l'ulteriore sviluppo. Certo la produzione termica dell'energia ha oggi delle condizioni eccezionali di vantaggio che non sembra debbano perdurare per molto tempo; invero non è solo il progresso tecnico delle macchine termiche che può rappresentare un pericolo grave per gli impianti idroelettrici.

In questi la maggiore spesa di esercizio è costituita dagli interessi sui capitali spesi nella costruzione; e questi interessi non è probabile che restino, come adesso, a un livello doppio di quello dell'avanti guerra. Inoltre il prezzo dei combustibili è oggi bassissimo per gli effetti generali della crisi; e anche da questo lato nell'avvenire la produzione termica non potrà conservare i vantaggi attuali. Ma, in ogni caso, la costruzione dei futuri impianti idroelettrici richiederà maggiori cautele e più attento esame economico che nel passato, ovvero passerà dal campo delle semplici considerazioni economiche in altro più vasto, connesso con le supreme esigenze della Nazione.

O. M. Corbino.

Dott. Ing. Umberto Bono

# Problemi costruttivi inerenti alle tubazioni forzate e opere accessorie (1)

## (Risultati d'esperienza, norme per il progetto, la costruzione ed il collaudo)

SOMMARIO

I. – Progetto della condotta forzata.
- Diversi tipi di condotte forzate.
- Tracciato del piano di posa.
- Numero delle tubazioni costituenti le condotte forzate.
- Diametri.
- Distributori o collettori.
- Elementi costituenti la condotta forzata.
- Dispositivi di sicurezza.
- Dispositivi di chiusura.
- Accessori.
- Apparecchi di misura della portata.
- Attacchi a monte delle tubazioni a gallerie in cemento.
- Qualità dei materiali.
- Coefficiente di lavoro.

II. – Costruzione della condotta forzata.
- Tubi chiodati, saldati, blindati.
- Giunzioni.
- Elementi di fusione.
- Ordine di costruzione.

III. – Prove e collaudi d'officina.
- Prove tecnologiche sui materiali.
- Prove idrauliche d'officina.

Premessa.

La Commissione permanente di studio per gli impianti idroelettrici, costituita in seno alla Sezione Tecnologica della Unione Nazionale Fascista Industrie Elettriche, nella sua seduta del 23 maggio 1931 ha voluto onorarmi dell'incarico di riferire sull'oggetto costituente l'intestazione della presente relazione.

Successivamente la Sezione Tecnologica mi ha fornito alcune comunicazioni di consociate che rispondevano a domande di un questionario diramato dalla UNFIEL. Queste risposte riguardano specialmente la parte sperimentale e segnalano, nella maggioranza, dei casi particolari che si sono verificati in alcuni impianti. È un vero peccato che queste risposte siano state in numero molto esiguo, per modo che molti casi particolari e molti inconvenienti sono tuttora ignorati dai più. In ogni modo io ho fatto tesoro di tutte le notizie ricevute dalle diverse parti. Esse hanno servito ad integrare le conoscenze della mia personale esperienza su numerosi impianti costruiti.

Credo opportuno approfittare di questa occasione per trattare, con una certa ampiezza, tutti gli argomenti che possono essere oggetto di attenzione per il progettista, per il costruttore e per chi deve curare, durante l'esercizio, una condotta forzata.

Per trattare completamente l'argomento dovrò anche ripetere alcune argomentazioni che hanno già fatto oggetto di altra mia relazione, fatta nell'ottobre del 1927 coll'intento di esporre un esame critico sulle « Norme per la costruzione ed il collaudo delle condotte metalliche forzate per impianti idroelettrici ».

Non mi sembra il caso di esporre in questa relazione dei calcoli; tratterò quindi i diversi argomenti in forma generale, rinviando per le calcolazioni alle fonti ben note.

Per maggiore semplicità e chiarezza dividerò l'argomento in sette parti principali:

1) – progetto della condotta forzata;
2) – costruzione;
3) – prove e collaudi d'officina;
4) – montaggio;
5) – prove in opera;
6) – tubazioni di scarico;
7) – conservazione della condotta forzata.

Da ultimo, in un capitolo a sè, parlerò delle tubazioni elastiche in pozzo, che sono state recentemente sperimentate in tre grandi impianti e che costituiscono una soluzione particolare del problema di condurre l'acqua sotto pressione alla centrale.

Dei risultati dell'esperienza, direttamente constatati, o che mi sono stati segnalati, dirò nei diversi capitoli, man mano che si presenteranno gli oggetti che hanno fatto argomento di un particolare rilievo.

(1) Relazione presentata il 10 Dicembre 1931 alla Commissione di studio per gli impianti idroelettrici e discussa il 23 Aprile 1932 dalla Commissione stessa.

## I. - PROGETTO DELLA CONDOTTA FORZATA

### Diversi tipi di condotte forzate.

Le condotte forzate fino ad ora costruite, si possono suddividere nei seguenti quattro tipi principali:

condotte forzate metalliche;
condotte forzate in cemento armato;
condotte forzate di legno;
tubazioni elastiche in roccia.

Qui tratterò diffusamente delle condotte forzate metalliche. Le condotte forzate in cemento armato sono in numero esiguo rispetto alle altre metalliche, e sono limitate ai casi di notevole portata e di piccolo salto. Io mi asterrò dal parlare di queste speciali tubazioni, che potranno invece essere trattate con molto maggiore competenza e con maggiore ricchezza di osservazioni sperimentali da altri relatori che hanno avuto campo di studiare profondamente queste costruzioni.

Le condotte forzate di legno rappresentano soluzioni rarissime da noi. Il loro uso è un po' più diffuso nei paesi nordici e nell'America, ove abbonda il legname adatto. In ogni modo sono limitate a piccole pressioni e rappresentano una eccezione. Dato che da noi non sono impiegate, ritengo inutile considerarle.

Delle tubazioni elastiche in roccia tratterò, come detto, in un capitolo a parte.

Le condotte forzate metalliche, almeno in Italia, rappresentano la quasi totalità delle tubazioni in esercizio per uso degli impianti idroelettrici. Nel presente studio io cercherò di esaminarle sotto diversi aspetti e di mettere in rilievo quanto può essere utile conoscere su di esse nello studio di un impianto.

### Tracciato del piano di posa.

La condotta forzata rappresenta soltanto una parte, molte volte assai modesta, seppure importante, dell'impianto idroelettrico.

La sua ubicazione non è arbitraria; la maggior parte delle volte la posizione della condotta forzata è obbligata; in ogni caso essa dipende sia dalla località ove deve sorgere l'edificio dei motori, sia dalla località dove può arrivare il canale adducente l'acqua.

Questi vincoli portano a dovere alcune volte eseguire opere assai costose per preparare un adatto piano di posa per la condotta forzata.

Questa può: o scorrere completamente all'aperto o essere parzialmente all'aperto e parzialmente in galleria; ovvero essere collocata completamente in galleria od in pozzo.

Per i tratti situati in galleria libera od in pozzo nulla vi è da dire rispetto al piano di posa. Il tracciato di questi tratti è quello che è: esso è imposto dalla configurazione del terreno.

Nei tratti all'aperto è assai opportuno, nei limiti del possibile, usare certi accorgimenti nello stabilire il tracciato per mettere la condotta forzata nelle migliori condizioni di conservazione.

È sempre opportuno evitare i valloncelli, i canaloni, le falde molto inclinate con tracciato a mezza costa, le zone battute da sassi cadenti o da valanghe.

La condizione ideale è quella di poter collocare la condotta forzata, in tutto od in parte, sulle creste di costoni della montagna. In tale posizione la condotta è preservata da tutti gli accidenti che possono essere provocati dalle piogge e dagli effetti del gelo e del disgelo (v. fig. 1).

In un impianto in funzione da alcuni anni la condotta forzata corre, per un tratto della sua lunghezza, ai piedi di una falda molto inclinata della montagna e per di più, in questo tratto, corre in trincea: durante un'alluvione, la sede della condotta forzata si tramutò in un violento torrentello che allagò la centrale e vi portò dentro una notevole quantità di materiale solido, causando l'interruzione dell'esercizio per circa un mese.

Scelto che sia, in linea di massima, il tracciato della condotta forzata, occorre determinarne i vertici e quindi le livellette. Pochissime sono le installazioni nelle quali non sono stati necessari movimenti di terra o di roccia. È ben raro il caso,

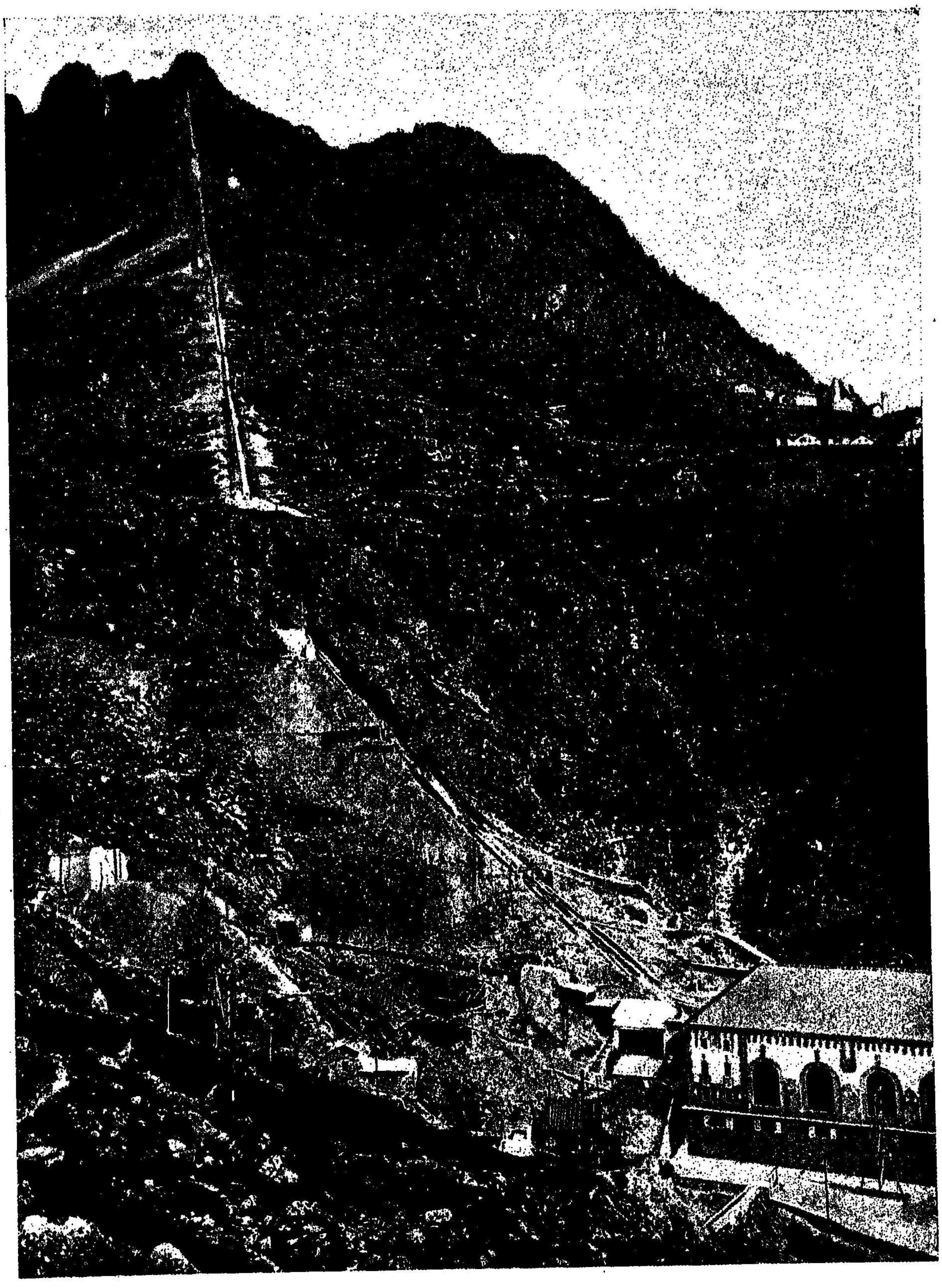


Fig. 1. - Condotta forzata sviluppantesi quasi per intero sulla cresta di un costone della montagna.

specialmente nei salti di alta montagna, trovare tanta regolarità nella conformazione del terreno da potervi senz'altro posare sopra il sostegno dei tubi.

Nella determinazione del profilo, il progettista si preoccupa naturalmente di rendere minimi gli sbancamenti di roccia ed i movimenti di terra, per ovvie ragioni di economia.

Non si può però esagerare nel voler seguire la configurazione del terreno. Il frazionamento del profilo in numerose livellette di lunghezza limitata rende assai più costosa la condotta forzata per il grande numero di pezzi speciali che vi vengono introdotti (gomiti, giunti di dilatazione, ancoraggi, ecc.) ed inoltre ne abbassa il rendimento, perchè le curve ed i giunti di dilatazione originano delle perdite di carico localizzate. Perciò occorre, fin che è possibile, ridurre il numero dei vertici e questo anche se occorre fare qualche scavo.

Non è nemmeno opportuno tenere la condotta forzata troppo elevata sul terreno sottostante. In questo caso i muretti di sostegno diventano alti e assumono delle dimensioni notevoli, se si vuole (come si deve) evitare il pericolo della loro rottura sotto gli sforzi tangenziali, e non piccoli, che la condotta loro trasmette nel punto di appoggio (v. figg. 2 e 3). Quando i muretti raggiungono una certa altezza occorre anche adottare tipi di selle speciali per diminuire gli sforzi sopradetti. La condizione ideale sarebbe certamente quella di avere il tubo corrente sopra il terreno ad un'altezza variabile fra mezzo metro ed un metro. Se devono essere fatti degli scavi, allo scopo di limitarne al massimo la profondità, occorre tener presente che, per le necessità del montaggio, è bene che sotto al tubo restino ancora almeno 40 centimetri liberi.

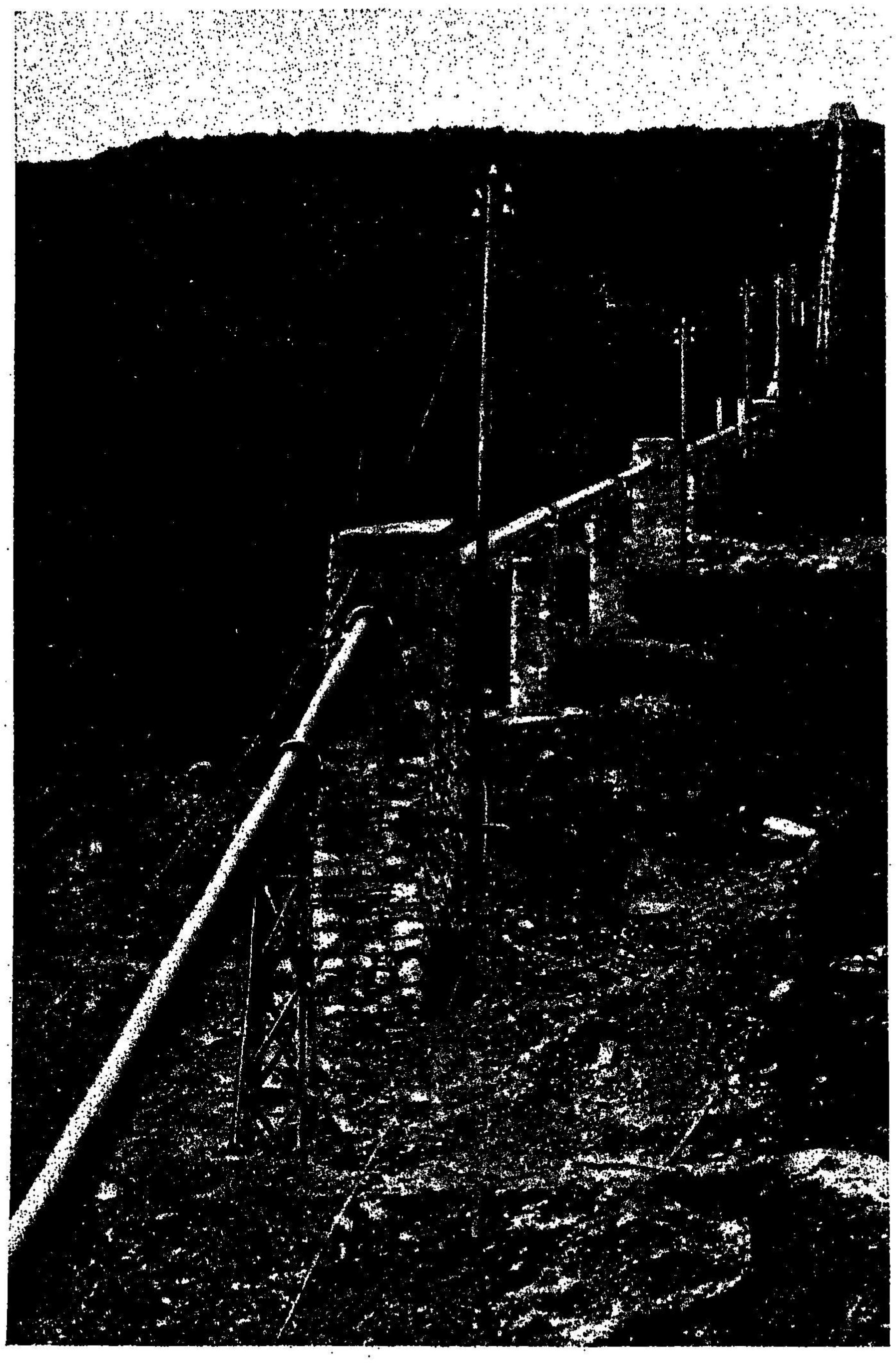


Fig. 2. - Condotta forzata in cattive condizioni di appoggio per eccessiva altezza sul suolo.

Fig. 3. - Sostegni di tipo speciale data la notevole altezza.

I rilevati sono sempre fastidiosi: anzitutto rendono più difficile e costoso il montaggio della tubazione, specialmente se gli elementi sono pesanti; inoltre ne è più disagevole l'ispezione, a meno di fare il rilevato più largo della sede vera e propria.

Quando è impossibile evitare di passare con la condotta forzata attraverso a zone battute da frane o da valanghe, è ottima norma interrare in quei tratti la condotta forzata ovvero costruire delle opere di protezione dalla parte di monte, o degli scivoloni sopra i tubi, per le valanghe. La tubazione interrata presenta certo inconvenienti per maggiore facilità di deterioramento, per maggiore difficoltà di ispezione. In compenso offre anche qualche vantaggio: nei tratti interrati si può diminuire il numero degli ancoraggi e possono essere adottate giunzioni più economiche.

Altra precauzione da avere, sempre naturalmente nei limiti della possibilità, è quella di evitare i cambiamenti di direzione molto forti: la perdita di carico ha una certa proporzione con l'ampiezza dell'angolo di deviazione. E se inoltre il cambiamento di direzione corrisponde al passaggio da una piccola ad una forte inclinazione delle livellette (da monte verso valle), si corre il pericolo, in caso di repentina chiamata di acqua alle macchine, di provocare la rottura della vena liquida. Questo caso può essere pericoloso se i tubi sono a parete sottile, perchè può anche provocarne lo schiacciamento; in ogni modo ciò provoca sempre dei disturbi nel funzionamento.

Di regola è bene, specialmente se le ultime livellette della tubazione hanno una pendenza notevole e se la tubazione corre in trincea, tenere la centrale fuori del piano verticale contenente le ultime livellette. In caso di scoppi di tubi questa precauzione diminuisce grandemente le probabilità che la centrale venga investita dall'acqua e dal materiale solido che essa inevitabilmente trascina (v. figg. 4 e 5).

Negli scorsi anni sono appunto successi degli scoppi di tubazioni ed alcune centrali male collocate sono rimaste salve per miracolo.

### Numero delle tubazioni costituenti la condotta forzata.

La scelta del numero delle tubazioni che devono costituire la condotta forzata è insieme un problema economico e tecnico-costruttivo. È noto che, a parità di portata totale e di perdita di carico, una sola tubazione pesa, e quindi costa, notevolmente meno di due o più tubazioni. Quanto più è grande il numero delle tubazioni, tanto maggiori diventano gli sbancamenti di roccia od i movimenti di terra per prepararne la sede; quindi col numero delle tubazioni cresce anche il costo della sede.

Dal punto di vista economico, quindi, esiste la convenienza a ridurre il numero delle tubazioni, almeno nello stretto riguardo della condotta forzata. Data una determinata portata ed un dato salto, una volta scelta o calcolata la perdita di

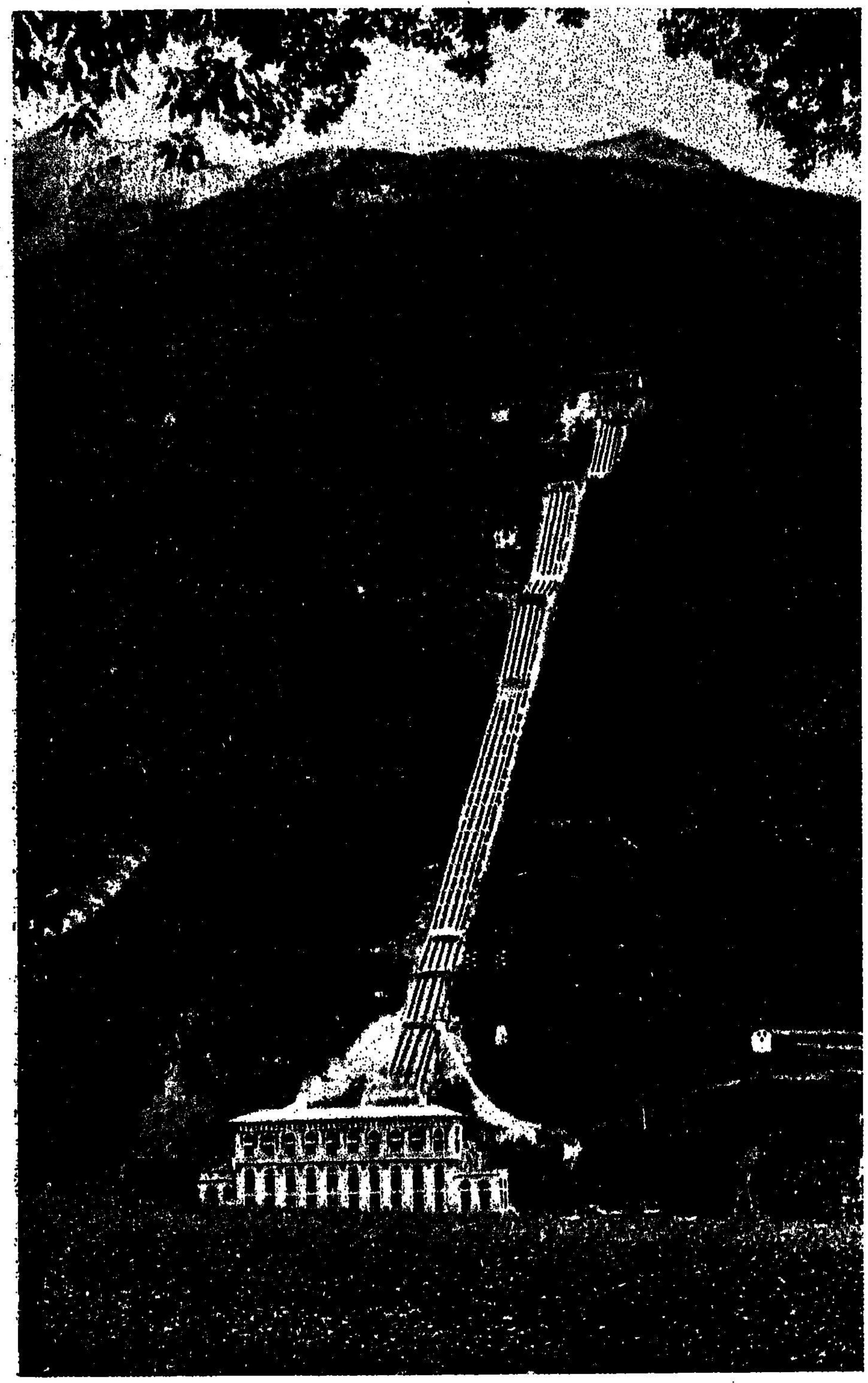


Fig. 4. - Esempio di centrale posta in posizione pericolosa in caso di incidenti alla condotta forzata.

carico più conveniente nel complesso generale dell'impianto, resta di conseguenza determinato il diametro della tubazione o delle tubazioni. Qui appunto può sorgere il problema costruttivo. Fino a che le portate ed i salti sono limitati, preoccupazioni di questo genere non possono esistere. Ma quando si hanno salti notevolissimi accompagnati a forti portate, possono occorrere diametri o spessori di tubo incompatibili con le possibilità costruttive attuali (sia pure ricorrendo ai tubi blindati od ai tubi laminati, che sono quelli che oggi consentono la realizzazione delle massime resistenze agli sforzi provocati dalla pressione) ovvero con le condizioni di trasporto. Sorgendo questa difficoltà, l'unico mezzo che rimane per risolverla è quello di aumentare il numero delle tubazioni, con conseguente diminuzione dei diametri relativi.

Da quanto sopra, risulta pure che nel determinare la perdita di carico più conveniente occorre tener conto anche del costo della condotta forzata.

Parlando più avanti dei diversi tipi di tubo, faremo un accenno ai limiti costruttivi consigliabili.

DIAMETRI.

Per tubazioni di breve lunghezza, ad esempio inferiore ai due o trecento metri, non è il caso di pensare a diversi diametri, a meno che questa soluzione sia suggerita ancora da necessità costruttive.

Quando invece le tubazioni raggiungono una notevole lunghezza, che è quasi sempre accompagnata ad un notevole salto, risulta molto utile pensare ad una serie di diametri variabili e, naturalmente, in diminuzione nella direzione monte-valle. Questo studio ha una notevole influenza sul peso e quindi sul costo della condotta forzata. Anzitutto, come detto, una serie di diametri variabili bene studiata, a parità di portata e di perdita di carico, riduce notevolmente il peso della condotta forzata rispetto al caso di diametro costante. In secondo luogo viene ridotto, e lo può essere in maniera molto sensibile, il diametro inferiore, quello cioè che si trova alle massime pressioni. Ciò può evidentemente aiutare a risolvere le difficoltà costruttive sopra accennate.

Sulle tubazioni a diametri variabili sono stati fatti molti studi ed in proposito esistono parecchie note pubblicate. In alcuni casi il problema è stato risolto solo parzialmente, impostandolo su ipotesi semplificative; in altri casi l'analisi è stata spinta più a fondo. Anch'io ho studiato questo problema e l'ho risolto tenendo conto, non solo dell'andamento altimetrico del profilo dell'asse della tubazione, ma anche delle discontinuità di distribuzione degli spessori di lamiera che sono imposte da ragioni costruttive. È facile dimostrare che coll'adozione del diametro variabile si possono raggiungere praticamente economie in peso superiori al 5% rispetto alla tubazione a diametro costante di uguali caratteristiche (portata, perdita di carico, coefficienti di lavoro dei materiali, numero degli accessori, ecc.).

La scelta del numero dei diametri costituenti la serie e della lunghezza delle singole tratte a diametri costanti, non può

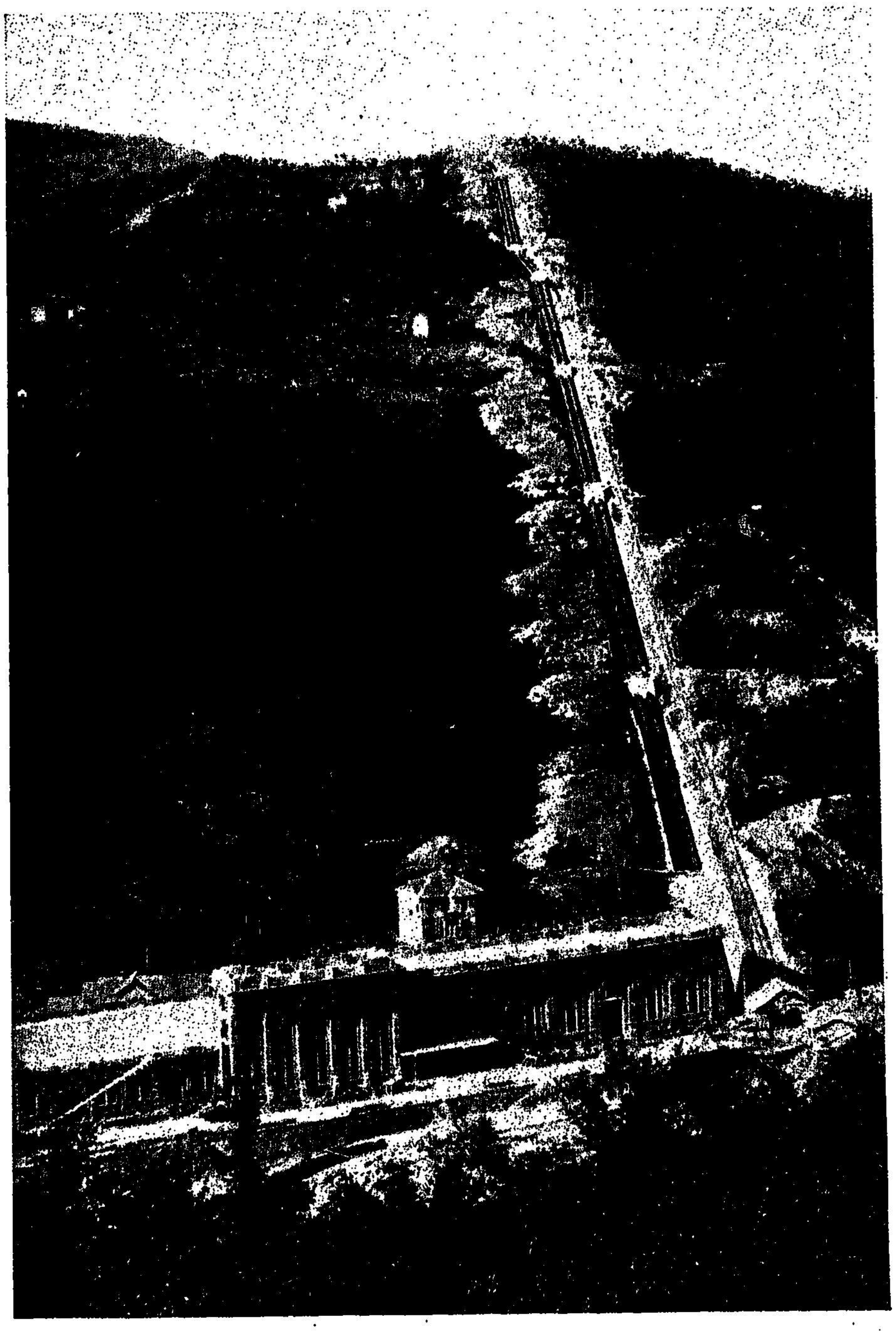


Fig. 5. - Esempio di centrale bene situata rispetto a pericoli provenienti dalle condotte forzate.

avere una norma fissa. Coll'aumentare del numero dei diametri, aumenta l'economia in peso, però non in proporzione aritmetica. Oltre un certo limite, l'economia, pur esistendo ancora, è quasi insensibile. Di più, l'aumentare esageratamente il numero dei diametri aumenta il costo della tubazione, perchè si rende necessario un maggior numero di pezzi speciali e si complicano le operazioni di preparazione e tranciatura delle lamiere che deve eseguire il costruttore. In questo caso la miglior guida è data dalla pratica costruttiva.

Nella scelta dei diametri però non si deve guardare solo alla perdita di carico ed alla economia; ma si deve porre attenzione anche alle velocità che l'acqua assume nella tubazione e specialmente nei tratti più bassi a diametro minore. Dalla velocità, ben si sa, e dal tempo di chiusura degli otturatori delle macchine, dipende l'intensità del colpo d'ariete. Esistono quindi dei limiti superiori per la velocità. In questi ultimi anni sono state costruite delle condotte forzate che, nei riguardi della velocità dell'acqua in essa defluente, si possono chiamare ardite. Sono stati superati i 7 metri al minuto secondo. Io non intendo con ciò condannare queste soluzioni, tanto più che qualcuna è proprio mia; voglio dire soltanto che, fino a che è possibile, è bene tenersi al disotto di questi limiti.

Nei riguardi del colpo d'ariete, il progettista deve preoccuparsi di verificare la sicurezza non solo delle sezioni più basse della condotta forzata, ma anche di quelle superiori, giacchè in molti casi, anche se la chiusura degli otturatori è lenta, i massimi tormenti non si hanno in basso, ma nelle parti superiori della tubazione. Su ciò influisce l'andamento del profilo dell'asse.

DISTRIBUTORI O COLLETTORI.

Un problema importante è anche quello della distribuzione alle macchine dell'acqua portata dalla condotta forzata. La soluzione ideale sarebbe quella di avere una tubazione per ogni macchina. Ciò consentirebbe il massimo di elasticità e di indipendenza dell'esercizio; ma questa soluzione è rarissima. Quasi sempre il numero delle macchine è diverso da quello delle tubazioni. Sorge allora lo studio della distribuzione. I collettori sono di diverse forme. In questo studio il progettista deve preoccuparsi di rendere per quanto è possibile indipendenti le diverse macchine e le diverse tubazioni, allo scopo di ridurre al minimo possibile le interruzioni dell'esercizio quando debba essere esclusa una macchina od una tubazione. Occorre quindi studiare un sistema di sezionamento che permetta di alimentare le diverse macchine con le diverse tubazioni e di poter escludere una macchina od una tubazione senza interrompere l'esercizio delle altre per tutta la durata dell'interruzione. Questo scopo si raggiunge con una ben studiata distribuzione di apparecchi di chiusura. Questi sono però generalmente assai costosi. In alcuni casi è possibile raggiungere una notevole economia d'impianto sostituendo agli apparecchi di chiusura veri e propri, dei giunti di smontaggio con dei fondi di chiusura da applicare al momento opportuno. Questa soluzione costa assai meno, ma rende necessariamente più lunga l'operazione di sezionamento (v. figg. 6, 7 e 8).

Nello studio dei collettori e dei distributori bisogna anche cercare di ridurre al minimo le sollecitazioni che vengono portate sugli attacchi alle macchine dalle deformazioni di carattere elastico o di carattere termico dei collettori stessi. La rottura di un attacco ad una macchina, per il fatto che l'organo si trova nell'edificio delle macchine, potrebbe provocare dei danni incalcolabili.

Su questo argomento non si possono dare regole precise; il problema va studiato caso per caso (v. fig. 9).

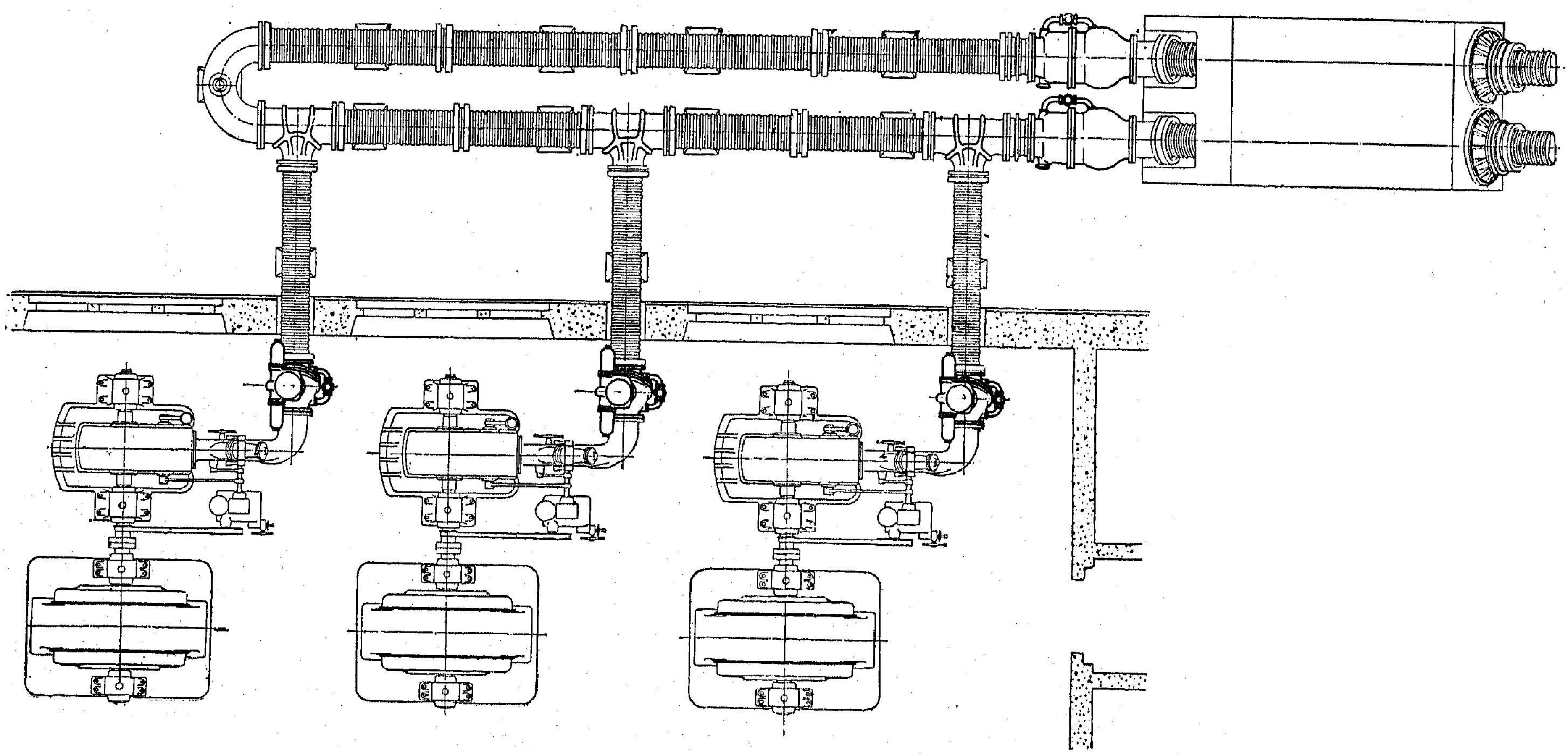


Fig. 6. - Collettore ad anello per 2 tubazioni con 2 o più macchine.

TIPI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LA CONDOTTA FORZATA.

Escludo addirittura, dalla trattazione, i tubi di ghisa per le ragioni che dirò nel paragrafo sulla scelta dei materiali.

Gli elementi di una condotta forzata possono essere costituiti da:

*tubi chiodati; tubi saldati; tubi blindati* (cerchiati): *tubi senza saldatura.*

Parlerò separatamente di questi diversi tipi di tubi.

*Tubi chiodati.*

È questo il tipo di tubo in lamiera più antico e che fu largamente usato fino a pochi anni or sono. Ora questo tipo di tubo è un po' in declino.

Dal punto di vista della resistenza è senza dubbio un buon tipo, specialmente se sono osservate tutte le buone norme nella esecuzione delle chiodature (della parte costruttiva si parlerà

più avanti). La sua costruzione è relativamente facile, purchè vi sia l'attrezzamento adatto, ed i buoni costruttori di questo tipo sono numerosi. La sua costruzione non esige trattamenti termici a tubo ultimato e ciò, oltre ad altre ragioni, lo ha fino ad ora particolarmente fatto preferire per i grandi diametri con modeste cadute, perchè evita la costruzione di enormi e costosi forni di ricottura. Si presta anche ad essere preparato nell'officina del costruttore e messo assieme sul posto, rendendo così possibile il trasporto per ferrovia, quando ciò sarebbe impossibile per i tubi finiti, a causa dell'ingombro. Quindi, ancora oggi, deve essere preferito per gli elementi di grandissime dimensioni. In questo caso diminuiscono di importanza anche alcuni dei suoi difetti.

Negli anni scorsi, dato l'elevato costo del carbone per la produzione del gas d'acqua, ed anche per altre circostanze, il tubo chiodato faceva una buona concorrenza, sul fattore costo, al tubo saldato. A questo riguardo oggi le cose sono un po' cambiate. Per contro, il tubo chiodato presenta anche degli inconvenienti.

In primo luogo, a parità di diametro e di resistenza, esso risulta più pesante del tubo saldato equivalente. Ciò è evidente quando si consideri che la sezione resistente del tubo chiodato va calcolata sulla linea della chiodatura, ove esiste lo sfrido dovuto ai fori dei chiodi. I singoli elementi costituenti una tubazione chiodata sono, per ovvie necessità costruttive, assai più corti degli elementi di una tubazione saldata. Normalmente un anello chiodato non supera i due metri di lunghezza, mentre un anello saldato raggiunge al minimo la lunghezza di 6 metri. La congiunzione fra un anello chiodato ed il vicino è fatta in via normale a cannocchiale con chiodatura, se si vuole evitare il costoso sistema della giunzione a flange. Ciò porta a frequentissime variazioni in senso oscillatorio del diametro interno della condotta forzata. Questo fatto, unito a quello della presenza di numerose teste di chiodi all'interno della tubazione, teste di chiodi che sono disposte nel senso longitudinale e nel senso trasversale, aumenta notevolmente la perdita di carico nella tubazione chiodata, rispetto alla tubazione saldata.

Quando poi, come succede di frequente nella pratica, l'acqua convogliata dalle tubazioni porta della sabbia, i salti di diametro dovuti agli spessori delle lamiere e le protuberanze delle teste dei chiodi offrono un ottimo appiglio all'azione smerigliante della sabbia sul metallo.

Un caso del genere, che ho avuto occasione di verificare personalmente, è stato segnalato da una Consociata. Nella parte inferiore del tubo l'unghia della lamiera, che era tagliata netta e che sporgeva circa due centimetri dalla testa del chiodo, è stata corrosa fino a raccordarsi dolcemente con la testa del chiodo stessa. Le teste dei chiodi, poi, erano state limate per quasi due terzi del loro volume e nella lamiera, fra una testa di chiodo e l'altra, si erano formati dei piccoli solchi. In corrispondenza di un gomito, la tubazione fa un notevole angolo in pianta: e quivi le sabbie alzandosi, per la velocità, contro la parete esterna del gomito, avevano corroso anche le chiodature longitudinali che si trovano pressapoco all'altezza dell'asse del tubo, il quale ha un diametro di mm 1700. Le chiodature di questa tubazione sono, malgrado ciò, ancora efficienti.

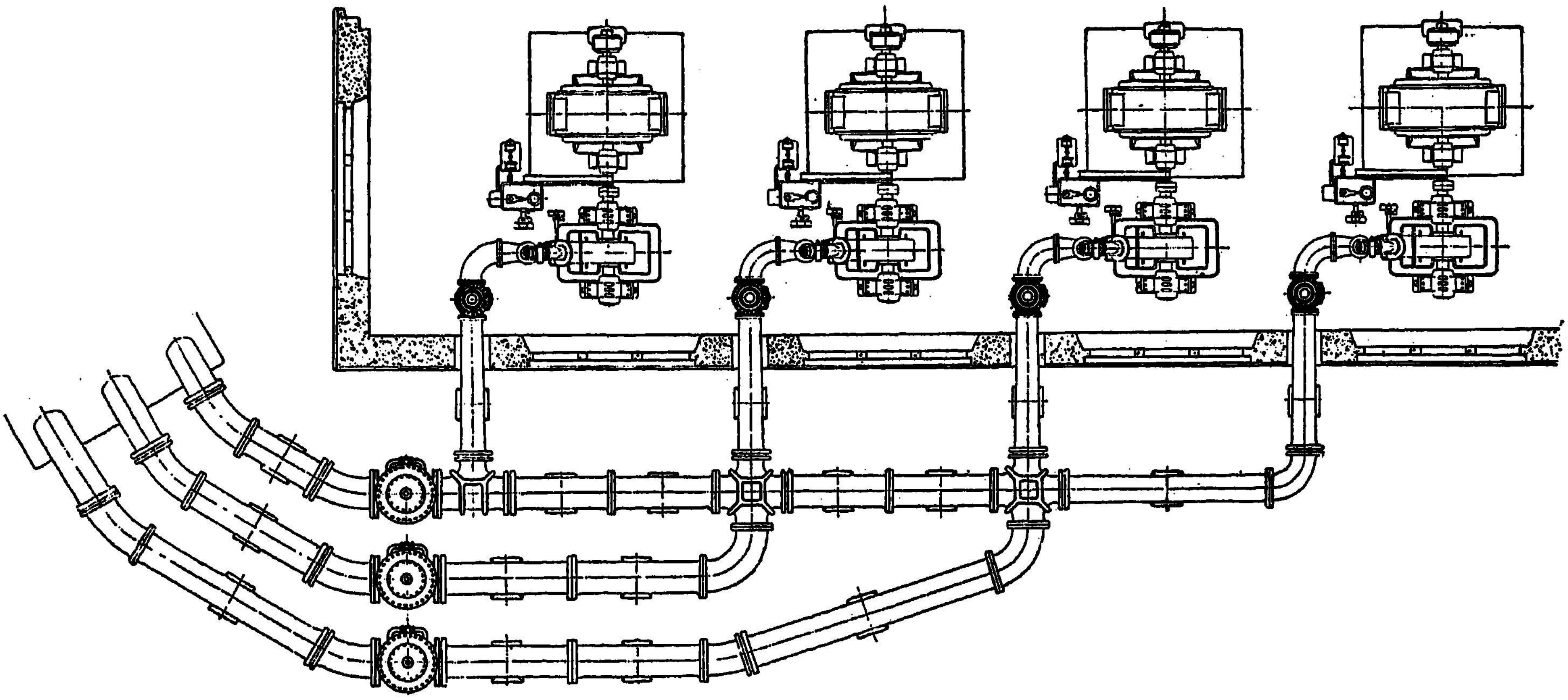


Fig. 7. - Altro tipo di collettore per 4 macchine servite da 3 tubazioni.

Per ovviare a questo inconveniente, o per lo meno per attenuarlo grandemente, è opportuno eseguire la metà inferiore di tutte le chiodature trasversali con chiodi a testa rasa. Questa precauzione è attualmente adottata da quasi tutti i buoni costruttori, perchè facilita molto anche l'esecuzione delle chiodature stesse al montaggio.

Nelle tubazioni chiodate, ancora, dato l'enorme numero di chiodi in esse esistenti, è facile si provochino delle perdite d'acqua. Ho notato che, assai frequentemente, queste perdite provocano delle corrosioni intorno al forellino di uscita. Occorre quindi di frequente eseguire calafature, ripulire bene la lamiera e verniciarla.

Nelle chiodature, la lunghezza del chiodo evidentemente dipende dagli spessori di lamiera da unire. Il diametro dei chiodi si ricava, con note formole, dallo spessore minimo delle due lamiere. L'efficenza della chiodatura però, come è ben noto, diminuisce col crescere del diametro e della lunghezza del gambo del chiodo. Per le chiodature poi che vanno eseguite sul posto di montaggio, aumentando il diametro dei chiodi, aumentano le difficoltà pratiche di esecuzione. Non conviene quindi spingere oltre certi limiti gli spessori delle lamiere da chiodare.

Ritengo che non sia prudente oltrepassare i 30 o al massimo i 32 mm negli spessori dei tubi chiodati, salvo casi di eccezione.

*Tubi saldati.*

Le lamiere possono essere saldate in tre modi diversi:
- con saldatura ossiacetilenica;
- con saldatura al gas d'acqua e
- con saldatura elettrica.

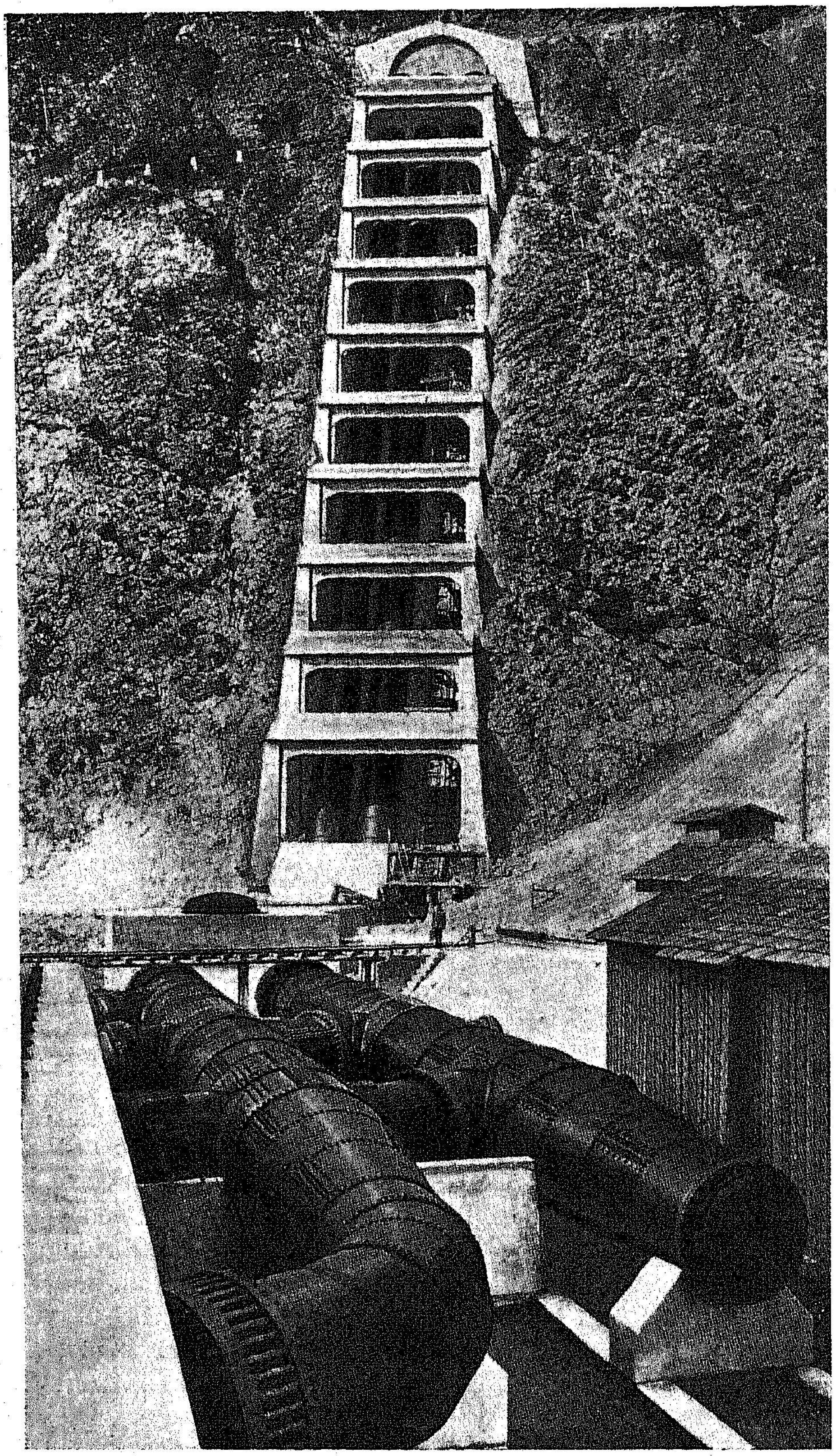


Fig. 8. - Esempio di collettore chiodato presentante notevoli difficoltà costruttive. Il collettore è tuttora incompleto essendo prevista una terza tubazione. Diametro interno dei due tronchi principali mm 2600, diametro delle 6 derivazioni oblique a 60° e delle due a 90° mm 1900, spessori di parete del tubo fino a 35 mm, rinforzati da piastre interne.

La saldatura ossiacetilenica serve soltanto per spessori piccolissimi, al massimo fino a 6 mm; oltre questo limite è assolutamente da sconsigliare.

Si vede quindi che nella costruzione dei tubi delle condotte forzate essa ha un'importanza tutto affatto trascurabile. Di più è una saldatura che mantiene caratteri di notevole fragilità e sembra pure che risenta ben poco miglioramento dalla ricottura. Questo tipo di saldatura può essere invece adoperato con profitto nella costruzione di accessori delle condotte forzate.

Quando in una condotta forzata dovessero essere impiegati dei tubi dello spessore di 5 ovvero 6 mm, spessori per i quali è assai difficile la saldatura al gas d'acqua, io consiglierei sempre di adottare tubi chiodati piuttosto che tubi saldati colla fiamma ossidrica.

La saldatura elettrica è di recente adozione. Per essa non vi è ancora sufficiente esperienza per poter azzardare un giudizio definitivo *nei riguardi delle condotte forzate*. È senza dubbio un tipo di saldatura che ha delle buone qualità e che ha già dimostrato di essere assai pratico in certi tipi particolari di costruzioni metalliche.

Si è già provato a costruire delle condotte forzate saldando le lamiere addirittura in posto con saldature elettriche. Il sistema ha dato luogo a notevoli inconvenienti. Ciò però non è sufficiente per escludere che, più avanti, questo tipo di saldatura possa meglio affermarsi anche per le condotte forzate.

Quello che è certo, invece, è che la saldatura elettrica si presta assai bene per operazioni di riparazione, in modo speciale quando le riparazioni devono essere eseguite su elementi di fusione.

Il tipo di saldatura che per ora domina nel campo delle condotte forzate, è quello al gas d'acqua.

Fino a non molti anni or sono i tubi saldati al gas d'acqua trovavano molti dubbiosi. Ora invece essi si sono completamente affermati e, nelle nuove costruzioni, rappresentano la parte predominante. Ciò è dovuto ai notevolissimi progressi che ha fatto il procedimento di saldatura al gas d'acqua ed alla passione con la quale alcuni costruttori, anche italiani, hanno studiato questo procedimento, portandolo ad un altissimo grado di perfezione.

La esecuzione di una buona saldatura è operazione certamente assai più difficile della esecuzione di una buona chiodatura, sia per le maggiori esigenze che essa comporta sulla qualità dei materiali da impiegare, sia per la accuratezza delle operazioni di preparazione dei lembi da saldare, sia per la condotta termica del processo di saldatura. Questo tipo di saldatura poi impone il processo di ricottura, anch'esso non tanto facile.

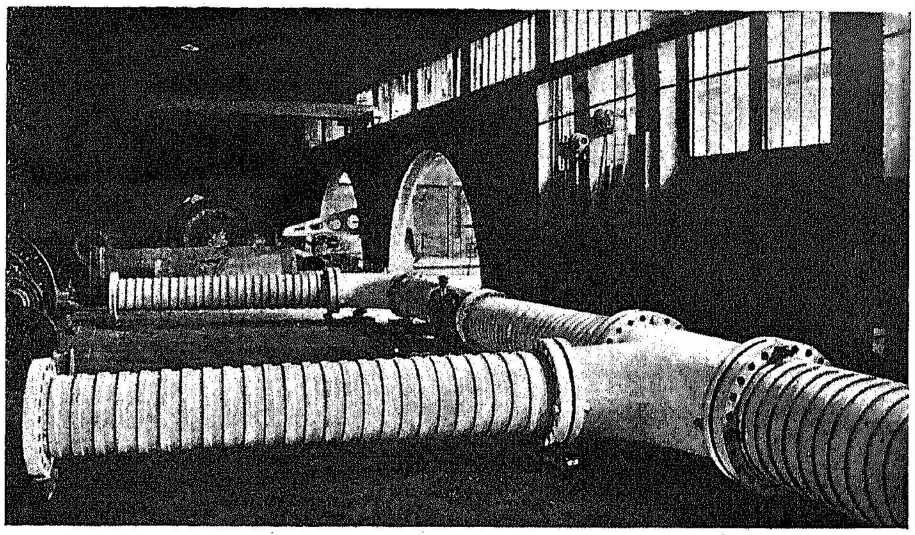


Fig. 9. - Esempio di distribuzione nel quale, per la notevole lunghezza delle derivazioni alle macchine, gli sforzi sugli attacchi di queste ultime, per effetto delle deformazioni del tronco principale, sono alquanto attenuate.

Per eseguire bene queste saldature occorre quindi uno speciale e costoso attrezzamento, che non tutte le Officine posseggono, purtroppo, nel grado di perfezione desiderato. Compito quindi del progettista è anche quello di vagliare le possibilità del costruttore in relazione al lavoro che gli viene affidato.

Oggi giorno vengono costruiti dei tubi saldati che danno il più completo affidamento nei riguardi della sicurezza delle saldature; il tubo saldato vince assai bene, salvo casi particolari per i quali ne è impossibile l'impiego, la concorrenza del tubo chiodato, giacchè su di questo offre notevoli vantaggi.

A parità di diametro e di pressione, pur tenendo conto di una prudenziale riduzione del coefficiente di lavoro per la saldatura, il tubo saldato ha sempre spessori inferiori a quelli del tubo chiodato e quindi pesi inferiori, come si è già detto.

Considerato poi che un elemento saldato può essere costruito con tutta facilità della lunghezza di 6 metri, mentre per raggiungere uguale lunghezza con elementi chiodati, occorrono almeno tre anelli, con la conseguenza di avere almeno due giunte trasversali in più, la differenza in peso diventa ancora più notevole.

Facciamo un esempio, riferendoci ai coefficienti di lavoro fissati dalle «Norme» che sono state fino ad ora in vigore: un tubo chiodato di diametro interno minimo di 1000 mm. dello spessore di 12 mm, con chiodatura longitudinale doppia, può sopportare un carico idrostatico di m 152,60. Un tubo saldato, pure di diametro di 1000 e spessore 12 mm, può raggiungere un carico idrostatico di m 186. Per raggiungere lo stesso carico con un tubo chiodato, occorre adottare un tubo con chiodatura longitudinale tripla a sovrapposizione e spessore di 14 mm. Questo tubo può spingersi fino al carico idrostatico di m 190,50. Ora un tubo saldato con diametro di 1000 mm, spessore di 12 mm, con giunzione trasversale ad imbuto chiodato a chiodatura semplice, lungo sei metri, pesa circa kg 311 al metro corrente. Un tubo chiodato con chiodatura longitudinale tripla a sovrapposizione e trasversale semplice, del diametro di 1000 mm, spessore di 14 mm, che può essere montato al posto del precedente, pesa circa kg 414 al metro corrente. Quindi circa 100 kg in più al metro corrente, cioè circa il 35% in più del peso del tubo saldato. Si noti che il paragone l'ho fatto su spessori piccoli; la differenza aumenta con gli spessori.

Le giunzioni trasversali comunemente adottate per collegare fra di loro i tubi saldati (a imbuto chiodato, a manicotto chiodato) sono assai più vantaggiose di quelle dei tubi chiodati, e ciò oltre che essere ridotte di numero nella proporzione di almeno 3 a 1.

Come si è già detto prima, il tubo saldato offre il vantaggio di una perdita di carico notevolmente inferiore a quella del tubo chiodato.

Per la buona riuscita delle saldature, però, occorre fare attenzione agli spessori che vanno saldati: la saldatura al gas d'acqua non è consigliabile per i piccoli spessori. Io non scenderei mai al di sotto dei 7 mm; la completa sicurezza della riuscita si può avere dai 10 mm in su. Naturalmente, qui mi riferisco a saldature che siano chiamate a resistere a sforzi proporzionati agli spessori: non voglio riferirmi per esempio ai tubi di acquedotto, dove lo spessore non è sempre fissato soltanto in base alla pressione, ma molto anche in base ad altre considerazioni di conservazione.

Per gli spessori assai piccoli è molto difficile la condotta termica dell'operazione di saldatura. Se gli operai non sono più che bravi, si corre il pericolo di bruciare il materiale, ottenendo saldature meno efficienti.

Esiste anche un limite superiore per gli spessori, oltre il quale non è prudente spingersi. A questo proposito dirò che in questi ultimi anni i migliori costruttori hanno fatto dei progressi enormi. Ho avuto recentemente occasione di vedere tubi saldati a sovrapposizione ed al maglio con spessori di lamiera notevolmente superiori ai 40 mm. Le saldature apparivano perfettamente riuscite e la prova idraulica ha confermato la loro bontà. Ciò però non vuol dire che coi tubi saldati si debba arrivare a limiti di questo genere negli spessori. Ciò ha importanza invece per i tubi blindati di cui dirò dopo.

Io credo che per i tubi saldati sia buona norma fermarsi verso i 30 mm di spessore. Fino a questo limite certamente la saldatura pura e semplice è più che sufficiente a lasciare completamente tranquilli nei riguardi della resistenza.

Concludendo, io sono convinto che il tubo saldato, col tempo, soppianterà quasi totalmente il tubo chiodato.

*Tubi blindati* (cerchiati).

Fino ad ora io conosco due tipi di tubi blindati: il tipo corrente con camicia saldata cilindrica ed anelli di cerchiatura e il tipo multionde costruito in Francia.

Su questo secondo tipo è stata fatta una relazione dal costruttore (il Bouchayer) sulla Rivista francese *La Houille Blanche* e non so se sia già stato applicato in qualche impianto. Pare debba essere presto esperimentato in un impianto di notevole importanza. Per questo tipo rinvio quindi alla pubblicazione del costruttore, ritenendo, per il momento, ed in mancanza di esperimento pratico, azzardato dare giudizi.

Quello che ho definito tipo corrente ha invece già l'esperienza di molti anni, ha dato ottima prova ed ha permesso di risolvere brillantemente il problema dei grandissimi salti.

Consta essenzialmente di una camicia fatta con lamiere saldate al gas d'acqua (che non è altro che un comune tubo saldato) sulla quale vengono applicati, ad opportuni intervalli, degli anelli d'acciaio di blindatura. A tubo vuoto gli anelli esercitano una certa compressione sulla lamiera della camicia, dal che si deduce che quando il tubo è in carico la camicia e gli anelli sono assoggettati a carichi di lavoro diversi.

Il calcolo del tubo blindato consiste appunto, sopratutto, nel saper trovare la più opportuna distanza degli anelli fra di loro e nel saper proporzionare i carichi di lavoro della camicia e degli anelli, in relazione alle caratteristiche tecnologiche dei materiali impiegati per i due elementi.

Il tubo cerchiato rappresenta naturalmente un passo avanti rispetto al tubo saldato. Difatti gli anelli, e questa è la condizione essenziale, sono laminati in un sol pezzo, senza saldature. Abbiamo quindi in definitiva un maggiore coefficente di sicurezza, anche perchè, per gli anelli, non esistendo l'esigenza della saldabilità, possono essere impiegati acciai a più alto carico di rottura ed a più alto limite elastico.

Coi tubi blindati, e con diametri dell'ordine di un metro, si sono già superati i 1000 metri di salto in impianti funzionanti. Si andrà certamente molto più in là; sono stati fatti esperimenti per salti quasi doppi. Naturalmente le camicie e gli anelli vanno assumendo dimensioni notevolissime. Io credo che col crescere delle sezioni di questi tubi, sarà opportuno modificare anche leggermente i criteri attuali, sia di ripartizione del materiale tra camicia ed anello, sia di costruzione.

Quando, ad esempio, il tubo è chiamato a contrastare piccoli sforzi nella direzione assiale, si potrà con vantaggio diminuire la sezione della camicia ed aumentare invece, in maniera equivalente, la sezione degli anelli, facendoli anche magari più vicini. Dovrà inoltre essere posta la massima cura per ottenere la perfetta aderenza degli anelli alla camicia su tutto lo sviluppo della stessa e quindi una distribuzione assolutamente uniforme dell'effetto di compressione che l'anello esercita sulla camicia.

Il comportamento di un tubo blindato, agli effetti della perdita di carico, è perfettamente analogo a quello del tubo saldato. Anche le giunzioni trasversali sono pressapoco le stesse, se si esclude la unione ad imbuto che non è possibile sui tubi blindati. Per questi tubi le giunzioni trasversali più comunemente usate sono quelle a manicotto chiodato ed a flangia; unioni che sono entrambe ottime.

*Tubi senza saldatura.*

Sono di due specie:

il tubo Mannesmann propriamente detto e

il tubo laminato di grande diametro, che attualmente si costruisce in Germania.

Sono tubi senza dubbio ottimi. L'assenza della saldatura permette di spingere più in alto, e con tranquillità, i coefficienti di lavoro. Hanno certamente tutti i vantaggi dei tubi blindati.

I tubi costruiti con processo Mannesmann si costruiscono fino a diametri, se non erro, di 550 o al massimo 600 mm.

Gli altri raggiungono diametri notevolmente più grandi; per ora il limite è fissato dal peso dei masselli che vengono impiegati per ricavarli.

*Giunzioni trasversali dei tubi.*

Credo opportuno fare anche un accenno alle giunzioni trasversali dei tubi perchè esse hanno molta importanza.

Le più comunemente adottate sono le seguenti: a semplice sovrapposizione a cannocchiale; a imbuto chiodato; a manicotto chiodato; a bicchiere piombato dall'interno o dall'esterno; a flangia del tipo fisso o girevole (v. figg. 10, 11, 12, 13, 14). Esistono poi anche altri tipi speciali che mi sembra inutile ricordare perchè di impiego limitatissimo.

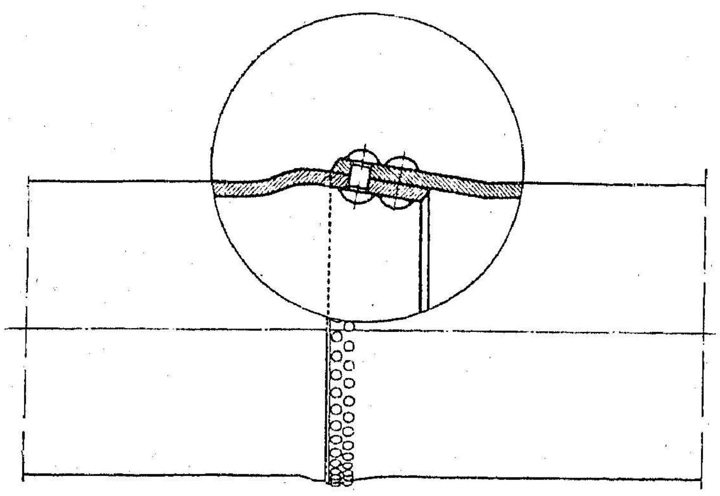


Fig. 10. - Giunzione ad imbuto chiodato: chiodatura doppia.

Le giunzioni a semplice sovrapposizione chiodata sono caratteristiche dei tubi chiodati; sono ottime, come resistenza, ma influiscono notevolmente sulla perdita di carico.

Le giunzioni ad imbuto chiodato, caratteristiche dei tubi saldati, sono assai migliori delle precedenti perchè, se la sagoma dell'imbuto è bene studiata, le teste dei chiodi sono tutte nascoste nella nicchia dell'imbuto, e quindi influiscono assai meno sulla perdita di carico.

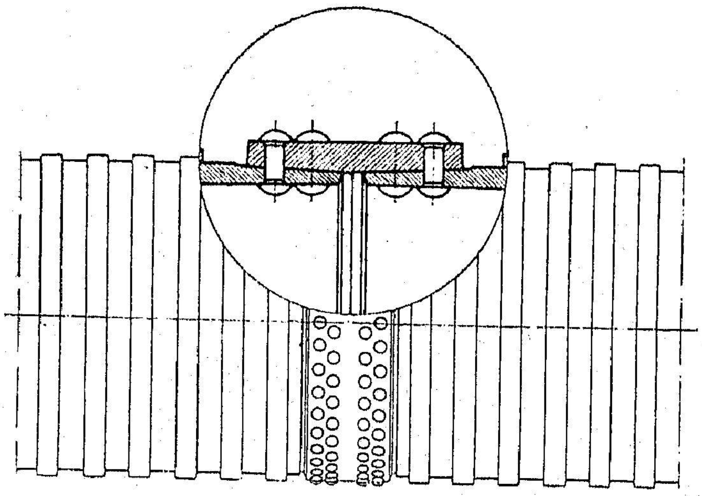


Fig. 11. - Giunzione a manicotto con doppio imbocco conico tornito, chiodatura doppia.

Le giunzioni a manicotto chiodato sono certamente fra le migliori; esse si prestano anche a sopportare notevoli sforzi assiali e, con opportuni accorgimenti, sono anche buone nei riguardi della perdita di carico. Si usano principalmente per i tubi saldati di notevole spessore e per i tubi blindati.

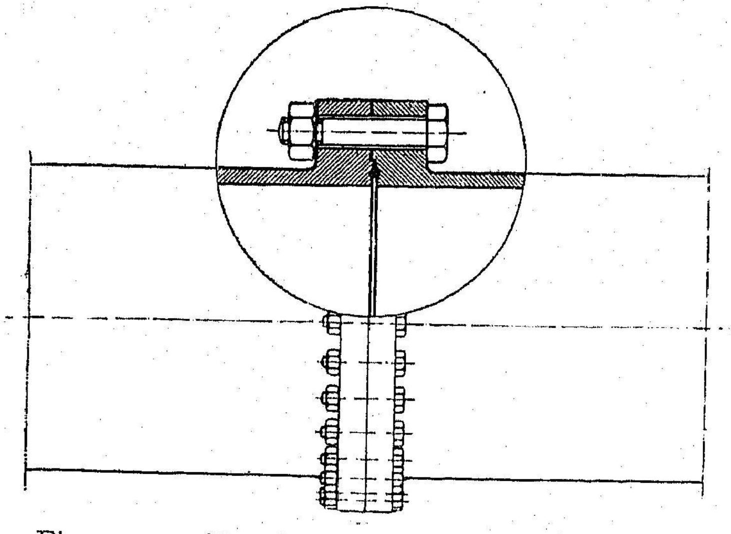


Fig. 12. - Giunzione a flange del tipo fisso.

Le giunzioni a bicchiere piombato con guarnizione e piombatura dall'esterno sono caratteristiche degli acquedotti e delle tubazioni interrate di piccolo diametro.

Quelle con applicazione della guarnizione e piombatura dall'interno sono di grande utilità nelle tubazioni in pozzo che vanno murate e quindi sono inaccessibili dall'esterno. Queste giunzioni annullano completamente gli sforzi di tensione nel senso assiale, funzionando come altrettanti giunti di dilatazione, rendono il montaggio facilissimo e rapidissimo e, se bene eseguite, realizzano una tenuta perfetta. In un impianto di recentissima costruzione, costituito da tubi aventi un diametro variabile da 2000 mm a 1620 mm e raggiungente la pressione di 76 atm, tutte le giunte normali (circa 230) sono di questo tipo.

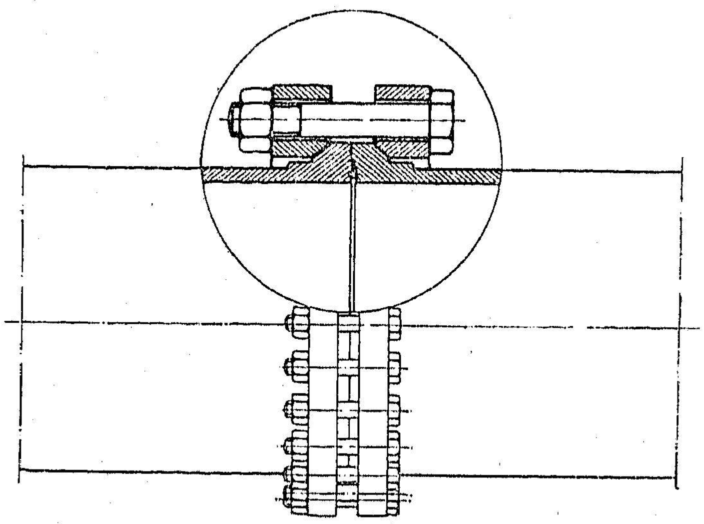


Fig. 13. - Giunzione a flange del tipo girevole.

Alle prove, una sola (posta ad un carico di circa 10 atm) ha accusato qualche goccia d'acqua di perdita; tutte le altre sono risultate perfettamente stagne. A mio giudizio, per le tubazioni in pozzo, saldate o blindate, questo è il tipo migliore di giunzione e, tutto sommato, è anche il più economico. Il rifacimento di una guarnizione è questione di ore ed è operazione facilissima.

Le giunzioni a flangia sono troppo note per dilungarsi su di esse. Sono particolarmente utili nei collettori, dove esistono

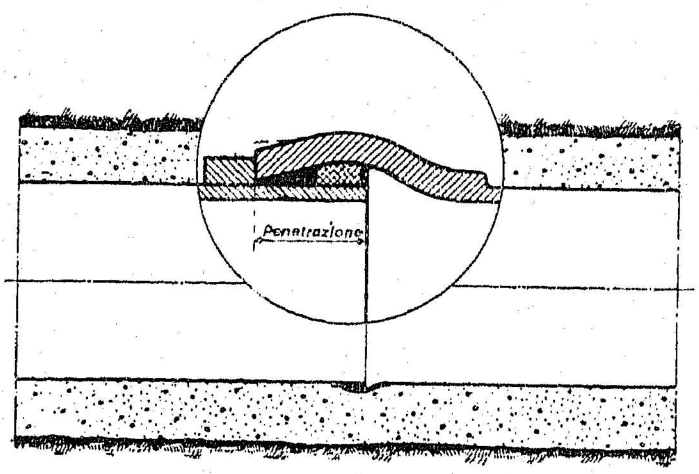



Fig. 14. - Giunzione a bicchiere piombato dall'interno della tubazione.

notevoli sforzi assiali, dove può occorrere di smontare rapidamente dei tubi. Il tipo di flangia girevole poi permette di far ruotare il tubo attorno al suo asse fino a raggiungere l'orientamento voluto. Esse rappresentano però il tipo di giunzione più costoso.

*Elementi di fusione.*

Prima di ultimare la rassegna degli elementi costituenti la condotta forzata, è opportuno accennare agli elementi di fusione.

Sono essenzialmente di acciaio fuso. Trovano il loro maggiore impiego nei tratti di tubazione blindata e nei collettori o distributori (v. figg. 6 e 7).

Nei tratti di tubazione blindata sono di acciaio fuso tutti i gomiti, perchè non è possibile blindare elementi curvi. Nei primi impianti blindati si facevano in acciaio fuso anche certi elementi speciali portanti il passo d'uomo; ora si trova assai più conveniente far funzionare da passo d'uomo il giunto di dilatazione, se esiste, munendo di attacco a flangia il tubo maschio. Togliendo i bulloni del giunto e infilando il maschio nella femmina, si ottiene un ottimo accesso all'interno della tubazione.

Nei collettori e distributori i getti in acciaio fuso servono principalmente per gli elementi di suddivisione o di derivazione.

I pozzi piezometrici fanno oggetto di un'altra relazione. Io qui ricorderò solamente la loro funzione (vedi figg. 16 e 17).

Quando l'acqua arriva all'imbocco della condotta forzata attraverso lunghi tubi-canale o lunghe gallerie sotto pressione, s'impone sempre l'applicazione di un pozzo piezometrico fra l'estremità del canale e l'inizio della condotta forzata. Le sue funzioni sono molteplici; io rammenterò soltanto che il pozzo piezometrico sottrae ad un colpo d'ariete, avente la sua origine a valle, tutto il tubo-canale o la galleria a monte, trasformando l'urto violento del colpo d'ariete in un lento aumento di pressione, annullando quindi tutto il carattere più pericoloso del colpo d'ariete stesso. Esso inoltre serve anche a mitigare le depressioni del tubo-canale a monte per brusca chiamata di acqua dalle macchine, inquantochè, colle sue oscillazioni, dà una immediata alimentazione alla condotta forzata fino a che si mette a regime il canale.

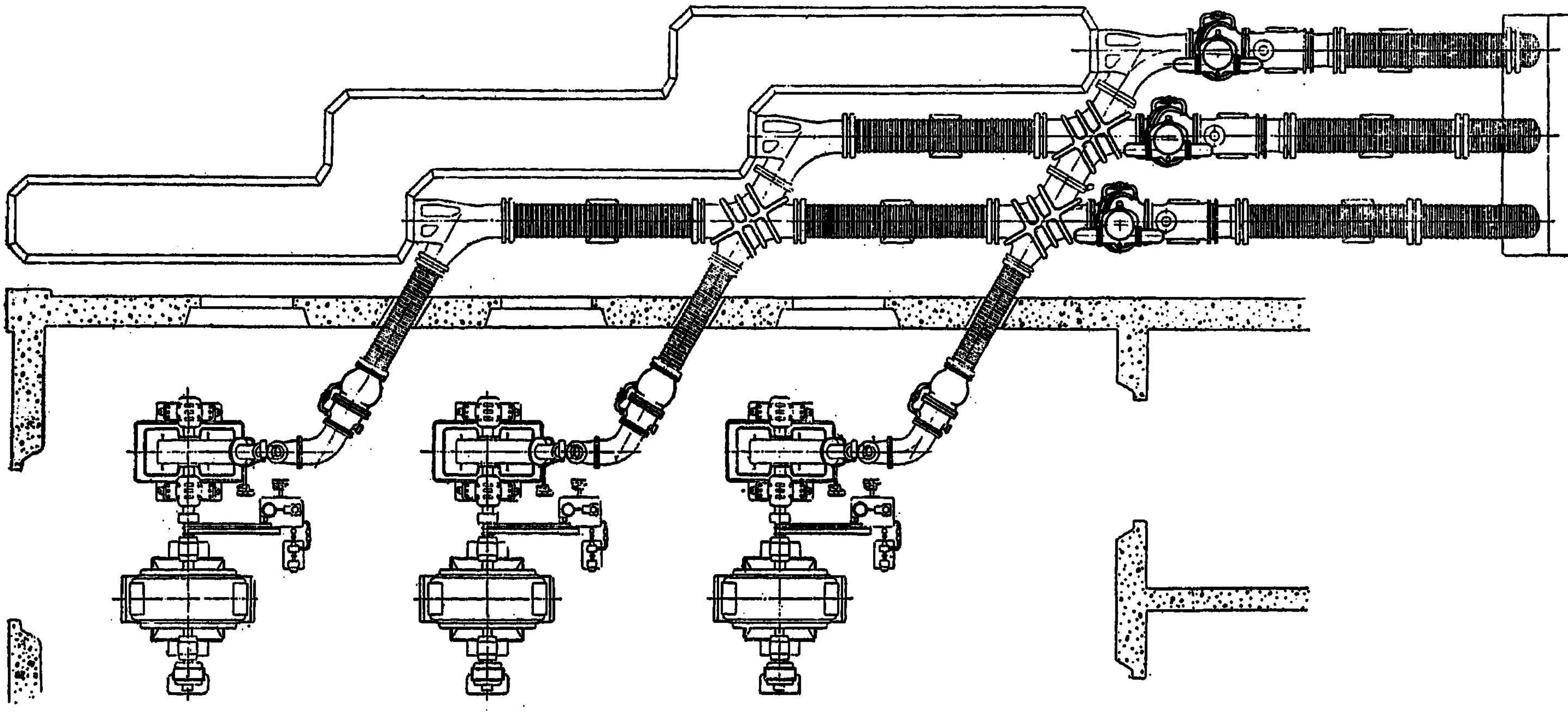


Fig. 15. - Tipo di collettore con derivazioni oblique per meglio assecondare il movimento dell'acqua.

Nello studiarne la forma è opportuno cercare di assecondare al massimo l'andamento dei filetti fluidi. Le derivazioni è assai opportuno che partano oblique dal tubo principale, non ad angolo retto (1). Le derivazioni a boccia sferica provocano in alcuni casi moti dell'acqua a spirale nel tubo derivato, con discapito del rendimento della macchina, specie se questa è una Pelton. Qualche costruttore di turbina non vuole addirittura le derivazioni a boccia sul collettore, o almeno esige che nel tubo derivato, fra la boccia e la macchina, siano fissati due diaframmi diametrali atti a rompere il movimento a spirale dell'acqua.

Tutti questi elementi di fusione hanno giunzioni a flangia. Ogni altro tipo di giunzione è sconsigliabile. Questi elementi sono sempre assai pesanti e costosi; conviene quindi ridurli al minimo.

Dispositivi di sicurezza.

Si possono considerare dispositivi di sicurezza: la griglia, il pozzo piezometrico, se esiste, l'apparecchio a chiusura automatica per eccesso di velocità dell'acqua.

Una griglia fina all'imbocco della condotta forzata è sempre da consigliare; essa diventa poi indispensabile quando l'acqua arriva al bacino di carico a mezzo di un canale all'aperto. I corpi solidi galleggianti, o comunque trascinati dall'acqua, possono recare danni o notevoli disturbi alle macchine, o producendo addirittura guasti nei distributori o negli ugelli delle turbine, ovvero, specialmente a funzionamento parzializzato, incastrandosi in essi e impedendone la completa chiusura. Nello studiare le griglie in oggetto occorre tener presente che esse devono essere frequentemente e con facilità ripulite.

(1) Confronta fig. 15 con figg. 6 e 7.

Gli apparecchi automatici di chiusura per eccesso di velocità dell'acqua hanno ormai raggiunto una larghissima diffusione e sono costantemente adottati negli impianti moderni. Si può dire che qualunque tipo di organo di chiusura potrebbe prestarsi a questo scopo (fig. 19). Il tipo però che è più generalmente diffuso è quello con valvola a farfalla (figg. 16, 17 e 18).

Nell'interno della condotta forzata, a monte od a valle dell'apparecchio di chiusura (meglio a monte) e nelle sue immediate vicinanze, è applicata una palmola generalmente circolare offrente la sua superficie maggiore all'urto dell'acqua in movimento. Il braccio portante la palmola, per mezzo di un sistema di leve, fa arrivare lo sforzo dell'acqua sulla palmola al meccanismo comandante l'organo di chiusura. Quest'ultimo tenderebbe sempre a chiudersi per l'azione di un contrappeso o di altro dispositivo equivalente, ma è bloccato in apertura da uno speciale congegno. Quando la velocità dell'acqua supera un certo limite prefissato, la spinta idrodinamica che si esercita sulla palmola riesce a vincere la resistenza del congegno di blocco sopraccennato, liberando il meccanismo dell'apparecchio. Il contrappeso allora, o chi per esso, interviene chiudendo l'apparecchio.

È ovvia l'importanza di questi organi di chiusura automatici. In caso di uno scoppio di tubi, si ha l'immediato arresto del deflusso e quindi le conseguenze della rottura vengono enormemente limitate, giacchè l'acqua che potrà uscire dalla rot-

tura è poco più di quella che trovasi nella tubazione a monte della rottura stessa.

Questi apparecchi devono avere la caratteristica di essere tarabili; di potere cioè scegliere la velocità dell'acqua che provoca lo scatto, e quindi la chiusura, entro limiti di una certa

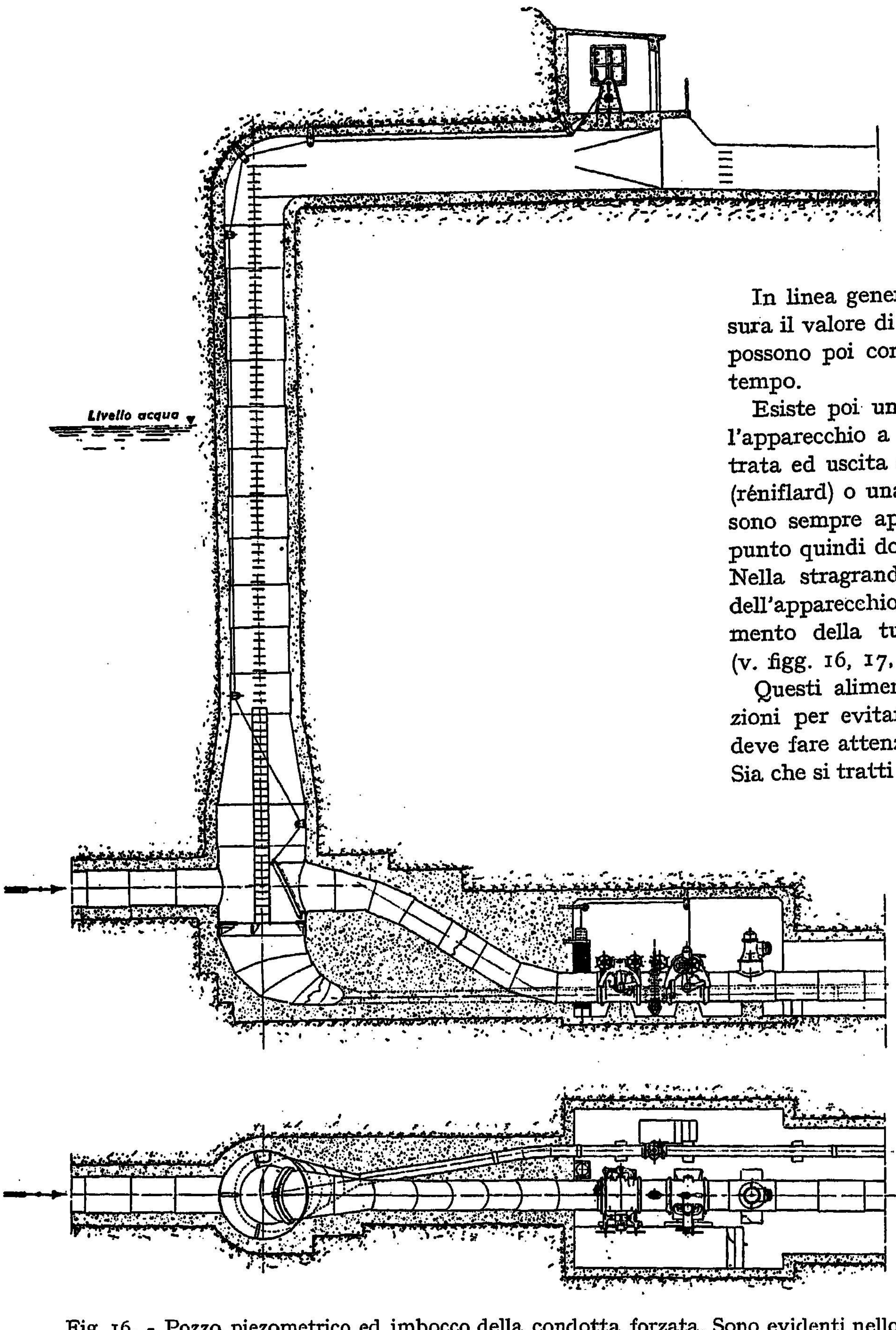



Fig. 16. - Pozzo piezometrico ed imbocco della condotta forzata. Sono evidenti nello schizzo: 1) lo scarico di fondo del pozzo; 2) la griglia all'imbocco della condotta forzata; 3) l'anello per la manovra di ribaltamento e pulizia della griglia; 4) le due valvole a farfalla, di cui una a funzionamento automatico; 5) la valvola di uscita e rientrata d'aria.

ampiezza. Nel tarare gli apparecchi occorre por mente alla considerazione che essi devono permettere, senza scattare, il passaggio dell'acqua per tutte le portate che possono essere utilizzate dalle turbine fino al loro pieno carico. È assai opportuno anzi lasciare ancora un margine oltre il pieno carico di tutte le macchine attingenti dalla tubazione, altrimenti si corre il rischio di provocare interruzioni dell'esercizio tutte le volte che si ha anche un leggero sovraccarico delle macchine. Difatti, data la natura stessa degli apparecchi e la loro ubicazione, è impossibile pretendere una assoluta precisione e costanza nel loro punto di intervento sul diagramma delle velocità Essi devono intervenire soltanto quando una causa di natura assolutamente eccezionale provoca notevoli aumenti di velocità dell'acqua, al di là di quella necessaria all'alimentazione delle turbine. La taratura di questi apparecchi deve avvenire per una portata del venti o del trenta per cento superiore a quella del massimo carico delle macchine servite.

La chiusura degli apparecchi deve poi avvenire con una certa relativa lentezza per evitare o notevoli colpi d'ariete a monte, ovvero innalzamenti eccessivi del pelo liquido nel pozzo piezometrico, se questo esiste. Occorre quindi che il meccanismo di comando di questi apparecchi sia anche munito di un freno, pure tarabile.

In linea generale si adotta come durata del tempo di chiusura il valore di circa 30 minuti secondi. Circostanze particolari possono poi consigliare l'aumento o la diminuzione di questo tempo.

Esiste poi un altro organo che deve sempre accompagnare l'apparecchio a chiusura automatica: questo è l'organo di entrata ed uscita dell'aria e può essere o un tubo d'aspirazione (réniflard) o una valvola. Gli apparecchi di chiusura automatica sono sempre applicati all'inizio a monte della tubazione; nel punto quindi dove è massimo il diametro e minimo lo spessore. Nella stragrande maggioranza dei casi perciò, la mancanza dell'apparecchio di entrata dell'aria porterebbe allo schiacciamento della tubazione a valle dell'apparecchio automatico (v. figg. 16, 17, 18 e 19).

Questi alimentatori d'aria devono avere sufficienti proporzioni per evitare le depressioni interne. Nei loro riguardi si deve fare attenzione anche ad un altro guaio che può nascere. Sia che si tratti di tubi o di valvole, in essi esistono sempre piccole masse di acqua ferma. Siccome sono posti nel punto più alto dell'impianto, e quindi generalmente a quote assai elevate, sorge il pericolo del congelamento di questa acqua stagnante. Senza neanche voler considerare le rotture che il congelamento può provocare, sta sempre il fatto che se questa acqua gela, o forma un grosso tampone nel tubo réniflard che impedisce il passaggio dell'aria, o blocca l'organo che apre la valvola (generalmente un galleggiante). Questi apparecchi di entrata d'aria quindi devono essere protetti dal gelo.

Ho accennato prima a uscita e entrata dell'aria. Nel caso del réniflard questo avviene sempre. Nel caso delle valvole, queste devono essere studiate in modo che, a tubazione vuota, rimangano sempre aperte. Difatti, dopo scattato l'apparecchio automatico di chiusura, ovvero dopo chiuso in altro modo qualsiasi un comune apparecchio di chiusura, la tubazione si riempie generalmente attraverso un by-pass. Se non esiste un apparecchio di uscita dell'aria contenuta nella tubazione, quest'aria non può uscire che dalla stessa apertura dalla quale entra l'acqua. Ciò provocherebbe dapprima un notevole rallentamento nell'operazione di riempimento e poi degli scuotimenti che si devono evitare.

Le valvole a farfalla a chiusura automatica vengono in generale montate in ambienti che non rappresentano l'ideale per la loro conservazione. In generale le camere di manovra sono in caverne o in gallerie e sono quindi umide. Ciò può facilitare il nascere di resistenze passive nel meccanismo di comando, che possono arrivare fino ad impedirne il funzionamento. D'al-

tra parte questi apparecchi non devono servire alle comuni manovre imposte dall'esercizio. Questo fatto impone due misure di precauzione: è in primo luogo necessario controllare periodicamente le condizioni di funzionabilità dell'apparecchio ed è in secondo luogo necessario disporre sull'apparecchio un comando a distanza, manovrato dalla centrale.

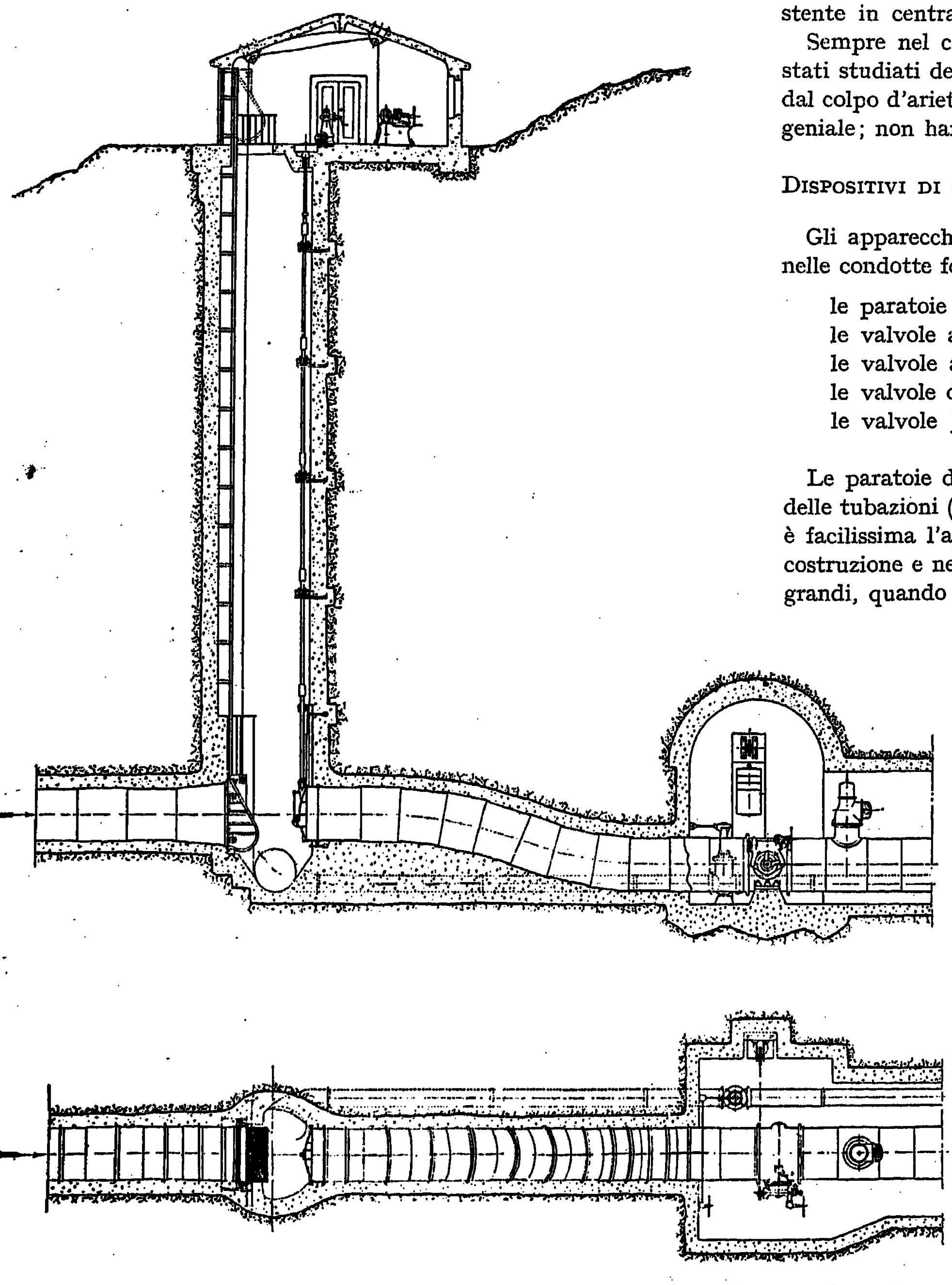


Fig. 17. - Altro dispositivo di pozzo piezometrico fra la galleria forzata e la condotta forzata Sono evidenti: 1) la griglia allo sbocco della galleria forzata ed il relativo arganello per le manovre di pulizia; 2) la paratoia circolare (organo di chiusura) all'imbocco della condotta forzata; 3) la valvola automatica a farfalla e la valvola di uscita e rientrata dell'aria (organi di sicurezza); 4) lo scarico di fondo del pozzo.

Il provare se l'apparecchio funziona, porta a farlo chiudere e perciò ad interrompere l'esercizio. Qualche costruttore ha già provveduto i propri apparecchi di un semplice dispositivo per cui, manovrando a mano una leva, si libera il contrappeso. Se questo comincia la sua corsa di discesa e quindi comincia a chiudere la farfalla, dopo un brevissimo tratto interviene un arresto che ferma tutto. Si è così raggiunto lo scopo di constatare che l'apparecchio funziona senza interrompere l'esercizio. Col comando a mano poi si riapre totalmente l'apparecchio.

Il comando di chiusura a distanza dalla centrale, sopra accennato, è sempre elettrico. Anche esso serve a provocare la chiusura dell'apparecchio qualora fosse bloccata la palmola. Questo comando elettrico però deve attingere l'energia necessaria ad una sorgente diversa da quella prodotta dall'acqua della tubazione. Se così non fosse, difatti, in occasione di un disastro per il quale la centrale si fermasse, mancherebbe l'energia per manovrare la valvola, qualora fosse mancato l'automatismo. Generalmente serve la batteria d'accumulatori esistente in centrale.

Sempre nel campo della sicurezza accennerò solo che sono stati studiati dei dispositivi per proteggere la condotta forzata dal colpo d'ariete, basati su diversi principi e qualcuno è anche geniale; non hanno però avuto pratica applicazione.

### Dispositivi di chiusura.

Gli apparecchi di semplice chiusura più comunemente usati nelle condotte forzate sono:

- le paratoie di tipo circolare con diaframma fuso;
- le valvole a saracinesca;
- le valvole a farfalla;
- le valvole di tipo sferico ad otturatore rotante;
- le valvole Johnson e tipi similari.

Le paratoie di tipo circolare si applicano ai tubi d'imbocco delle tubazioni (v. fig. 17) realizzando un'ottima tenuta; in esse è facilissima l'applicazione di un by-pass, sono semplici nella costruzione e nel funzionamento e, specialmente per i diametri grandi, quando l'altezza del piano di manovra non è notevole sull'asse del tubo, sono anche più economiche, ad esempio, delle valvole a saracinesca. In esse, dato il loro modo di funzionamento, si può anche molte volte ammettere che il diaframma sia di ghisa.

Le valvole a saracinesca rappresentano certamente un ottimo apparecchio di chiusura (v. fig. 18), in cui è facile realizzare una tenuta perfetta; si prestano anche a realizzare la tenuta nei due sensi. Questo tipo di apparecchio di chiusura, fino ad oggi, è quello che è stato più largamente usato. Si possono costruire saracinesche col corpo a sezione piatta od ovale per le bassissime pressioni (sopratutto per gli acquedotti) e col corpo a sezione rotonda per tutte le pressioni. Detto tipo di apparecchio è piuttosto ingombrante, specialmente nel senso dell'altezza e risulta anche notevolmente pesante e costoso; esso si presta male al funzionamento parzializzato, perchè la lente è soggetta ad oscillazioni ed urti. Questo inconveniente è specialmente grave quando le velocità dell'acqua sono notevoli, come ad esempio negli scarichi. La manovra di apertura e di chiusura si svolge nelle migliori condizioni quando la valvola è equilibrata, quando cioè sono uguali le pressioni a monte ed a valle. Perciò questo tipo di apparecchio è consigliabile che sia accompagnato dal by-pass. Le saracinesche sono anche largamente usate come apparecchi di chiusura delle macchine.

Le valvole a farfalla sono pure usate come apparecchi di chiusura. Anche queste si comportano male a funzionamento parzializzato, dando luogo a vibrazioni noiose e pericolose. È inoltre noto che dalle valvole a farfalla, per quanto accurata ne sia la costruzione, non si può pretendere una tenuta perfetta. In molti impianti, dove nelle vicinanze dell'imbocco esiste una valvola a farfalla automatica, viene applicata in serie con questa, e vicina, un'altra valvola a farfalla con comando a mano od a

motore o idraulico (fig. 16). Di queste due valvole, la prima a monte trattiene la grande massa dell'acqua perdendone una certa quantità; questa perdita, arrivando nel tratto tra le due valvole, trova uno scarico dal quale esce; quindi, la seconda valvola, mancando nell'intervallo la pressione, riesce a realizzare la tenuta e a mantenere asciutta la condotta. Questo sistema è certamente economico, inquantochè la seconda valvola a farfalla costa assai meno di una saracinesca o di una paratoia circolare. Ma se si tratta di impianti attingenti da un serbatoio, porta inevitabilmente a perdere dell'acqua in quantità notevole, specialmente se le interruzioni dell'esercizio sono prolungate (come ad esempio avviene nelle centrali esclusivamente di punta).

La valvola a farfalla, poi, è assolutamente da sconsigliare sui distributori o come organo di chiusura delle macchine.

Come organi di chiusura normale a funzionamento equilibrato, tutti i tipi di valvola sferica sono buoni.

Le valvole di tipo Johnson e di tipi simili sono pure ottime (fig. 19); loro caratteristica preminente è quella di prestarsi, meglio di ogni altro tipo, nei funzionamenti parzializzati. Esse sono state anche adoperate come saracinesche di macchina. Realizzano una tenuta perfetta in buone condizioni di funzionamento. Se sono chiamate a funzionare continuamente, e se le acque non sono limpide, vanno però soggette ad una facile usura delle sedi di tenuta, con scapito della ermeticità.

Questi tipi di apparecchi rappresentano certamente la migliore soluzione per gli scarichi di fondo dei serbatoi.

Una previdenza di carattere generale da osservare nelle tubazioni forzate è quella di mettere sempre un apparecchio di entrata e di uscita dell'aria immediatamente a valle di un apparecchio di chiusura, quando quest'ultimo viene applicato, per un qualsiasi motivo, nella parte alta della tubazione, dove le condizioni di diametro del tubo e di spessore della parete rendono possibile lo schiacciamento del tubo stesso per effetto della pressione atmosferica esterna, se all'interno si forma una depressione.

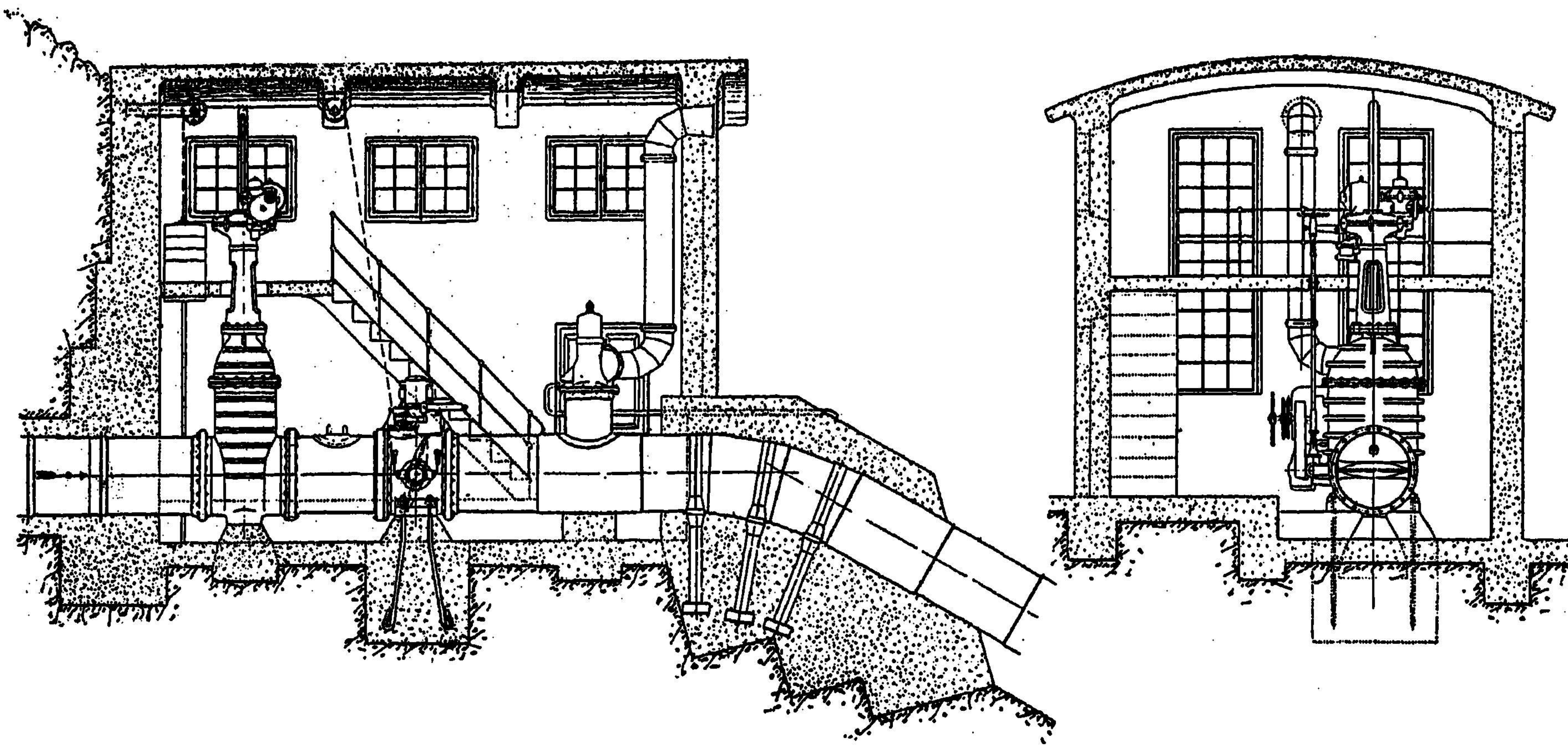


Fig. 18. - Schema di un gruppo di apparecchi di chiusura e di sicurezza. L'organo di tenuta è una saracinesca con comando a mano ed a motore. Gli organi di sicurezza sono una valvola automatica a farfalla e la valvola di uscita e rientrata d'aria.

Le valvole di tipo sferico ad otturatore rotante sono state introdotte di recente. Ne esistono ormai parecchi tipi e in tutti sono caratteristici la forma sferica dell'involucro e il movimento rotante dell'otturatore. Dove i diversi tipi si differenziano l'uno dall'altro è nel sistema che realizza la tenuta.

Sono valvole certamente ottime e meno ingombranti delle saracinesche, quindi più adatte di quelle nei collettori, dove molte volte il progettista è alle prese con lo spazio, specialmente nel senso dell'altezza. Relativamente al peso, però, costano di più delle saracinesche.

Questo tipo di valvola è assolutamente da sconsigliare per funzionamenti parzializzati; in tali condizioni si provocano vibrazioni notevoli e nascono anche fenomeni di cavitazione. Questo argomento ha formato anche l'oggetto di una pubblicazione su questa Rivista. In qualche tipo la manovra di apertura e di chiusura si può effettuare anche senza l'equilibrio delle pressioni a monte ed a valle, sottostando, naturalmente, al fenomeno vibratorio durante l'operazione. Qualche altro tipo, invece, ha bisogno dell'equilibrio delle pressioni per la manovra. Questi ultimi tipi non sono consigliabili perciò come saracinesche di macchina, perchè gli otturatori delle turbine, specialmente del tipo Francis, dopo qualche tempo d'esercizio non tengono e quindi la valvola si squilibra nella manovra. In un recente impianto, infatti, uno di questi tipi di valvola, adoperato come saracinesca di macchina, ha generato dei disturbi che non sono ancora stati eliminati.

In queste condizioni di grande diametro e di piccolo spessore è bene anche mettere un apparecchio di entrata d'aria nei gomiti a ginocchio, dove cioè si passa bruscamente, nella direzione monte-valle, da una piccola ad una grande inclinazione, perchè, come si è già detto, in queste posizioni può provocarsi la rottura della vena liquida in seguito ad un repentino aumento di portata, per chiamata delle turbine.

*Scarichi di fondo.*

Ritengo opportuno parlare di questo accessorio in tema di apparecchi di chiusura, perchè il suo funzionamento è appunto affidato a speciali apparecchi di chiusura.

Lo scopo principale degli scarichi di fondo è quello di poter effettuare un rapido svuotamento della condotta forzata allorchè il deflusso non può avvenire attraverso le macchine. Di regola, quindi, sono derivati dai distributori o dai collettori e terminano nel canale di scarico.

Dati gli alti valori che in questi tubi assume la velocità dell'acqua, essi vanno frequentemente e solidamente ancorati,

per smorzare le vibrazioni che tale velocità in essi produce. Siccome però le loro dimensioni sono sempre assai piccole rispetto a quelle dei tubi dai quali sono derivati, occorre stare molto attenti nel determinare la posizione del primo ancoraggio. Difatti, i tubi distributori o collettori sono in genere soggetti a deformazioni sopratutto di carattere elastico. Quando, ad esempio, un collettore è ancorato all'estremità di monte ed ha una certa lunghezza, la sua estremità a valle fa degli spostamenti notevoli, dovuti all'allungamento elastico del tubo sotto la sollecitazione provocata dalla pressione. Il tubo dello scarico di fondo derivato, al suo attacco è evidentemente costretto a seguire questo spostamento; se il primo ancoraggio è molto vicino, si provoca la rottura della giunzione perchè la sua resistenza, date le modeste dimensioni, è senza dubbio inadeguata allo sforzo che esercita il tubo principale allungandosi. Quando perciò lo scarico di fondo è derivato dal tubo collettore in una posizione dove possono avvenire degli spostamenti, il suo primo ancoraggio deve essere ad una sufficiente distanza dal punto di derivazione, in modo che il tratto dello scarico esistente fra l'ancoraggio e l'attacco possa seguire elasticamente gli spostamenti dell'attacco stesso, senza eccessive sollecitazioni.

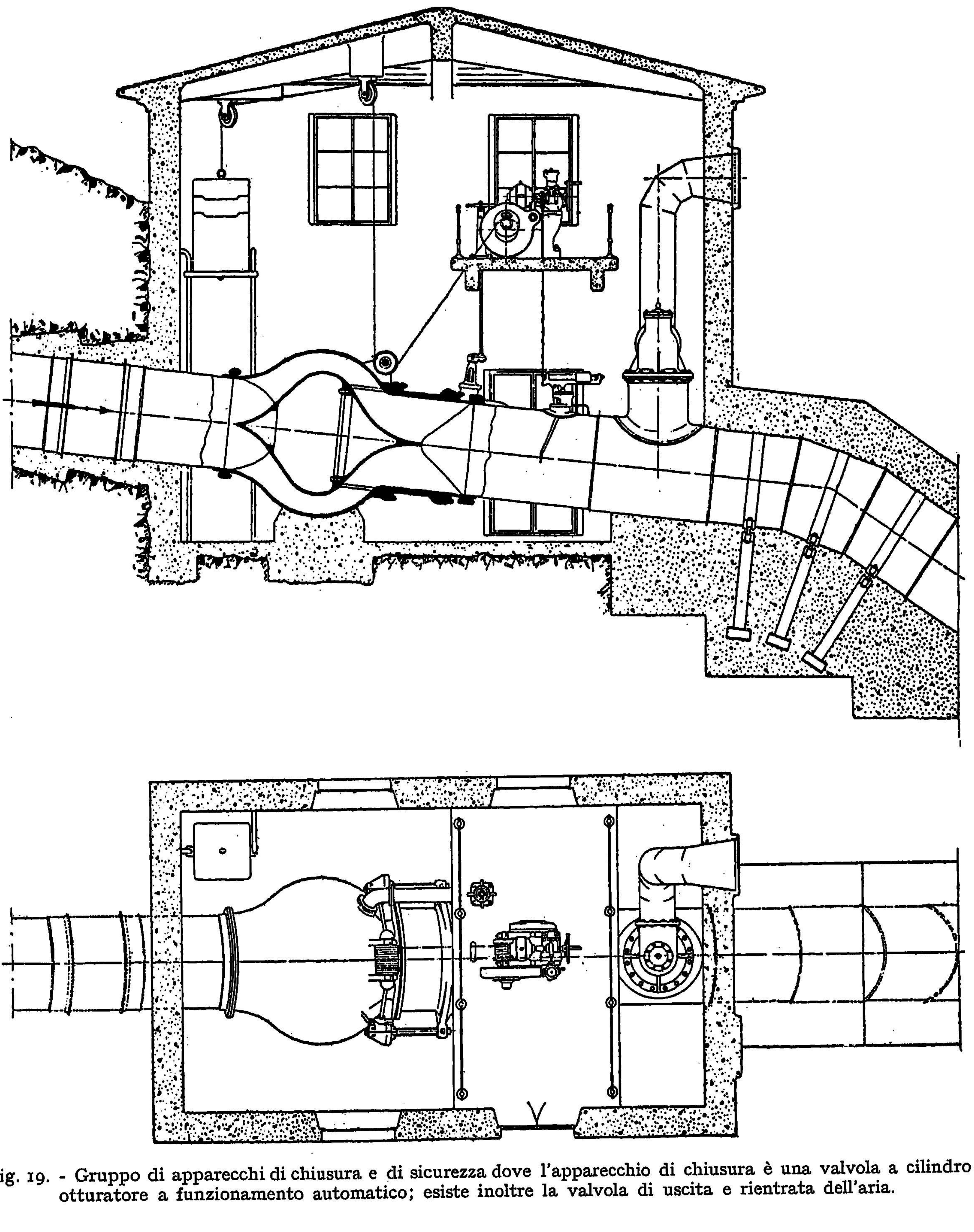


Fig. 19. - Gruppo di apparecchi di chiusura e di sicurezza dove l'apparecchio di chiusura è una valvola a cilindro otturatore a funzionamento automatico; esiste inoltre la valvola di uscita e rientrata dell'aria.

Ho visto più di una volta demolire il primo ancoraggio dello scarico di fondo, perchè le deformazioni diventavano pericolose. In un caso di un distributore ho misurato io stesso, nel punto di attacco dello scarico di fondo, allungamenti di mm 14,5 nel tubo distributore, variando la pressione dallo zero al massimo: questo fu uno dei casi nei quali appunto si dovette modificare l'ancoraggio dello scarico, e si ottennero buone condizioni mettendo il primo ancoraggio a circa tre metri di distanza.

Quando le pressioni sono piccole, per esempio fino a circa 30 atmosfere, come organo di chiusura dello scarico di fondo si può adoperare una comune saracinesca del tipo tondo con

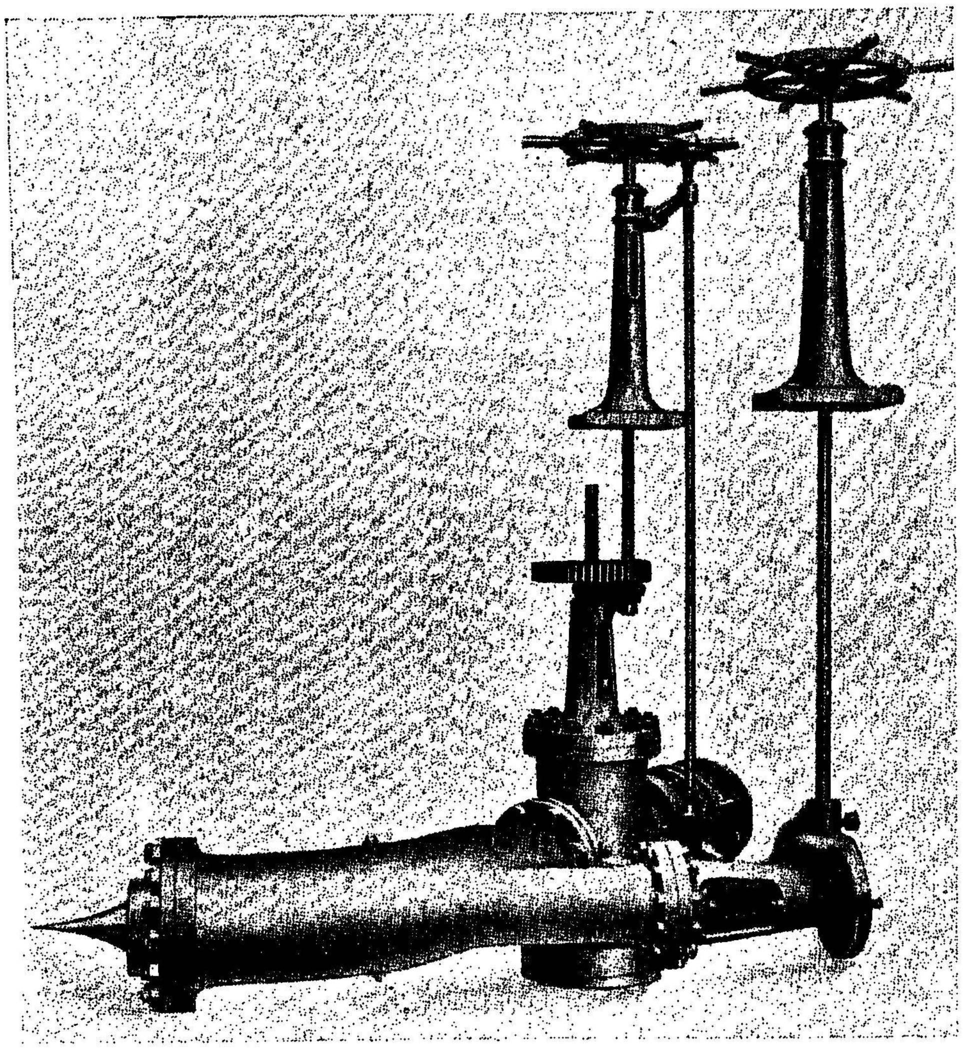


Fig. 20. - Valvola a spillo per scarichi ad alta pressione accoppiata ad una saracinesca.

comando a vite esterna; meglio ancora se la saracinesca è munita, sotto la lente, di anello di guida della vena liquida.

Per le pressioni maggiori, e sempre per le altissime pressioni, è opportuno applicare uno scaricatore a spillo (fig. 20). Il funzionamento di questo apparecchio è ottimo; infatti esso si comporta perfettamente come il normale ugello di una turbina Pelton. Questo apparecchio però non va applicato solo, a monte di esso occorre mettere anche una saracinesca (fig. 21). Difatti l'otturatore a spillo, mentre serve magnificamente nella manovra di apertura sotto pressione, perde rapidamente, con l'uso, la sua facoltà di tenuta, specialmente se scarica acque sabbiose. Perciò alla saracinesca è affidato il compito della tenuta a scarico chiuso. Avendo poi l'accortezza di aprire e di chiudere la saracinesca a spillo chiuso, questa conserva indefinitamente le sue facoltà di ottima tenuta in quanto viene sempre manovrata a pressioni equilibrate.

Quando la pressione di esercizio è molto elevata, sorge anche il problema dello smorzamento del getto.

Una Consociata ha segnalato il caso, a me già noto, di uno scarico funzionante a circa 80 atm. Lo spillo è collocato in testa al canale di scarico delle turbine ed ha sopra un cuscino d'acqua dello spessore minimo di 80 cm. A 60 metri circa dallo spillo il canale è sbarrato da un traversa provocante uno stramazzo. Soltanto a due o tre decimi di apertura si producevano notevoli vibrazioni e rumori ed un'onda di spostamento dell'acqua del canale fino a rendere il primo tratto del getto libero e per un momento quasi silenzioso; subito dopo il getto veniva nuovamente sommerso dall'ondata di ritorno, con forti rumori. Il fenomeno si ripeteva alternativamente provocando il parziale vuotamento del canale. Evidentemente, per adottare un dispositivo di questo genere, occorre disporre di cuscini d'acqua di altezza notevolmente maggiore. Forse migliore è invece il sistema di far agire lo spillo in un pozzo di profondità tale da attenuare l'effetto del getto sul fondo. In ogni modo, però, il fondo deve sempre essere formato da un piastrone di lamiera o meglio da un piastrone fuso, perchè qualunque rivestimento in muratura od in bolognini verrebbe inevitabilmente sgretolato e scalzato.

In alcuni casi (centrale della Società del Barbellino, centrale

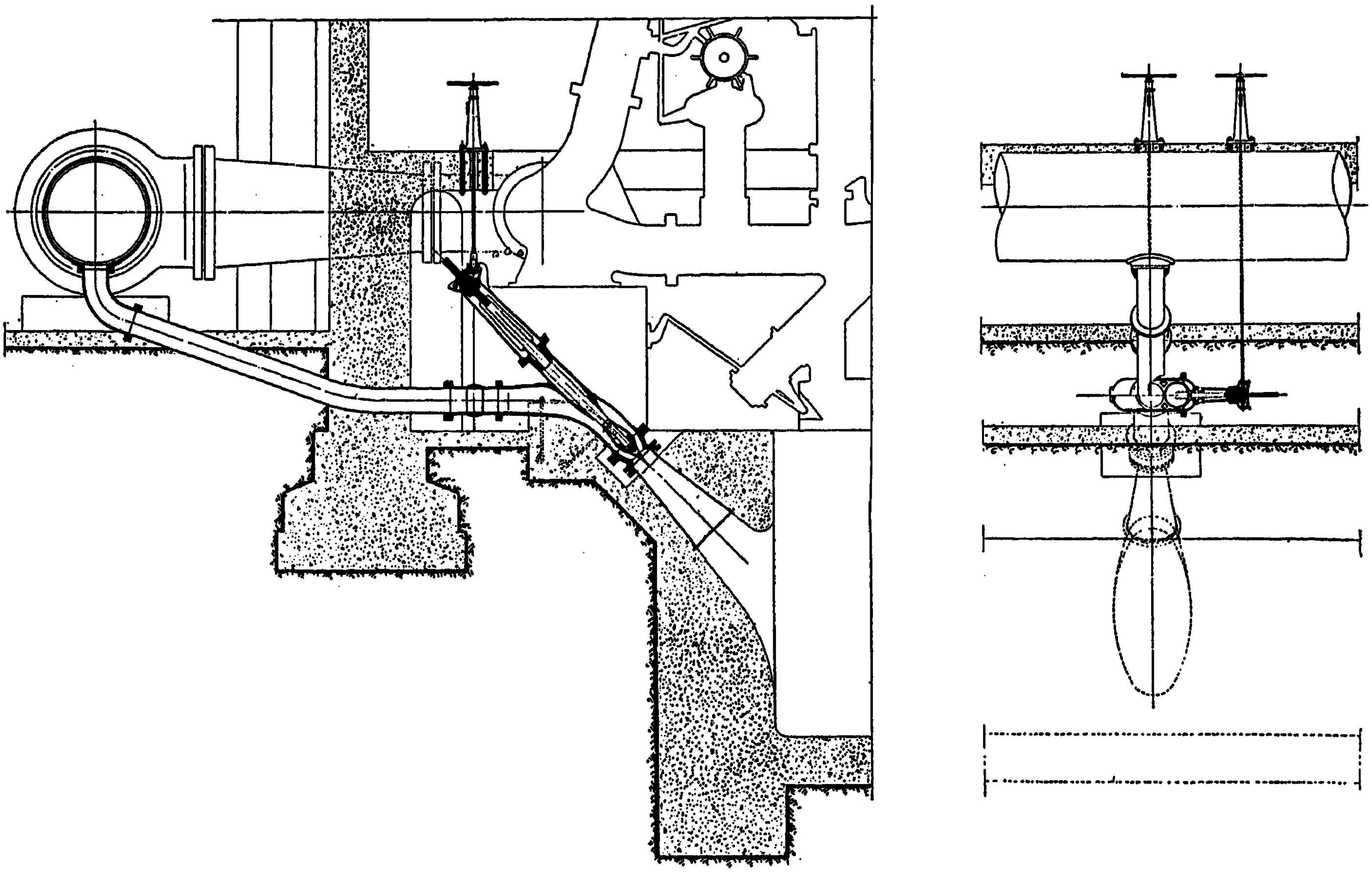


Fig. 21. - Schema di uno scarico di fondo per condotta forzata ad alta pressione, costituito da una saracinesca con anello di guida della vena fluida e da una valvola a spillo.

di Campliccioli della Società Edison) vi erano le condizioni favorevoli per lo scarico direttamente all'aperto. Questa è la soluzione certamente ideale. Il getto, in questi due casi, cade nel bacino a più di cento metri di distanza dall'origine sotto forma di un pennacchio di pioggia.

Non conosco, per ora, speciali tipi di smorzatori per questi getti.

ACCESSORI.

Conviene esaminare separatamente i diversi accessori che servono in una condotta forzata. I principali sono:

- le selle di appoggio;
- i passi d'uomo;
- i giunti di dilatazione;
- la ferramenta d'ancoraggio;
- i telai di guida;
- i giunti di smontaggio;
- gli organi di sfiato;
- gli apparecchi di misura della portata.

*Selle di appoggio.*

Sono di tipo svariatissimo, a seconda delle particolari esigenze cui devono soddisfare.

La sella vera e propria è sempre applicata alla sommità di un muretto che fa da sostegno della tubazione.

Nel determinare la distanza dei muretti occorre tener presenti due circostanze; in primo luogo, in una livelletta, il tubo si comporta come una trave continua su appoggi fissi, che sono appunto le selle. Qualora quindi la distanza di queste ultime risulti notevole rispetto al diametro del tubo, occorre fare la verifica delle sollecitazioni che il peso proprio del tubo ed il peso dell'acqua contenuta provocano nella parete e nelle giunzioni trasversali. In secondo luogo, siccome i tubi normali di una livelletta sono pressapoco di uguale lunghezza, occorre che la distanza delle selle abbia una certa relazione con la lunghezza dei tubi, affinchè non capiti che qualche giunzione cada in corrispondenza dell'appoggio.

La sella trasmette al muretto, oltrechè uno sforzo verticale in relazione al peso, anche uno sforzo tangenziale, tutte le volte che una variazione, termica ad esempio, provoca movimenti assiali del tubo. Questo sforzo è ancora proporzionale alla componente del peso ed al coefficiente d'attrito. Per questo fatto, quando le circostanze impongono di eseguire muretti di sostegno molto alti, occorre ridurre questo sforzo, ed allora si ricorre a tipi speciali di selle comunemente detti a rulli, dove l'attrito radente si sostituisce con l'attrito volvente, assai minore.

In altri casi, quando ad esempio esistono dei gomiti in pianta, liberi, il tubo può fare anche dei movimenti nel senso trasversale al suo asse. La sella allora deve permettere anche questi movimenti trasversali.

I muretti di sostegno devono essere sempre appoggiati su terreno ben solido e preferibilmente su roccia. È molto frequente di constatare che certi muretti si sono abbassati ed il tubo non tocca più la sella. Questi inconvenienti possono portare a conseguenze molto spiacevoli: la sollecitazione di flessione in una trave appoggiata, cresce col quadrato delle distanze fra gli appoggi, quando il carico, come nel nostro caso, è uniformemente distribuito; se vengono quindi a mancare due o più selle successive si può anche arrivare a deformazioni permanenti ed a rotture di tubi, o di giunzioni trasversali.

Si constata purtroppo in pratica che molte volte a questi appoggi non è data tutta l'importanza che hanno. Mi è capitato già di vedere molti casi di selle non funzionanti o di muretti rotti, specialmente alla base. Sono tutte cause di funzionamento anormale della condotta forzata.

Il tipo di sella più comunemente usato è quello in lamiera curvata (fig. 22); questo tipo si presta bene ugualmente per tutti i tipi di tubo, ed è impiegato sopratutto nei piccoli e nei medi diametri. La sella abbraccia il tubo, con la stessa sua curvatura, per circa 120°. Questo tipo però presenta un inconveniente: nei movimenti assiali di dilatazione e di contrazione il tubo sfrega sulla sella e quindi presto la verniciatura dell'uno e dell'altra se ne va. In questa superficie di combacio quindi, dopo un po' di tempo, si trova della ruggine in notevole quantità. Molte volte, dopo 10 o 15 anni di esercizio, le lamiere delle selle sono talmente corrose che, se occorre appena toccarle, si rendono inservibili. Nel caso dei tubi blindati, poi, l'acqua può stagnare anche sopra la lamiera della sella perchè gli anelli di blindaggio, appoggiando sulla sella, formano tante camerette chiuse. Per ovviare a questo inconveniente i costruttori stampano, nella parte più bassa della sella, un canaletto che scarica quest'acqua (fig. 23).

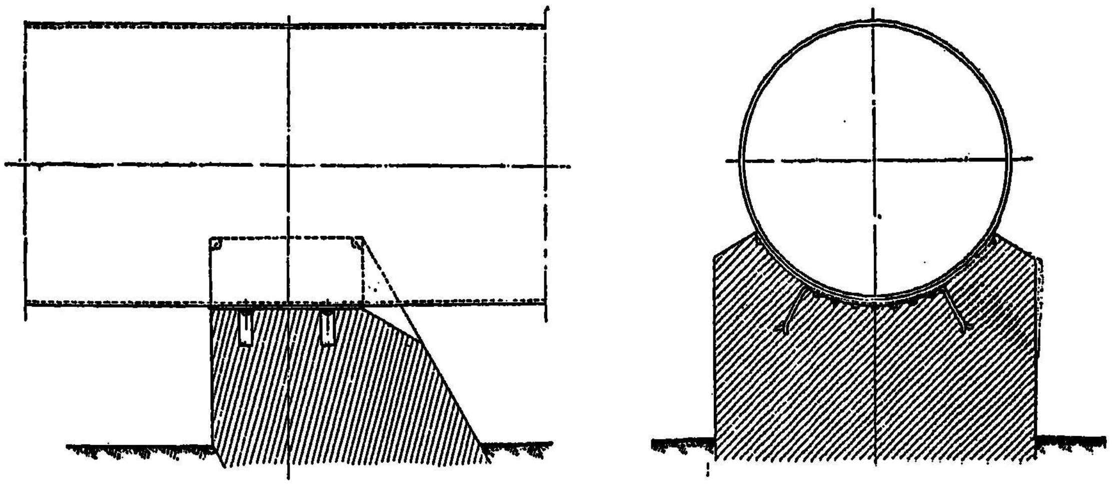


Fig. 22. - Sella in lamiera curvata con zanche.

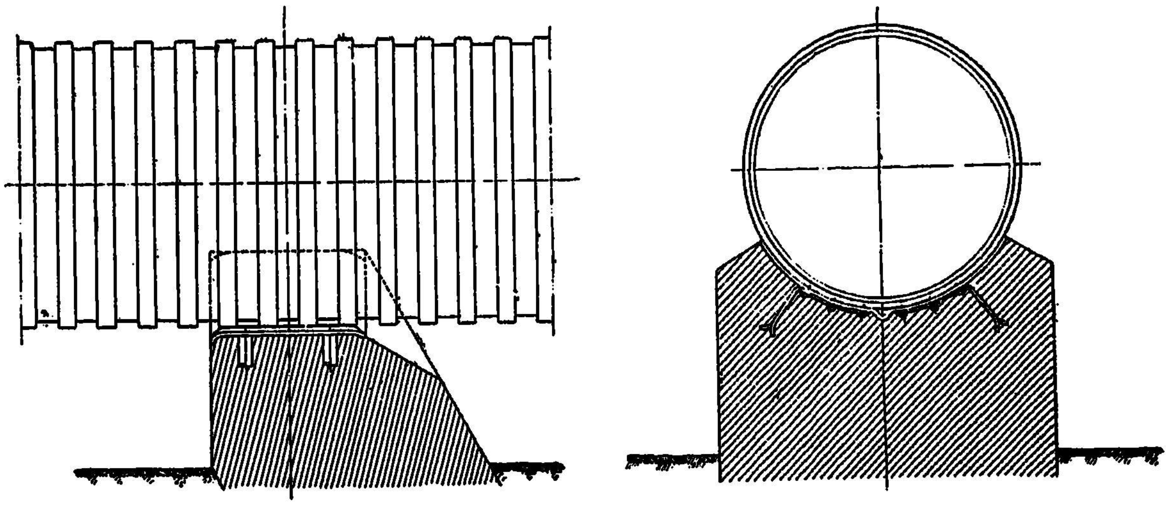


Fig. 23. - Sella in lamiera curvata con canaletto di scolo dell'acqua.

Questo tipo di sella è certamente il più economico.

Altro tipo ancora migliore del precedente, è quello così denominato a pieducci e rotaie (fig. 24): sul tubo, o sulla parte inferiore di esso sono chiodati due cantonali ad ali affacciate. Fra queste ali sono introdotti e fissati dei pieducci, normalmente di ghisa, che verso il basso presentano una gola, la quale va ad investirsi sul fungo di una rotaia sporgente dal muretto di sostegno. Queste selle hanno notevoli vantaggi. Anzitutto, quando la tubazione è di grande diametro, fasciando completamente il tubo con i cantonali sopradetti, si raggiunge

il duplice scopo di dare l'attacco ai pieducci e di irrigidire il tubo in corrispondenza dei sostegni. Inoltre, con questo tipo il tubo è completamente libero ed ispezionabile. Quando occorra lasciare la possibilità di movimenti trasversali, l'estremità inferiore del pieduccio non è più a gola, ma piana, e l'appoggio non avviene più su una rotaia ma su una lamiera a superficie piana. Questo tipo di sella si può adottare pei tubi chiodati e pei tubi saldati, ma non per i tubi blindati. È molto più pesante e più costoso del tipo precedente.

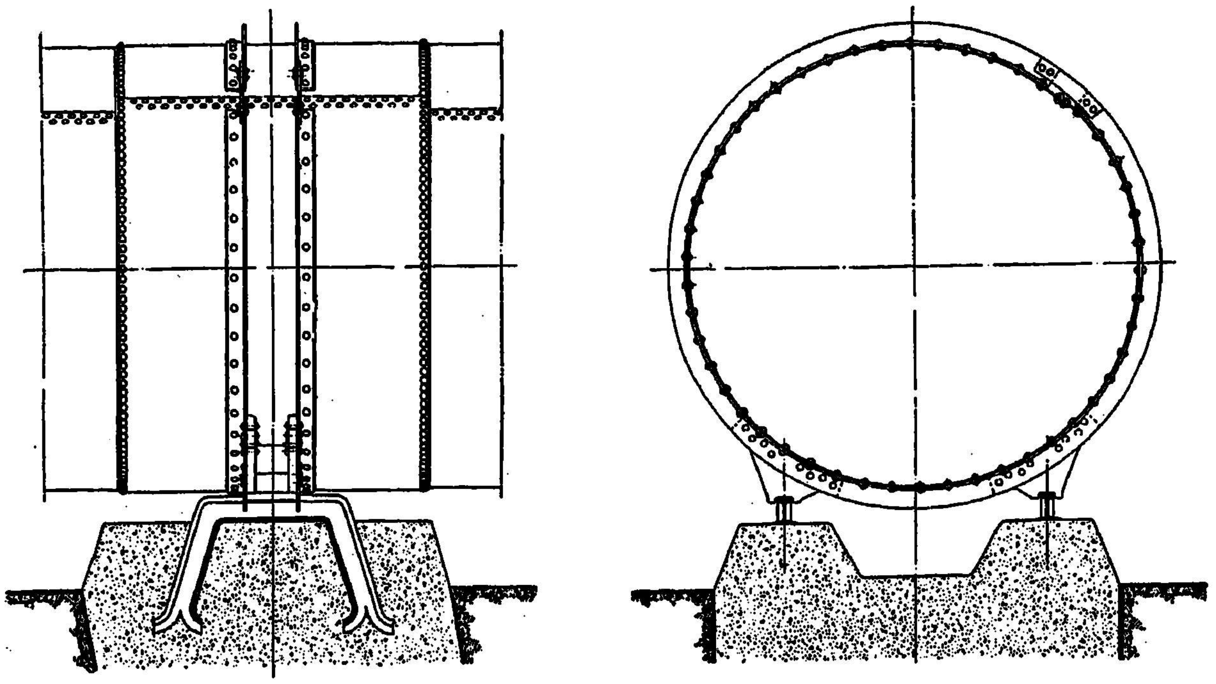


Fig. 24. - Sella a pieducci e rotaie.

Tralascio di parlare dei numerosi altri tipi di selle già applicate; rappresentano tutti, dal più al meno, risoluzioni di casi particolari.

Accennerò invece ad un caso occorso recentemente in un impianto, perchè non è la prima volta che questo avviene.

In una tubazione chiodata del diametro di 1700 mm, esiste una livelletta lungo circa 230 metri pochissimo inclinata. Nei 150 metri quasi centrali della livelletta, il terreno ha, almeno superficialmente, un lento spostamento in direzione pressochè normale all'asse del tubo. Gli ancoraggi estremi invece sono fermi. Essendovi inizialmente le selle curvate, i muretti, trascinati dal terreno, trascinavano alla lor volta il tubo. Si era così arrivati ad uno spostamento di circa 17 centimetri verso la metà della livelletta. Si è ovviato all'inconveniente togliendo le selle in lamiera curvata, raddrizzando il tubo e poi applicando una sella speciale, appositamente studiata, che permette di raddrizzare con grande facilità il tubo senza più toccare la parte murata. La sella, mentre consente i movimenti assiali del tubo, può ricevere essa stessa un movimento trasversale che compensa lo spostamento del terreno. L'operazione di spostamento si può fare anche senza vuotare la tubazione.

Concludendo, i due tipi oggi più largamente usati sono quelli in lamiera curvata ed a pieducci e rotaie. Per migliorare il tipo in lamiera curvata occorre cercare di asportare facilmente l'umidità che si può stabilire nella zona di contatto fra tubo e sella, e questo può essere ottenuto con canaletti stampati nella sella, come nel caso già citato dei tubi blindati.

*Passi d'uomo.*

Vi è ben poco da dire. Nelle tubazioni di grande diametro ed a lieve pendenza possono essere anche a notevole distanza; nelle tubazioni piccole, o dove le pendenze sono forti per modo che occorra entrare nella tubazione legati, occorre siano molto più vicini per ovvie ragioni. Di regola è bene mettere un passo d'uomo in vicinanza di ogni vertice.

Quando vi è il giunto di dilatazione ed il tubo maschio è collegato a flangia, il passo d'uomo diventa inutile, perchè, infilando il tubo maschio nella femmina si ha l'accesso all'interno della tubazione. Nelle tubazioni blindate l'accesso all'interno è quasi sempre realizzato a questo modo.

Un passo d'uomo od un mezzo di accesso non deve mai mancare nei distributori, nei collettori, ed in vicinanza degli apparecchi di chiusura.

Quando il diametro della tubazione supera il metro e mezzo, non conviene più applicare il passo d'uomo sulla parte alta del tubo, conviene invece applicarlo di fianco o nel settore inferiore a circa 45°, ciò perchè col passo d'uomo in alto non si può uscire se non si ha uno sgabello all'interno della tubazione.

*Giunti di dilatazione.*

Nei riguardi dei giunti di dilatazione esistono due tendenze: una, specialmente seguita in qualche paese estero, non vuole i giunti di dilatazione, l'altra, specialmente seguita da noi, vuole i giunti di dilatazione in tutte, o quasi, le livellette. In argomento vi sono anche state delle discussioni ed è stato da qualcuno affermato che il giunto di dilatazione è dagli altri applicato per semplificare i calcoli. Questa ragione, anche ammesso che fosse la sola, sarebbe di per sè ottima. Ma ne esistono anche moltissime altre a vantaggio del giunto di dilatazione. La soppressione di esso porta alla economia di qualche ancoraggio, non di tutti perchè ciò sarebbe impossibile. Nemmeno si può pensare a due soli ancoraggi all'inizio ed alla fine della condotta forzata, specialmente quando questa è lunga e vince forti dislivelli. Si pensi solo al peso di tutta la tubazione da sostenere e si vedrà che due ancoraggi non bastano e che ne occorrono, anzi, parecchi intermedi.

Quando mancano i giunti di dilatazione le giunzioni trasversali sono notevolmente più sollecitate, specialmente per i fenomeni termici; esse quindi devono essere più robuste e di conseguenza la tubazione pesa e costa di più. Occorre inoltre ricorrere a speciali dispositivi, perchè la chiusura della tubazione deve essere fatta in relazione alla temperatura ambiente prevista nel progetto.

Occorre inoltre lasciare per ogni tronco, fra due ancoraggi, un elemento di chiusura, le cui dimensioni di lunghezza vengono fissate all'ultimo momento.

Per contro, il giunto di dilatazione su ogni livelletta rende più facili, e perfettamente determinati, i calcoli delle sollecitazioni assiali. Con la sua penetrazione, che può variare entro limiti molto estesi, corregge eventuali errori di rilievo e la differenza di lunghezza costruttiva, rispetto alla teorica, dei diversi elementi di montaggio. Esso rende inoltre più facile e spedito il montaggio, permette il contemporaneo attacco del montaggio da più vertici, che si possono scegliere come meglio conviene, permette durante il montaggio di accorciare un tubo, se nelle manovre di trasporto se ne è guastata una estremità. Di più abbiamo visto che nelle tubazioni blindate può servire anche a sostituire il passo d'uomo.

Quando si trovano circostanze particolarmente favorevoli, si potrà anche ometterne qualcuno (ad esempio quando esistono degli angoli in pianta senza notevoli variazioni di pendenza). Il montaggio però, in questo caso, diventa molto più delicato.

Una Consociata ha denunciato appunto un caso di questo

genere: in una tubazione blindata con giunzioni a flange, approfittando di due angoli in pianta, sono state montate tre livellette consecutive senza giunti di dilatazione e sono stati messi due ancoraggi alle estremità della tratta ed uno a metà della livelletta intermedia. In questa zona, specialmente nelle stagioni primaverile ed estiva, si sono avuti frequenti scoppi di guarnizioni automatiche perchè le flange si aprivano leggermente e la forte pressione trafilava la guarnizione. La cosa è stata accuratamente studiata dai tecnici della Società e del Costruttore e pare che si sia venuti alla conclusione che, probabilmente, la causa risiede in un difetto di montaggio. Ogni scoppio di guarnizione portava evidentemente allo svuotamento della tubazione e a parecchie ore di interruzione dell'esercizio.

Come conclusione, io sono del parere che il giunto di dilatazione è sempre consigliabile.

Quando nei collettori vi è la possibilità di porre un ancoraggio all'estremità a valle del tubo, contro il quale esso possa scaricare tutta la spinta idrostatica, è consigliabile adottare il giunto di dilatazione anche nei collettori. In tal modo il tubo collettore non ha più la sollecitazione assiale dovuta alla spinta idrostatica sul fondo; non ha più quindi deformazioni elastiche assiali che provocano sempre anormali sollecitazioni di flessione sulle derivazioni alle macchine e sugli attacchi alle stesse. Non è nemmeno vero che questa soluzione porti completamente ad un ancoraggio in più, perchè il giunto di dilatazione riduce enormemente di importanza, in molti casi, l'ancoraggio immediatamente a monte che non ha più la funzione di contrastare tutta la spinta idrostatica, ma deve solo sostenere la livelletta soprastante.

I giunti di dilatazione sono di diversi tipi, differenziati l'uno dall'altro da particolari costruttivi. Nella grande maggioranza però sono tutti a cannocchiale con una scatola a stoppa ed un premistoppa per assicurare la tenuta, pur consentendo lo sfilamento e l'infilamento del maschio nella femmina (fig. 25).

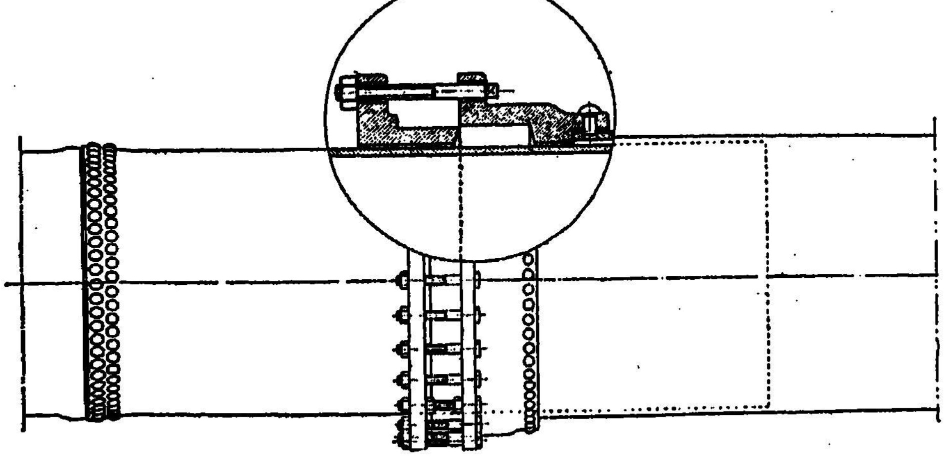


Fig. 25. - Giunto di dilatazione con scatola a stoppa e premistoppa.

Sotto la femmina del giunto di dilatazione deve essere sempre applicata una sella di sostegno per garantire la coassialità del maschio.

*Ancoraggi.*

Gli ancoraggi di una condotta forzata sono costituiti generalmente da due parti distinte: il blocco murario che riceve e contrasta le spinte del tubo, la ferramenta che, attaccata in diversi modi alla tubazione, trasmette questa spinta.

Nella maggior parte dei casi il calcolo della parte muraria è fatto tenendo conto che essa reagisce per effetto del proprio peso e di quello della parte di tubo che su di essa grava. Questa parte muraria viene quindi generalmente calcolata per il ribaltamento e anche verificata, se necessario, per lo scorrimento. In questo calcolo ha notevole importanza la forma che viene data a questa massa. Molte volte, studiandone opportunamente la forma, si raggiungono migliori condizioni di stabilità con un blocco più leggero. Questo del resto è anche intuitivo, quando si pensi che la compressione data sul terreno è per la massima parte dovuta al peso del blocco ed in assai minore quantità dovuta all'influenza delle spinte che su di esso esercita il tubo. Nella ricerca della forma più adatta aiuta assai di più la pratica, in questo genere di calcolo, che non una ricerca analitica. Un occhio bene esercitato si avvicina assai rapidamente alla forma più conveniente nei diversi casi.

Il concetto del calcolo al ribaltamento parte dal naturale presupposto che il blocco sia monolitico. Dalla sua costruzione quindi deve essere esclusa in via generale la muratura normale. Il blocco, oltre che ricevere la ferramenta d'ancoraggio di cui dopo si parlerà, e che è sempre portata dal tubo, deve essere armato con altri ferri per ottenerne la monoliticità. Per economia, in alcuni casi, si può fare anche una costruzione cellulare, riempiendo i vani con materiale qualsiasi che ha solo la funzione di aggiungere del peso. La gabbia però deve essere essa pure monolitica.

Nel calcolo dei blocchi si deve porre molta attenzione al terreno sul quale vanno posati ed alla sua attitudine a portare. Il terreno infatti non deve assolutamente cedere sotto le pressioni che il blocco gli trasmette; cedimenti anche minimi possono completamente compromettere la stabilità della condotta forzata.

Si ponga mente che la prudenza nel calcolo dei blocchi è un'ottima norma; i blocchi sono i punti fermi della condotta forzata.

Qualche volta, quando per dare la sede al blocco occorre fare degli sbancamenti di roccia, si sentono delle obiezioni. Per esempio: perchè dobbiamo tirare via della roccia per mettere al suo posto del calcestruzzo?

La domanda sembra a tutta prima imbarazzante. Non escludo che in qualche caso particolare si possa essere sicuri anche diminuendo la massa del calcestruzzo e mettendo invece dei ferri che, ancorandosi saldamente alla roccia, interessino quest'ultima alla resistenza. Bisogna però osservare, prima di decidersi in questo senso. Quando il blocco è calcolato a gravità ed è ben costruito, avendo il suo appoggio su roccia, è assolutamente sicuro. Per ancorarsi invece alla roccia, bisogna essere ben certi che essa è compatta, altrimenti si corre il rischio di credere di interessare un certo quantitativo di roccia e di trovarsi invece di fronte ad un ancoraggio molto insufficiente per la presenza di faglie, fessurazioni ecc. Vi sono molti esempi di tubazioni ancorate alla roccia in condizioni di assoluta sicurezza, ma, ripeto, occorre essere cauti nel generalizzare.

Se la condotta forzata corre in una galleria scavata in roccia, il problema del blocco di ancoraggio si semplifica molto. In questo caso il blocco può trovare contrasto sulla platea sui fianchi e sulla calotta. Si può allora abbandonare il concetto del peso nel calcolo, e tenere invece conto soltanto delle asperità delle pareti della galleria. In questo caso la massa del calcestruzzo si può considerare incastrata in queste pareti e naturalmente il volume del blocco viene notevolmente diminuito.

Altro caso da tenere in considerazione è la possibilità che si formino delle correnti di acqua sotto il basamento dei blocchi. Questo specialmente quando appoggiano su terra. In queste circostanze bisogna premunirsi contro il pericolo del dilavamento della base di appoggio.

La posizione relativa della massa muraria rispetto al tubo, può essere diversa. Passeremo in rassegna i diversi casi parlando della ferramenta di ancoraggio, perchè da questa, appunto, dipende l'adozione di uno piuttosto che di un altro tipo di ancoraggio.

Come già detto, per ferramenta d'ancoraggio si intende tutta quella struttura metallica che è rigidamente collegata al tubo e che ha la funzione di trasmettere alla massa del blocco gli sforzi generati dal tubo stesso, per effetto delle spinte idrosta-

tiche, del peso, degli sforzi di attrito nascenti da variazioni termiche di lunghezza, ecc. Non fa parte quindi della ferramenta di ancoraggio, nel senso vero e proprio, l'armatura che si mette nel blocco per realizzarne la monoliticità.

La disposizione di questa ferramenta d'ancoraggio può essere tale da esigere che il tubo venga completamente annegato nel blocco (figg. 26, 27, 28 e 31), ovvero che il tubo sia solo annegato

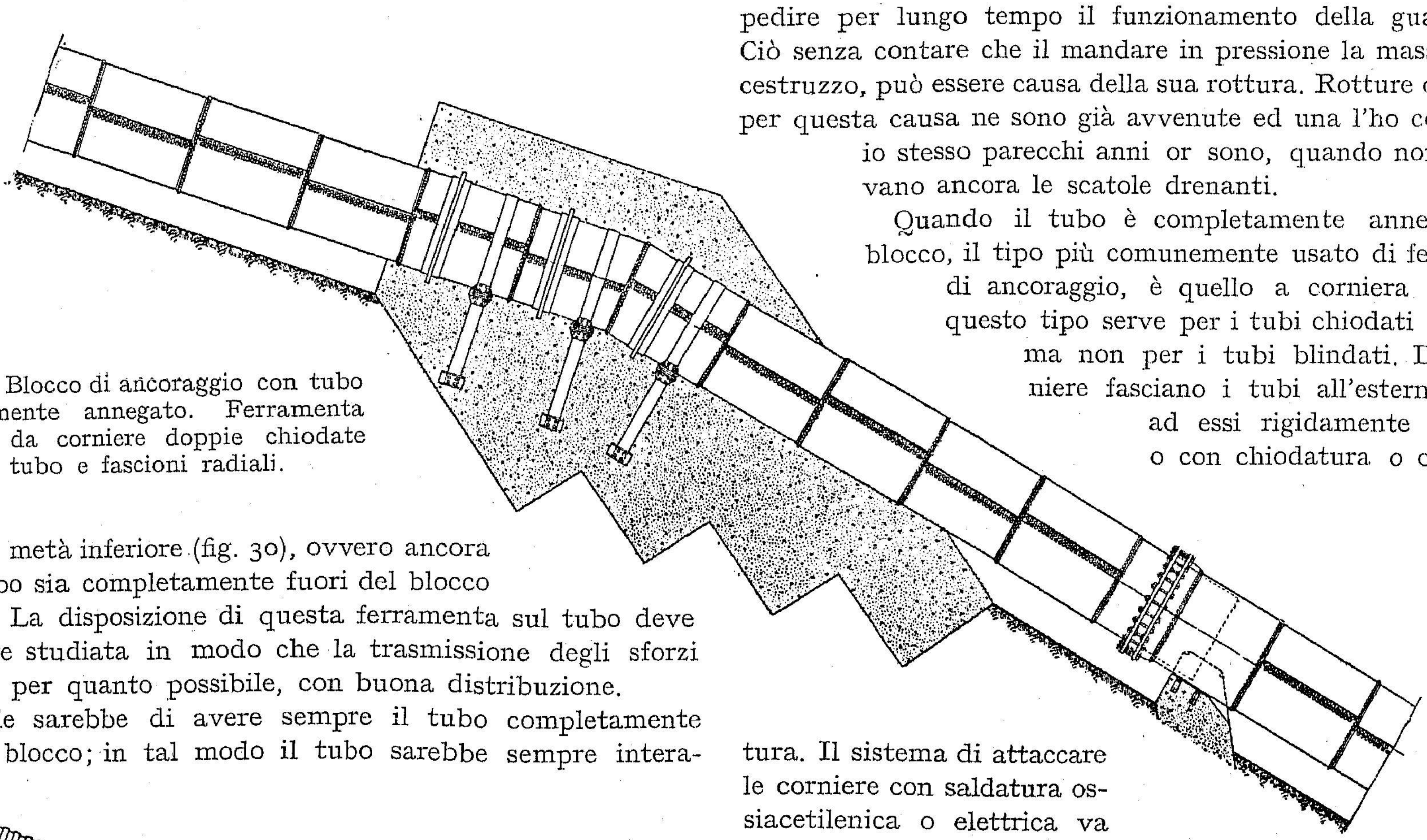


Fig. 26. - Blocco di ancoraggio con tubo completamente annegato. Ferramenta costituita da corniere doppie chiodate sul tubo e fascioni radiali.

nella sua metà inferiore (fig. 30), ovvero ancora che il tubo sia completamente fuori del blocco (fig. 29). La disposizione di questa ferramenta sul tubo deve poi essere studiata in modo che la trasmissione degli sforzi avvenga, per quanto possibile, con buona distribuzione.

L'ideale sarebbe di avere sempre il tubo completamente fuori del blocco; in tal modo il tubo sarebbe sempre intera-

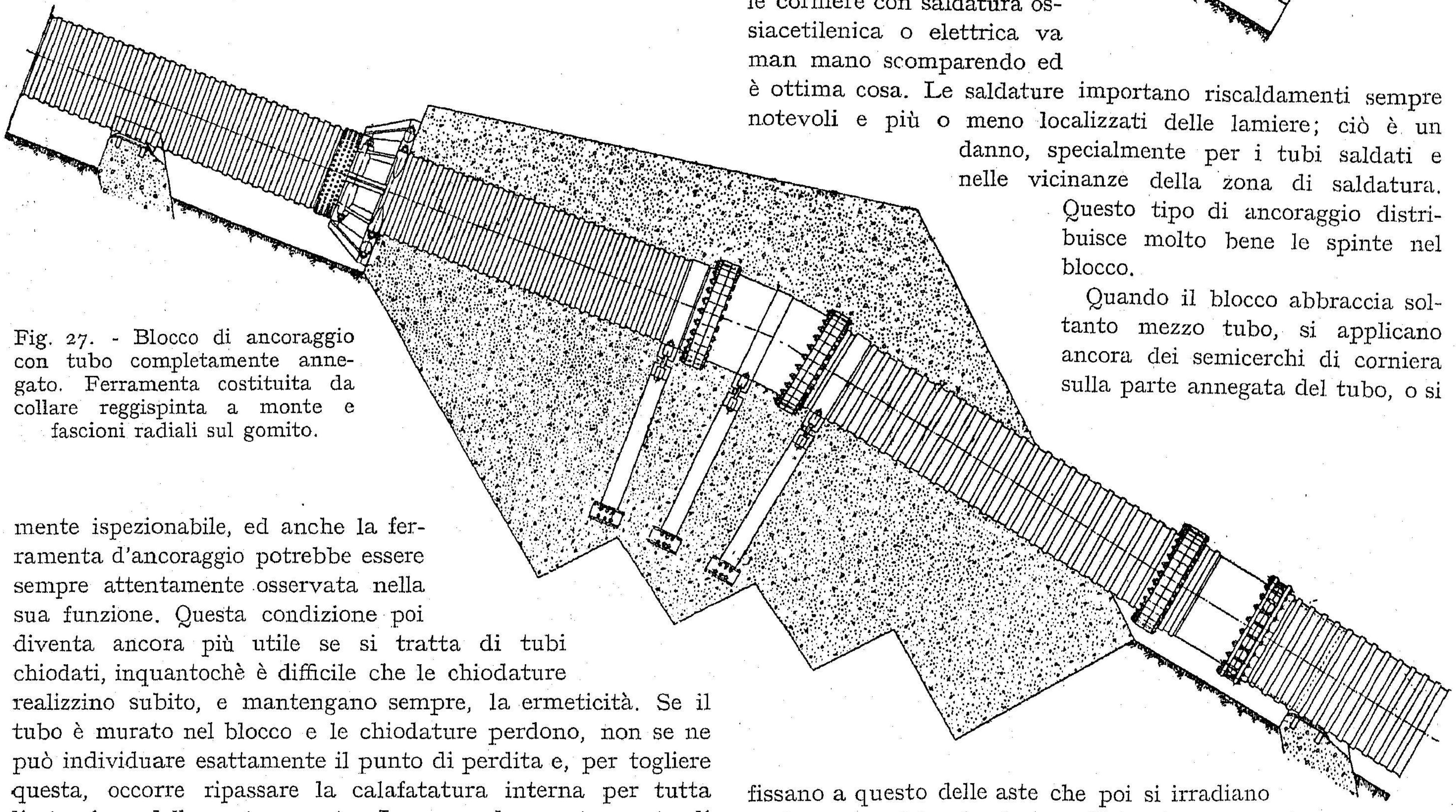


Fig. 27. - Blocco di ancoraggio con tubo completamente annegato. Ferramenta costituita da collare reggispinta a monte e fascioni radiali sul gomito.

mente ispezionabile, ed anche la ferramenta d'ancoraggio potrebbe essere sempre attentamente osservata nella sua funzione. Questa condizione poi diventa ancora più utile se si tratta di tubi chiodati, inquantochè è difficile che le chiodature realizzino subito, e mantengano sempre, la ermeticità. Se il tubo è murato nel blocco e le chiodature perdono, non se ne può individuare esattamente il punto di perdita e, per togliere questa, occorre ripassare la calafatatura interna per tutta l'estensione della parte murata. La cosa, da questo punto di vista, ha meno importanza per i tubi saldati e per i tubi blindati, però anche in questo caso vengono murate delle giunte e sottratte all'ispezione diretta.

Quando si devono annegare nel blocco delle giunzioni a flangia con guarnizione automatica, è sempre ottima previdenza, prima di eseguire la muratura, applicare tutto intorno alle flange una scatola drenante, fatta con lamierina sottile, e derivare al punto più basso di essa un tubetto di scarico che esca dalla massa del blocco. Così facendo, in primo luogo si può subito constatare se la guarnizione tiene o spande, in secondo luogo, se essa è automatica, se ne migliorano grandemente le condizioni di tenuta. Difatti, una guarnizione automatica, per funzionare, ha bisogno di una rilevante differenza di pressione fra l'interno e l'esterno. La scatola drenante non permette il formarsi della pressione esterna. Se la scatola manca, la tenuta della massa di calcestruzzo può essere sufficiente ad impedire per lungo tempo il funzionamento della guarnizione. Ciò senza contare che il mandare in pressione la massa di calcestruzzo, può essere causa della sua rottura. Rotture di blocchi per questa causa ne sono già avvenute ed una l'ho constatata io stesso parecchi anni or sono, quando non si usavano ancora le scatole drenanti.

Quando il tubo è completamente annegato nel blocco, il tipo più comunemente usato di ferramenta di ancoraggio, è quello a corniera (fig. 26); questo tipo serve per i tubi chiodati e saldati, ma non per i tubi blindati. Delle corniere fasciano i tubi all'esterno e sono ad essi rigidamente attaccate o con chiodatura o con saldatura. Il sistema di attaccare le corniere con saldatura ossiacetilenica o elettrica va man mano scomparendo ed è ottima cosa. Le saldature importano riscaldamenti sempre notevoli e più o meno localizzati delle lamiere; ciò è un danno, specialmente per i tubi saldati e nelle vicinanze della zona di saldatura. Questo tipo di ancoraggio distribuisce molto bene le spinte nel blocco.

Quando il blocco abbraccia soltanto mezzo tubo, si applicano ancora dei semicerchi di corniera sulla parte annegata del tubo, o si fissano a questo delle aste che poi si irradiano nella massa del calcestruzzo. Nel primo caso, specialmente, è necessario allora fasciare la parte superiore del tubo con dei tiranti che vanno ad annegarsi nel blocco.

Quando il tubo è completamente fuori del blocco, lo si tiene generalmente sollevato su questo, proprio come sul resto del piano di posa. L'ancoraggio allora è solitamente ottenuto per mezzo di robuste travi composte, generalmente della forma a doppio T, che si attaccano al tubo sui fianchi per mezzo della loro anima e che poi penetrano profondamente nel blocco, funzionando come grosse mensole. Quando queste travi sono

parecchie, si realizza un vero e proprio portale multiplo, del quale il tubo è un elemento. Questi ancoraggi, oltre che essere molto efficaci, conferiscono anche una certa eleganza alla costruzione. Nel recentissimo impianto di Vobarno della Società Elettrica Bresciana vi è una bellissima ed importante applicazione di questo tipo, nell'ancoraggio terminale delle tubazioni forzate. In questo impianto, detto tipo di ancoraggio è stato imposto anche da altre considerazioni: esso ha permesso, in quelle specialissime circostanze, di alleggerire la massa muraria rispetto a qualunque altro sistema. Rispetto agli altri tipi già descritti, questo è il più costoso nei riguardi della ferramenta; in molti casi però il maggior costo può essere largamente ricuperato sull'economia di calcestruzzo, come in quello già citato di Vobarno.

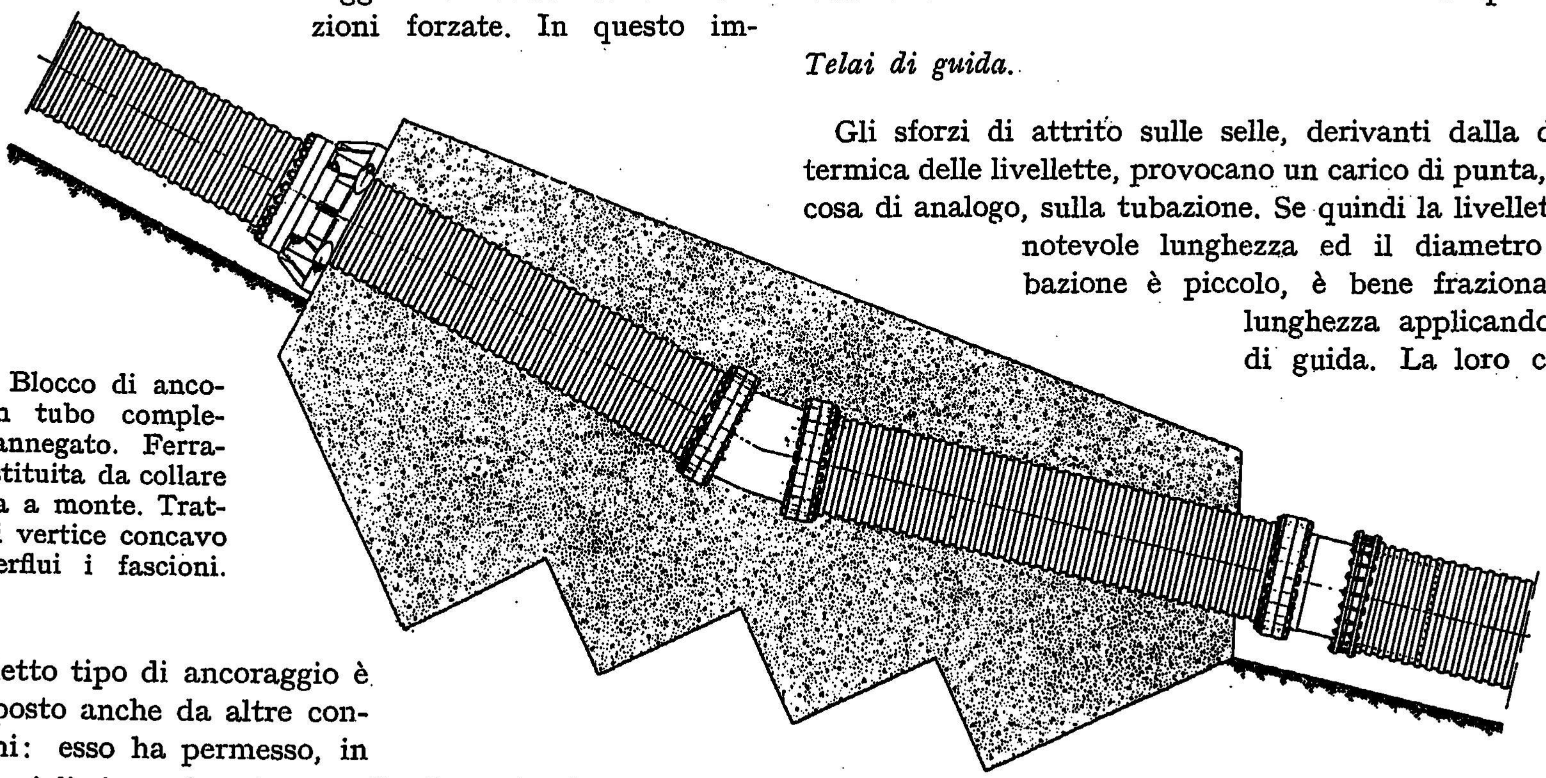


Fig. 28. - Blocco di ancoraggio con tubo completamente annegato. Ferramenta costituita da collare reggispinta a monte. Trattandosi di vertice concavo sono superflui i fascioni.

Nel caso particolare delle tubazioni blindate, il tipo fino ad ora adottato è quello a collare reggispinta. Un collare fuso, di forma generalmente tronco-conica, riceve la spinta dal tubo appoggiandosi, dalla parte del diametro minore, contro una flangia, e la trasmette al blocco contro il quale si appoggia colla faccia dalla parte del diametro maggiore (figg. 28, 32 e 33). Di detti collari, generalmente se ne mette uno solo, ed allora questo sistema esige una buona armatura del blocco. Questi collari pesano molte tonnellate e quindi costano assai. Quando il blocco ha una notevole lunghezza ed annega parecchie giunzioni dei tubi, si potrebbe certamente servirsi di queste giungiunzioni come di altrettanti anelli di spinta. I costruttori dovrebbero quindi studiare il modo di sfruttare le giunzioni come anelli di spinta, eliminando così i collari. Si risparmierebbero in tal modo tonnellate di metallo.

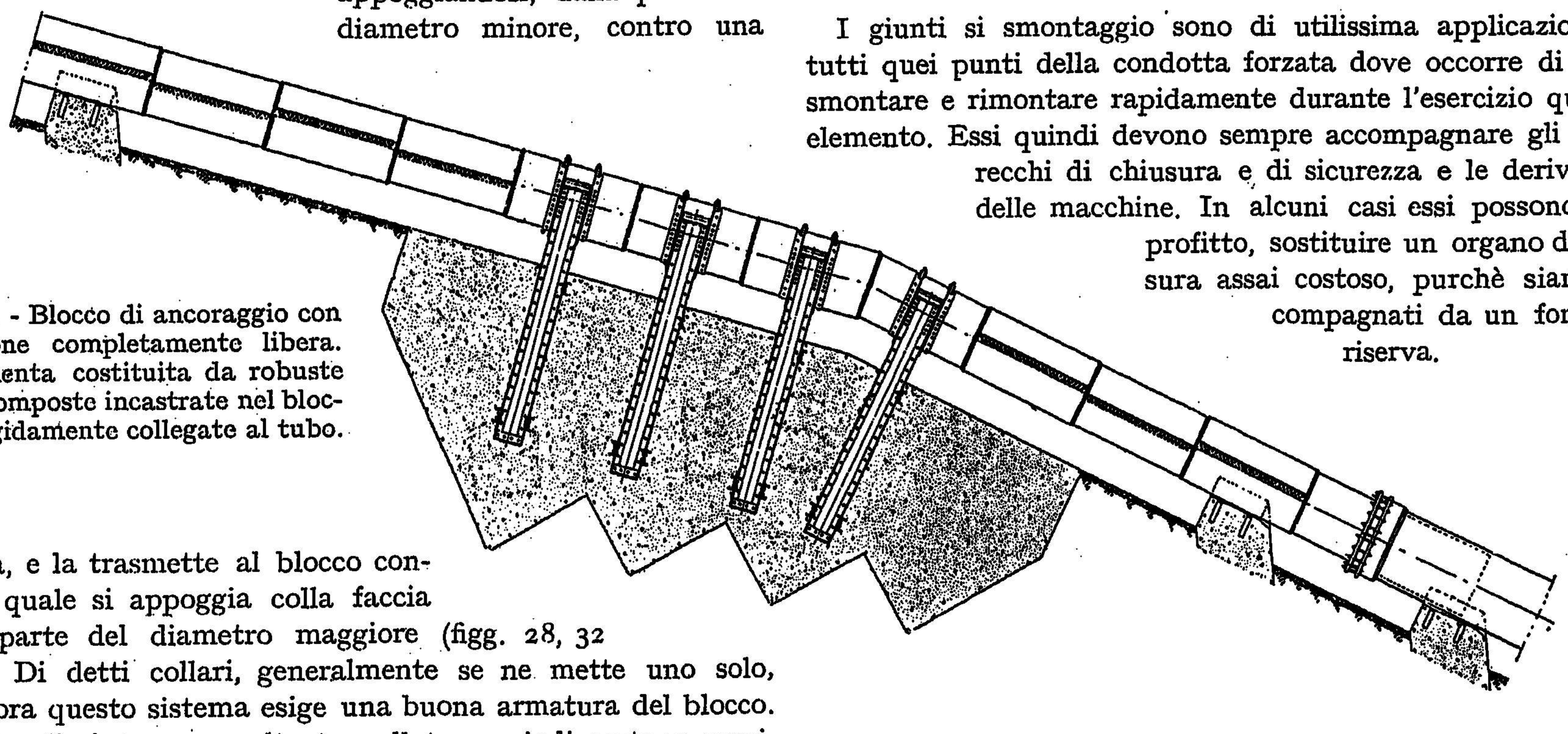


Fig. 29. - Blocco di ancoraggio con tubazione completamente libera. Ferramenta costituita da robuste travi composte incastrate nel blocco e rigidamente collegate al tubo.

Tutte le volte che si deve ancorare un gomito presentante la sua concavità verso il terreno, tutte le volte cioè che la risultante delle spinte idrostatiche è rivolta verso l'alto, è bene circondare il tubo, nella sua parte superiore, con dei fascioni i quali poi penetrino profondamente nel blocco. Questa speciale armatura deve essere naturalmente proporzionata alla componente in fuori della risultante delle spinte (figg. 26, 27 e 30).

Come ho detto prima per i blocchi di calcestruzzo, così anche per la ferramenta, nel progettarla è bene usare criteri di prudenza, tenendo bassi i coefficienti di lavoro, perchè è bene ridurre al minimo le deformazioni elastiche di questi ferri.

*Telai di guida.*

Gli sforzi di attrito sulle selle, derivanti dalla dilatazione termica delle livellette, provocano un carico di punta, o qualche cosa di analogo, sulla tubazione. Se quindi la livelletta ha una notevole lunghezza ed il diametro della tubazione è piccolo, è bene frazionare questa lunghezza applicando dei telai di guida. La loro costruzione è molto semplice: con dei profilati si forma un vero e proprio telaio curvo ovvero rettangolare abbracciante il tubo ed ancorantesi in un piccolo blocchetto, che può essere un muretto di sella, aumentato un poco nelle imensioni. I telai funzionano proprio come le guide che si applicano su aste lunghe sollecitate al carico di punta (fig. 34).

*Giunti di smontaggio.*

I giunti si smontaggio sono di utilissima applicazione in tutti quei punti della condotta forzata dove occorre di poter smontare e rimontare rapidamente durante l'esercizio qualche elemento. Essi quindi devono sempre accompagnare gli apparecchi di chiusura e di sicurezza e le derivazioni delle macchine. In alcuni casi essi possono, con profitto, sostituire un organo di chiusura assai costoso, purchè siano accompagnati da un fondo di riserva.

In un impianto di recente costruzione esiste un collettore del diametro di 2600 mm con 12 atm di pressione d'esercizio. Delle saracinesche o delle valvole sferiche per i sezionamenti, in caso di esclusione dal servizio di qualche parte della condotta, sarebbero state costosissime ed enormemente ingombranti. Una opportuna distribuzione di giunti di smontaggio sul collettore, e due fondi di scorta, hanno ugualmente risolto il problema, risparmiando delle centinaia di migliaia di lire. Se si vorrà escludere, o una tubazione, od un ramo del collettore, non vi sarà che da smontare un giunto ed applicare al suo

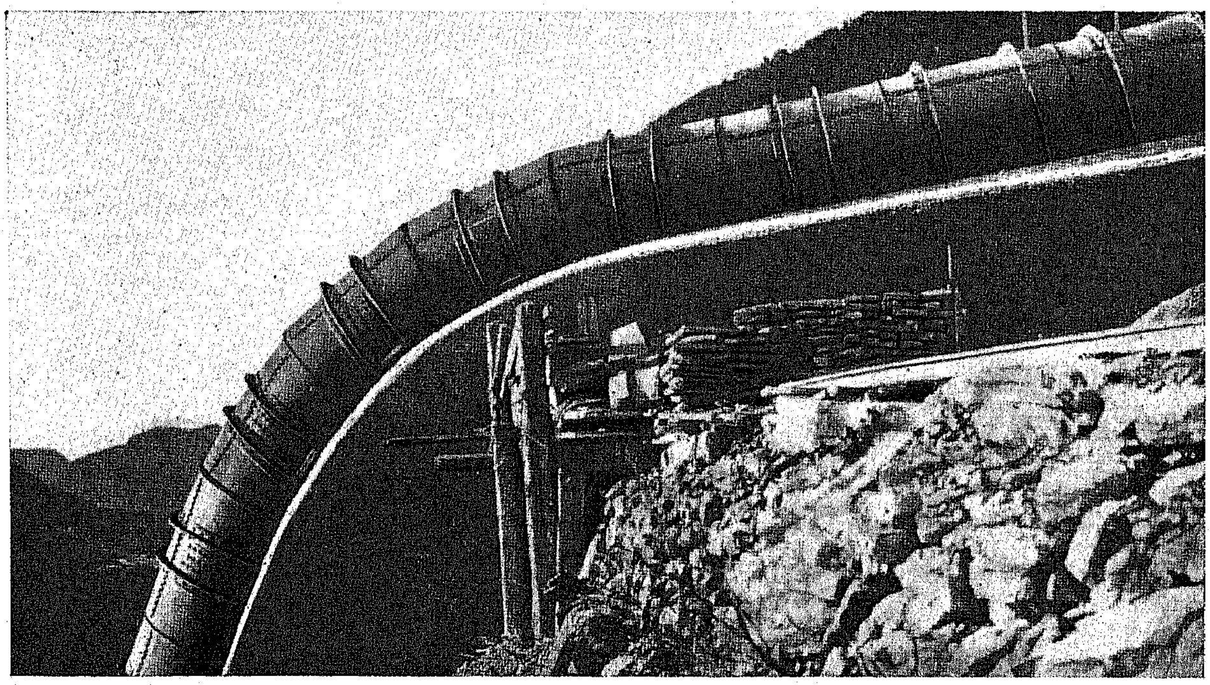


Fig. 30. - Blocco di ancoraggio con tubazione solo parzialmente annegata.

posto un fondo. In meno di una giornata l'operazione è ultimata (1).

In molti casi, con economia, al posto del giunto di smontaggio si mette, su uno degli elementi che si deve poter smontare, una semplice flangia smontabile. Questa raggiunge lo stesso scopo; però la sua tenuta è più precaria e poi non esiste più la possibilità di correzioni di lunghezza, mentre il giunto di smontaggio permette anche piccole correzioni di lunghezza.

*Organi di sfiato.*

Questi organi rappresentano un piccolo particolare, ma molto utile. In tutti i punti della condotta forzata dove possono formarsi delle sacche d'aria, è necessario applicare un rubinetto di sfiato. È noto a tutti quanto possano disturbare le sacche d'aria Gli organi di sfiato troveranno sopratutto la loro applicazione nei tratti orizzontali e quindi principalmente nei collettori e nei distributori. Bastano rubinetti piccoli.

Apparecchi di misura della portata.

Non consideriamo qui i sistemi di misura basati su principi chimici, e nemmeno gli stramazzi o le luci a battente, che non riguardano le condotte forzate.

Gli apparecchi di misura della portata sulle condotte forzate si riducono quindi ai mulinelli ed ai venturimetri.

Io non ho molta simpatia per i mulinelli. A parte la laboriosità delle misure e delle tarature, sta di fatto che questi apparecchi col tempo, specialmente in presenza di acque non pure, alterano molto le loro condizioni di funzionamento. Ho visto dei mulinelli costruiti da ottime ditte specializzate e con tutti gli accorgimenti della meccanica fina, cominciare a funzionar male dopo pochi mesi soltanto.

Ritengo che, quantunque più costoso, sia sempre preferibile, per la sua maggiore esattezza, e per la continuità del suo buon funzionamento, il venturimetro. Il posto più comodo per l'applicazione dei venturimetri è nelle vicinanze della centrale, perchè allora l'apparecchio indicatore e registratore può essere montato addirittura nella sala dei quadri (fig. 35). Certamente, quando i salti sono molto forti, la costruzione dell'ugello diventa costosa. In questi casi il venturimetro può essere applicato, con minore spesa, nella parte alta della condotta forzata, installando l'apparecchio registratore, o nella camera degli apparecchi di manovra, o nella casa del guardiano, se esiste.

Naturalmente, va montato un apparecchio per ogni tubazione.

È ovvio ricordare la utilità degli apparecchi di misura della portata; ad esso poi vi è anche la tendenza a prescriverli da parte degli uffici governativi preposti a questi impianti.

Attacchi a monte delle tubazioni a gallerie in cemento.

Prima di passare ad altri argomenti accennerò ad un inconveniente segnalato da una Consociata.

In due impianti recenti, la condotta forzata al suo inizio si attacca ad una galleria sotto pressione, rivestita ed armata. I primi tubi della condotta forzata sono per una certa lunghezza (pochi metri) annegati in un tampone di calcestruzzo che si attacca al rivestimento in cemento armato della galleria. In questo punto di giunzione si sono formate delle fessure trasversali che si allargano e si restringono col variare della temperatura dell'acqua. Naturalmente, si hanno delle perdite che por-

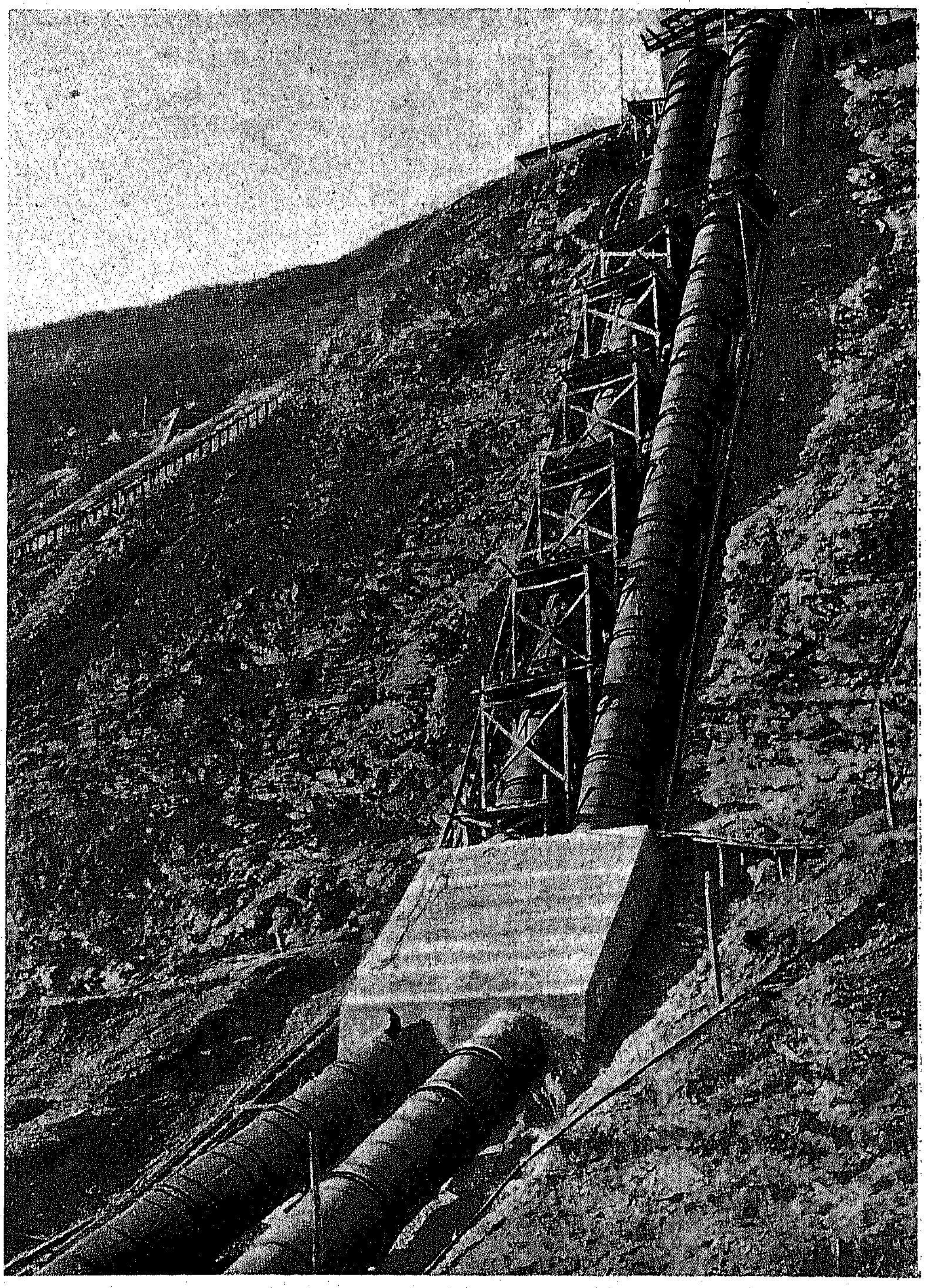


Fig. 31. - Blocco di ancoraggio con tubazione completamente annegata.

(1) Il collettore citato è quello rappresentato nella fig. 8 ed appartiene all'impianto di Mezzocorona della S. G. E. T. Nella fotografia sono visibili alcuni giunti di smontaggio.

Fig. 32. - Collare reggispinta per ancoraggio.

tano acqua in pressione su superfici estese attorno alla galleria e ciò aggrava la situazione. Si è rimediato con dispositivi elastici di chiusura e con l'applicazione di opportuni drenaggi; l'operazione sembra riuscita bene.

Per evitare questo inconveniente, occorre certamente che la tubazione metallica penetri più profondamente nella galleria rivestita e sarà bene anche che le ultime barre longitudinali del rivestimento della galleria si prolunghino sopra la tubazione, circondandola ed attaccandosi ad essa per mezzo di corniere.

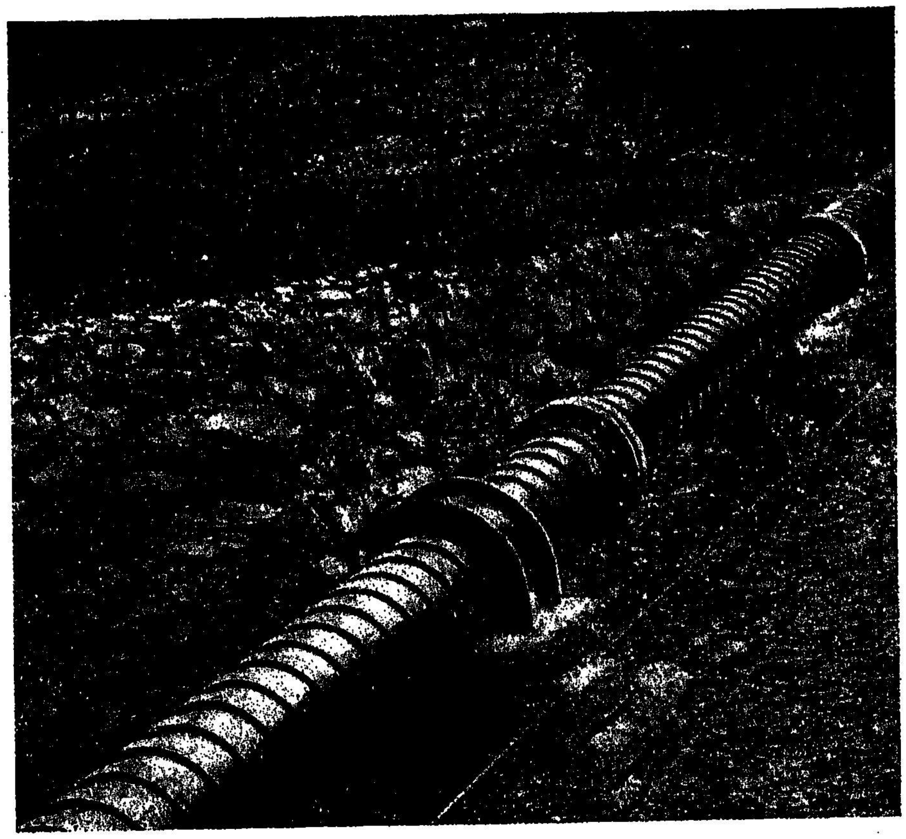


Fig. 34. - Telaio di guida a metà lunghezza di una livelletta.

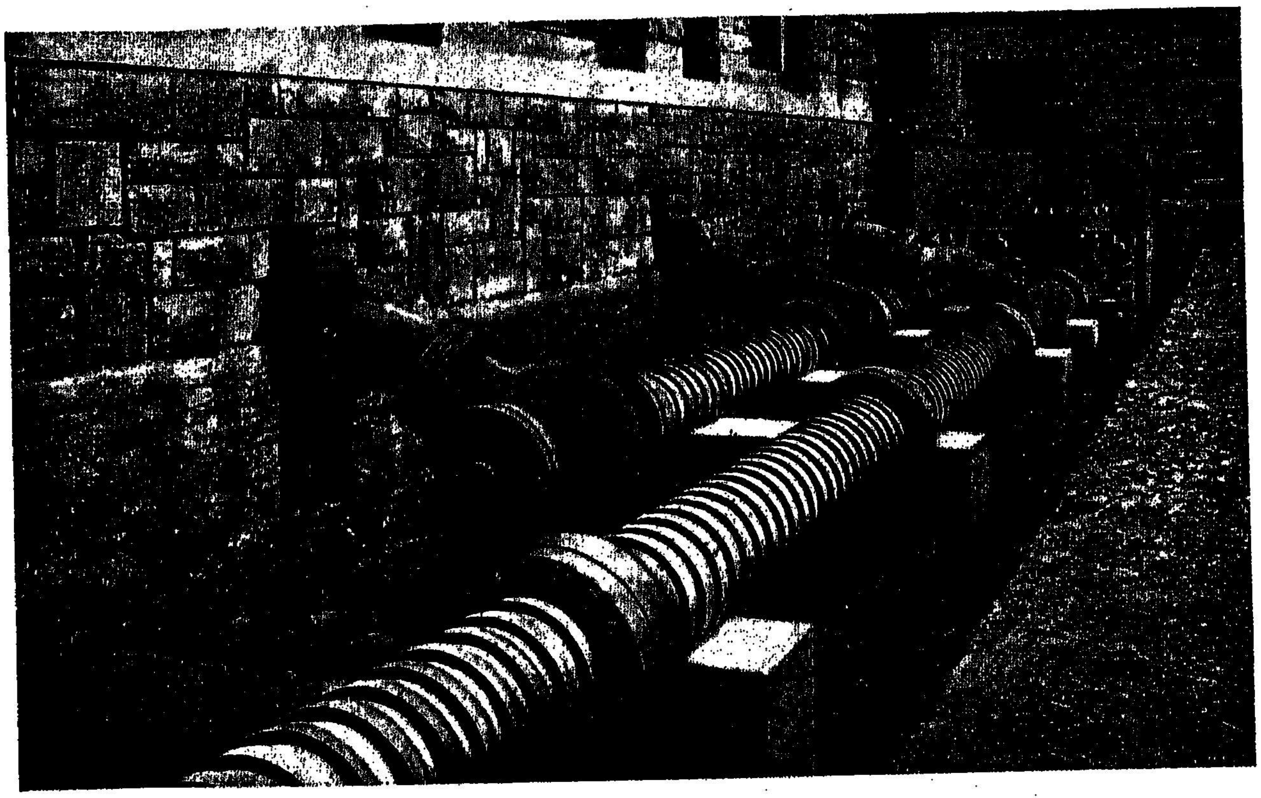


Fig. 33. - Esempio di collettore ancorato alla sua estremità di valle. La fotografia è presa da monte verso valle. Si noti che manca ancora la tubazione vicina alla centrale, non essendo ancora completato l'impianto. In fondo si vedono i due collari reggispinta e la facciata di monte del blocco di ancoraggio.

QUALITÀ DEI MATERIALI (1).

Questo argomento è trattato dettagliatamente nelle « Norme per la costruzione ed il collaudo delle condotte metalliche forzate ad alta pressione ». Non ritengo quindi necessario svilupparlo ampiamente e mi limiterò ad un accenno generale, rinviando per i dettagli della composizione chimica e dei coefficienti alle norme sopracitate.

I materiali più comunemente impiegati per la costruzione degli elementi delle condotte forzate sono:

la ghisa (la cui applicazione va sempre diminuendo);

l'acciaio semi duro;

l'acciaio extra dolce;

l'acciaio fuso.

Io sono del parere che si dovrebbe arrivare alla totale abolizione della ghisa per la costruzione di elementi che siano direttamente soggetti alla pressione dell'acqua. Forse in ciò io sarò anche un po' troppo categorico; sta il fatto però che gli apparecchi di ghisa, che sono naturalmente sempre montati dove le pressioni sono basse, sono quelli che danno la più forte percentuale di rotture. Nelle condotte forzate è ben difficile che non vi siano fenomeni vibratori, ed è noto come questi siano dannosi alla ghisa. Le pressioni basse, poi, sono alle massime quote della condotta forzata; negli impianti moderni ad alta caduta si trovano in regioni dove, durante l'inverno, si possono raggiungere temperature molto basse, le quali hanno pure una pessima influenza sul

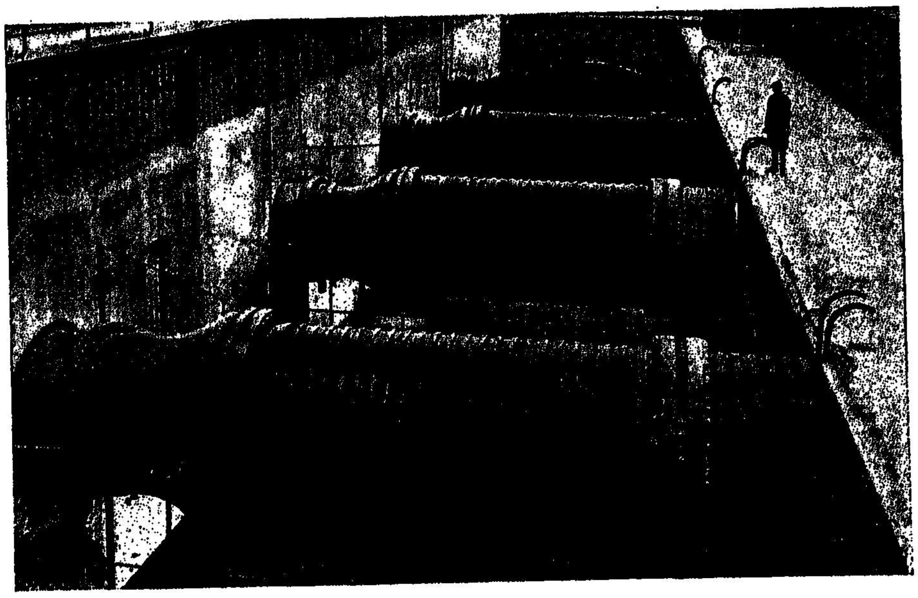


Fig. 35. - Esempio di ugelli per venturimetri applicati appena a monte della saracinesca di macchina (centrale di Cardano).

(1) Si deve rilevare che questa relazione è stata scritta prima che fossero pubblicate le nuove « Norme ».

comportamento della ghisa: e questa è un'altra buona ragione per sconsigliarla. La ghisa invece può trovare impiego in accessori di minore importanza.

Nella prefazione alle « Norme », riferendosi ai coefficienti di rottura e di allungamento ed alla qualità in genere dei materiali, la Commissione dice:

« Tale definizione dei coefficienti di resistenza e di allungamento, appena temperati nelle presenti norme da alcune tolleranze per lamiere di grande spessore, costituisce una richiesta alquanto elevata della loro qualità, in certa misura superiore a quanto corrisponde all'uso corrente.

« La Commissione ha creduto tuttavia importante affermare col valore dei coefficienti anzidetti le condizioni di produzione del materiale, che importa raggiungere nel più breve tempo, reintegrando le caratteristiche che l'uso dei residuati di guerra ha in questo periodo sensibilmente abbassati ».

Ciò equivaleva, allora, a concedere delle leggere mitigazioni a questi coefficienti. Adesso quei coefficienti dovrebbero invece essere considerati tassativi.

Le « Norme », inoltre, non davano allora prescrizioni per i tubi blindati perchè ne era troppo recente l'introduzione e mancava l'esperienza. Oggi anche per essi si possono dettare le caratteristiche dei materiali. Per le lamiere delle camicie non c'è che da riferirsi completamente alle caratteristiche delle lamiere saldabili per i tubi saldati. Per gli anelli può essere impiegato un acciaio del tipo semiduro previsto per i tubi senza saldatura, mitigandone un po' la resistenza minima alla rottura ed aumentando leggermente l'allungamento massimo e quello minimo.

Per l'acciaio dei getti io sono del parere che sia utile addolcirne per quanto è possibile la qualità. Perciò io vedrei volentieri scendere il carico di rottura minimo anche a 40 kg/mmq pur di vedere salire l'allungamento intorno al 22% circa per non scendere mai al disotto del 18%. Ho del resto già ripetutamente constatato che le buone acciaierie superano quasi sempre anche questi valori per l'allungamento, pur mantenendo la resistenza nei limiti prescritti.

### Coefficienti di lavoro.

Nel dettare i criteri di calcolo, le « Norme » fissano che nelle calcolazioni si deve tener conto di « una pressione interna uguale alla somma della pressione idrostatica, corrispondente al livello massimo dell'acqua nella camera di carico, e della sovrapressione dovuta al colpo d'ariete più sfavorevole fra quanti si possono verificare nelle condizioni normali di esercizio ». Più avanti esse prescrivono che la sovrapressione sopradetta non deve essere mai inferiore al 10%.

Per quanto riguarda la prima parte sarebbe bene precisare cosa si intende per questo « colpo d'ariete più sfavorevole fra quanti si possono verificare nelle condizioni normali dell'esercizio ». Io ho sempre interpretato che sia il colpo d'ariete corrispondente all'istantaneo distacco del massimo carico di tutte le macchine servite dalla tubazione. Questa condizione in molti casi può essere gravosa, ma è però fuori di dubbio che si può verificare molte volte. Così stando le cose, io credo che sarebbe opportuno togliere quel termine del 10% fissato come minimo. Ormai, nel caso delle turbine Pelton, negli impianti moderni, queste sono tutte munite del deviatore del getto; nel caso dei tipi Francis esiste ormai sempre lo scarico sincrono. In queste condizioni, il costruttore della turbina può molte volte scendere al disotto di questo valore del 10% per il colpo d'ariete massimo, e ciò senza particolari difficoltà. Non si vede quindi perchè si debba aggiungere dell'altro peso alla condotta forzata, quando si tenga già conto del distacco istantaneo del massimo carico.

Più avanti le « Norme » dicono ancora: « Le condizioni di colpo d'ariete che si debbono considerare come affatto eccezionali, ma tuttavia possibili nell'esercizio, come quelle che corrispondono ad una simultanea massima attività degli otturatori di tutte le turbine di una stessa centrale, dovranno essere presi in considerazione per verificare che le sovrapressioni corrispondenti non superino del 50% la pressione idrostatica ».

Che cosa significa cio? Io francamente non lo comprendo; perchè se si vuol qui accennare al distacco istantaneo del massimo carico accompagnato da un buon funzionamento dei regolatori, o degli scarichi sincroni, questa non è affatto una condizione del tutto eccezionale. Basta difatti che vada a terra la linea, perchè ciò si verifichi senz'altro. A meno che la Commissione abbia voluto prevedere qui un cattivo funzionamento dei regolatori o degli scarichi sincroni. Ma se ci ingolfiamo nella ipotesi dei guasti degli organi di regolazione delle macchine, rischiamo di rendere proibitivo il costo delle condotte forzate. Io credo quindi che sarebbe sufficiente dare l'interpretazione sopra accennata a quel « colpo d'ariete più sfavorevole tra quanti si possono verificare nelle condizioni normali di esercizio ».

In questa ipotesi io ritengo che i coefficienti di lavoro fissati dalle « Norme » siano accettabili.

Occorre però aggiungere i coefficienti di lavoro per i tubi blindati. Per questi tubi, è nella pratica corrente l'uso di fissare non separatamente i coefficienti di lavoro della lamiera costituente il tubo e degli anelli, ma di dare un coefficiente di lavoro medio che dovrebbe essere quello di un ideale tubo saldato liscio equivalente al tubo blindato, lasciando poi al costruttore la ripartizione dei carichi fra camicia ed anello, sia in relazione al concetto di suddivisione del materiale fra le due parti, sia in relazione alle qualità dell'acciaio degli anelli. Credo che questo sistema si possa effettivamente adottare.

In questo caso, tenuto conto che nel calcolo è già introdotta la sovrapressione del colpo d'ariete, io proporrei come coefficiente di lavoro 10 kg/mmq.

Per tutto il resto di questo argomento rinvio alle « Norme ».

Prima di abbandonare il tema dei coefficienti di lavoro voglio accennare alle tubazioni in pozzo.

Esistono impianti nei quali la condotta forzata è montata in un pozzo scavato in roccia e l'intercapedine fra tubazione e roccia è riempita con calcestruzzo. Non parlo qui delle tubazioni elastiche, ma di tubazioni rigide normali.

In qualcuno di questi impianti i coefficienti di lavoro dei tubi sono stati spinti a valori molto più alti dei normali. A me preme di far presente una cosa: non si deve credere che, per il fatto che la tubazione è circondata dalla roccia, essa sia da questa aiutata nella resistenza alla pressione. Difatti, affinchè la roccia possa intervenire in aiuto alla lamiera nella resistenza alla pressione, occorre che il tubo, sotto l'effetto della pressione, aumenti il suo diametro in modo da costipare il calcestruzzo contro la roccia e da comprimere quest'ultima. Allora la roccia reagirà. Ora io affermo che ciò in pratica non avviene.

L'intercapedine di calcestruzzo, per quanto sottile si faccia, avrà uno spessore medio di almeno 25 centimetri. Con queste dimensioni, data la lunghezza dei tubi che si montano, sarà già difficile riuscire ad ottenere un calcestruzzo perfetto. Anche prescindendo da ciò, sta di fatto che il calcestruzzo, durante la presa, subisce un certo ritiro che possiamo valutare mediamente dell'ordine di 1/2000 delle sue dimensioni. In secondo luogo durante la presa il calcestruzzo, specialmente trovandosi in un ambiente completamente chiuso, aumenta la sua temperatura e quindi scalda la lamiera che, naturalmente, si dilata. A presa effettuata tutto ritorna alla temperatura ambiente e quindi la lamiera si ritira lasciando un sottilissimo intervallo fra essa ed il calcestruzzo. Quando si mette l'acqua, che ha una temperatura sempre inferiore all'ambiente (trattandosi dell'interno di una montagna), la lamiera si ritira ancora termicamente. Tutti questi fatti dimostrano che a costruzione finita esisterà un certo giuoco fra lamiera e calcestruzzo e fra calcestruzzo e roccia.

A questo si deve aggiungere una certa deformazione del calcestruzzo sotto l'effetto della compressione.

Facciamo ora un esempio pratico. Consideriamo un tubo saldato del diametro interno di 1740 mm e calcolato per una sollecitazione di 15 kg/mmq.

Il modulo di elasticità delle lamiere, riferito al millimetro quadrato, è 20 000. Il diametro di questo tubo, quindi, lavorando la lamiera a 15 kg/mmq, aumenterà di circa mm 1,3. Il ritiro del calcestruzzo su 50 cm di spessore si può considerare di 1/4 di millimetro. Lo sbalzo di temperatura considerato di 25°, provoca una diminuzione di diametro di mm 0,5 circa. Si vede quindi che dei 13/10 di millimetro di aumento di diametro per effetto della sollecitazione di 15 kg/mmq sulla lamiera, 7,5 sono spesi per compensare questi vani, che si formano per ragioni inevitabili. Considerando poi la difficoltà di esecuzione del calcestruzzo in queste condizioni, la impossibilità di raggiungere un perfetto costipamento contro la lamiera e contro la roccia e l'assestamento del calcestruzzo stesso sotto le prime deformazioni, si vede facilmente che anche i rimanenti 5/10 e mezzo di deformazione non sono neanche lontanamente sufficienti per determinare una compressione della roccia e quindi il suo intervento in aiuto alla lamiera. Il tubo quindi, in pratica, sopporterà effettivamente la sollecitazione di 15 kg/mmq; la quale, nel caso di un tubo saldato, è eccessiva, come sarebbe eccessiva anche nel caso di un tubo chiodato e poco tollerabile per un tubo blindato.

Il fatto che la tubazione è in pozzo può mitigare gli effetti di una rottura; a meno che non accada quel che già è successo in un impianto, ove la rottura di una tubazione in pozzo ha messo in pressione una vasta zona dell'interno della montagna, provocando alla superficie di essa (circa 70 metri sopra il tubo) una spaccatura lunga più di cento metri e larga 10 centimetri.

Mi pare quindi che sia consigliabile essere prudenti nel fissare i coefficienti di lavoro delle tubazioni rigide annegate in pozzi.

## II. – COSTRUZIONE DELLA CONDOTTA FORZATA.

Non si intende qui di dare delle norme o degli insegnamenti ai costruttori; si vogliono soltanto rammentare quelle principali e più importanti precauzioni costruttive che è opportuno siano a conoscenza di chi deve studiare una condotta forzata e deve poi formulare il capitolato di ordinazione al costruttore. Per raggiungere una maggiore semplicità ed un maggior ordine tratterò separatamente i diversi tipi di tubi.

### Tubi chiodati.

È ormai a tutti noto che i fori per le chiodature devono essere eseguiti al trapano, mai col punzone. La punzonatura dei fori provoca un incrudimento nella lamiera tutto attorno al labbro del foro ed anche delle piccolissime screpolature. È successo più volte che delle chiodature si sono rotte per questa ragione, ed in questi casi la rottura avviene a carichi di lavoro relativamente bassi. Può essere eccezionalmente consentito di eseguire col punzone un foro assai più piccolo di quello definitivo, ottenendone poi l'allargamento col trapano. Però è meglio evitare anche questo.

La tracciatura delle forature è bene sia fatta dopo la calandratura delle lamiere e con i lembi da chiodare già sovrapposti. Così il trapano fora contemporaneamente i due spessori e si garantisce la perfetta coassialità dei fori.

Quando la chiodatura è ben fatta, la sua resistenza non è affatto dovuta alla resistenza al taglio del gambo del chiodo, ma invece all'attrito che si sviluppa fra le due facce a contatto coi lembi chiodati per virtù della tensione dei gambi dei chiodi. Per questa ragione le più moderne presse chiodatrici sono munite del così detto pressa lamiere, di un apparecchio cioè che comprime fortemente fra di loro i due lembi da chiodare mentre lo stampo forma la testa del chiodo. Occorre però che l'operaio non tolga la pressione appena formata la testa; è necessario un breve tempo di attesa fino a che il chiodo abbassa un po' la sua temperatura, altrimenti, essendo ancora molto caldo, si allungherebbe senza opporre resistenza, diminuendo di parecchio l'efficienza della giunzione.

I lembi delle lamiere e le teste dei chiodi vanno calafatati. Perciò i lembi delle lamiere vanno appositamente preparati alla pialla.

Quando un tratto di tubazione va murato completamente, è opportuno non limitare la calafatatura della chiodatura alla sola parte esterna, ma estenderla anche alla parete interna; questo per diminuire la probabilità di perdite che non possano essere individuate.

### Tubi saldati.

Mi limito alla saldatura al gas d'acqua.

La saldatura può avvenire per sovrapposizione di lembi o con l'interposizione di ferro di apporto. Ormai questo secondo tipo di saldatura è quasi abbandonato per la costruzione dei tubi correnti, sia perchè i costruttori specializzati sono ormai riusciti ad eseguire ottime saldature a sovrapposizione anche per spessori rilevanti, sia perchè è ormai invalso il criterio di passare ai tubi blindati quando diventano difficili le saldature a sovrapposizione, quando cioè lo spessore di lamiera da saldare supera un certo limite. Ciò è giusto, perchè nessuno può negare che una saldatura con ferro di apporto, oltre che essere più difficile, è anche meno efficiente.

Occorre avere molta cura nel sagomare i lembi da saldare. Lo studio di questa sagomatura è stato oggetto di molte cure da parte dei costruttori: da essa dipende molto la buona riuscita della saldatura, perchè da essa dipende la ditribuzione delle temperature sul punto di saldatura.

Dopo saldati, i tubi vanno accuratamente ricotti. Questa è un'operazione essenziale perchè il trattamento termico della saldatura altera grandemente le qualità del metallo, non solo nel punto di attacco vero e proprio, ma anche nelle due zone laterali. La ricottura quindi deve rigenerare il materiale riportandolo alle condizioni iniziali o quasi. L'operazione di ricottura va eseguita in forni adatti e condotta con molta cura. I migliori costruttori hanno ormai dei bellissimi forni, muniti di apparecchi registratori dell'andamento delle temperature in diversi punti, opportunamente scelti, del forno. L'aumento di temperatura del tubo deve essere graduale e piuttosto lento, raggiunta la temperatura prefissata, è buona norma che il tubo vi sia mantenuto per alcuni minuti.

Allorchè il tubo viene estratto dal forno, e mentre è ancora rovente, deve essere portato alla calandra per l'arrotondamento. L'operazione di calandratura deve essere rapida per approfittare di eseguirla sul tubo ad alta temperatura. Il tubo poi deve essere lasciato raffreddare spontaneamente all'aria.

La prova idraulica deve essere eseguita dopo la ricottura.

Se la prova idraulica, come qualche volta accade, specialmente per gli spessori minori, svela delle perdite sulla saldatura, si possono acconsentire riparazioni, salvo che si constati che le perdite sono causate da rotture indicanti che la saldatura non è riuscita e che il materiale non è saldabile. Bisogna però porre attenzione al modo di eseguire queste riparazioni. Se la riparazione deve essere fatta usando ancora del gas d'acqua, si impone dopo una nuova ricottura. Molte volte invece, quando è ben chiaro che si tratta di perdite provocate da piccoli distacchi, da piccole zone di metallo cioè che non si sono attaccate, specialmente sugli spessori piccoli, è meglio eseguire una riparazione alla fiamma ossidrica che al gas d'acqua. La riparazione alla fiamma ossidrica poi, interessando sempre zone molto ristrette, non richiede una nuova ricottura.

Tubi blindati.

Per le camicie dei tubi blindati vale quanto è stato detto per i tubi saldati. Si potrà aggiungere che, se non viene eseguita la tornitura dove vanno applicati gli anelli di cerchiatura, occorre che la operazione di calandratura, successiva alla ricottura, sia particolarmente accurata per raggiungere il massimo di rotondità possibile sulla superficie esterna del tubo.

Prima di applicare gli anelli occorre essere ben certi che la superficie esterna del tubo sia pulita; occorre in modo particolare asportare accuratamente tutte le squame di ossido che si formano, sia durante la saldatura, sia durante la ricottura. Fra anello e lamiera non devono esservi materiali estranei. Gli anelli vanno naturalmente torniti sulla faccia interna ad un diametro calcolato in relazione al diametro esterno della camicia. Vengono poi riscaldati ed applicati sulla lamiera ed anche in questa operazione si deve osservare che non si fermi dello sporco sulla camicia, dove va applicato l'anello.

Quando il tubo è raffreddato tutti gli anelli saranno in tensione e la camicia sarà compressa. Affinchè il tubo si possa chiamare ben riuscito occorrerà constatare la perfetta aderenza degli anelli alla lamiera su tutto lo sviluppo. Si potrà forse trovare qualche piccolissimo distacco limitato però a piccole lunghezze; non è affatto tollerabile l'introduzione di spessori fra anello e camicia. Ciò significherebbe che la distribuzione degli sforzi del materiale non è più quella prevista nei calcoli. La località dove più facilmente si notano questi distacchi è nella zona di saldatura. Ma, come dissi, si possono tollerare distacchi dell'ordine del decimo di millimetro o poco più e limitati a pochi centimetri di lunghezza.

Non deve essere tollerato nel modo più assoluto che gli anelli vengano adattati alle camicie con colpi o, peggio ancora, riscaldandoli. Dopo queste operazioni il tubo non sarebbe più un tubo blindato ed i calcoli fatti non avrebbero più nessun significato. Dopo che il tubo è stato blindato non deve più subire nessun trattamento termico, ma solo lavorazioni a freddo.

Nei tubi blindati è necessario provare idraulicamente le camicie prima della cerchiatura ed i tubi finiti poi. Naturalmente, le pressioni di prova devono essere diverse e proporzionali allo spessore di camicia la prima, alla resistenza del tubo la seconda.

Qualche costruttore usa tornire sull'esterno della camicia la sede dell'anello, qualche altro invece è addirittura contrario a ciò. Io da molti anni sono in condizioni di seguire la costruzione dei tubi blindati presso diversi costruttori. Il più importante fra di essi, una ormai celebre ditta italiana specializzatasi in queste costruzioni, non tornisce affatto le camicie. In migliaia

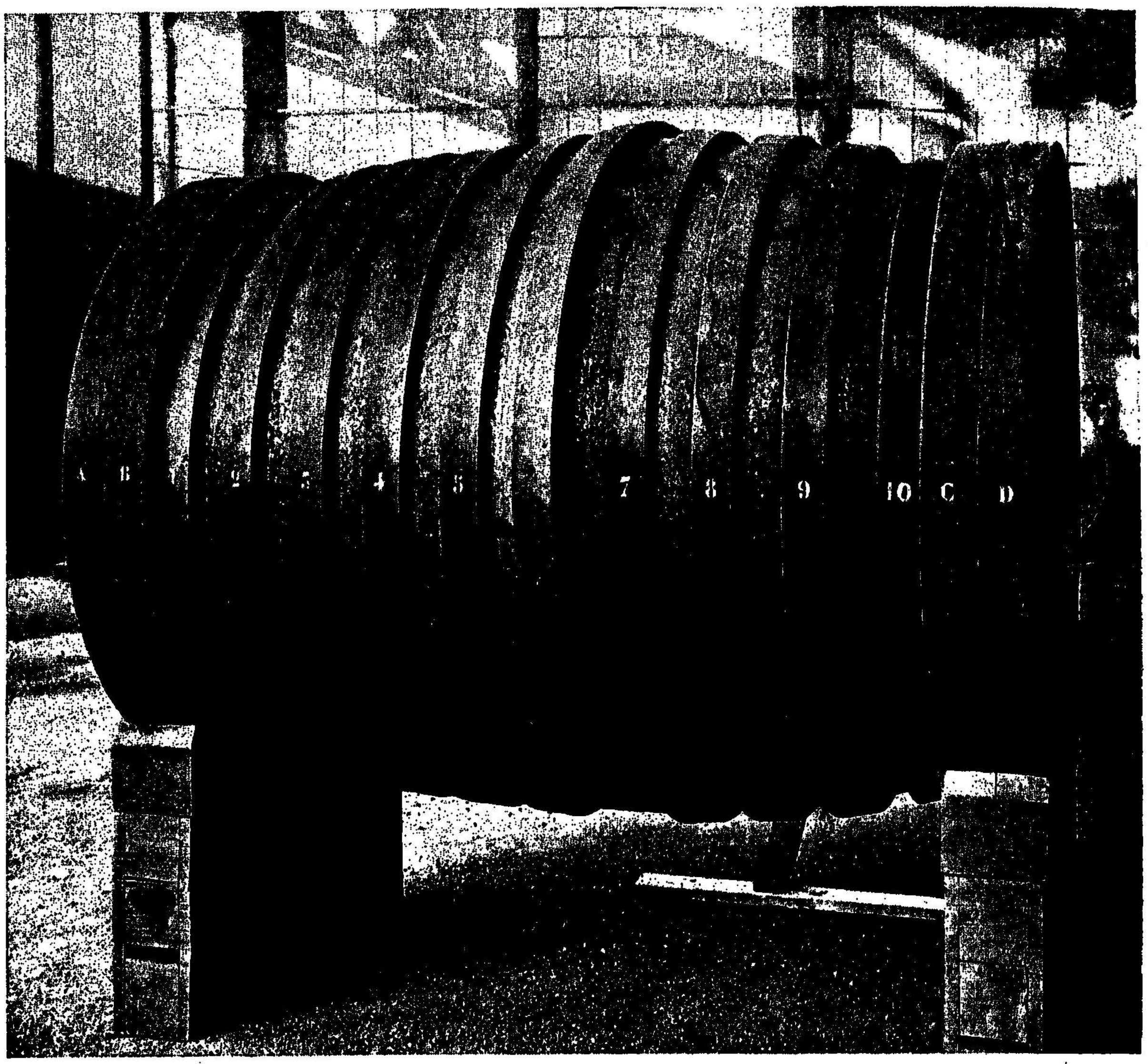


Fig. 36.

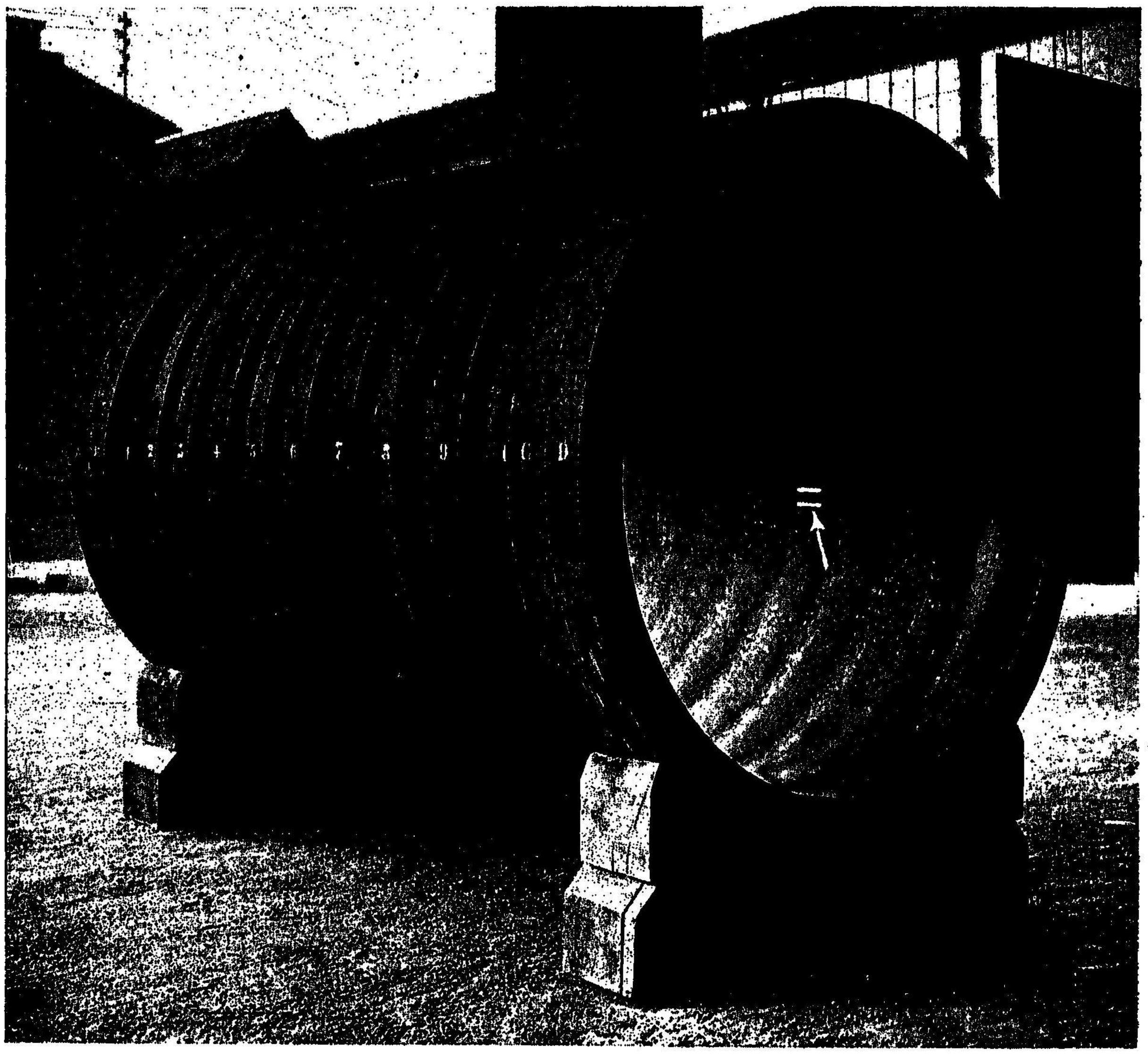


Fig. 37.

Figg. 36 e 37. - Deformazione permanente provocata in un tubo blindato forzando la pressione interna.

di tubi blindati che ho visto costruire da questa ditta non ho mai notato il più lieve inconveniente da imputare alla mancanza di tornitura delle camicie. Certo che ciò impone una notevole cura nella preparazione della camicia stessa. Però, compiuta che sia a dovere la preparazione della camicia, si constata che, anche senza la sua tornitura, l'anello si adatta in modo perfetto. Nelle due figure 36 e 37 sono riprodotti due tubi blindati, perfettamente identici, che sono stati portati a rottura. In uno si è prodotta una piccola fessura su una saldatura, nell'altro si è rotto un anello. Le deformazioni permanenti hanno assunto proporzioni stupefacenti. Le camicie non erano state tornite, il che dimostra che l'efficienza del tubo non ne ha sofferto.

Con ciò io non voglio condannare il metodo di tornire le camicie usato da qualche costruttore tedesco. Voglio solo mostrare che, con una ottima lavorazione, si può fare a meno di ciò, risparmiando in materiale ed in lavorazione.

### Giunzioni.

Le giunzioni dei diversi elementi di montaggio vanno preparate in officina. Quando comportano delle forature sulle lamiere, vengono eseguite dopo la prova idraulica.

Quando le giunzioni sono fatte a mezzo di chiodatura, è anche qui utilissimo forare contemporaneamente col trapano i due lembi da chiodare. Si raggiunge così non solo lo scopo della coassialità dei fori, ma anche quello del perfetto adattamento delle due estremità da congiungere.

È sempre buona norma richiedere che, prima della spedizione, il costruttore controlli nell'officina tutte le giunte. Ne sarà così grandemente facilitato il montaggio, con risparmio di tempo e di denaro, ottenendo anche una esecuzione migliore.

Quando le giunzioni comportano l'esecuzione di chiodature trasversali in opera, è bene che il tratto inferiore di queste chiodature venga eseguito con chiodi a testa rasa all'interno del tubo. Ciò facilita grandemente l'esecuzione della chiodatura in questo tratto dove il poco spazio esistente fra tubo e terreno renderebbe difficilissima l'esecuzione della testa dei chiodi dall'esterno.

### Elementi di fusione.

I getti in acciaio fuso devono essere essi pure accuratamente ricotti prima della lavorazione.

Le prove tecnologiche di questo materiale devono essere eseguite sempre dopo la ricottura e prima della lavorazione per avere la possibilità di poter eseguire anche un secondo trattamento termico. Ho potuto personalmente constatare in più occasioni che del materiale che presentava caratteristiche cattive dopo la prima ricottura, diventava invece ottimo dopo un nuovo trattamento termico debitamente studiato e condotto.

Occorre invece essere molto prudenti prima di acconsentire a riparazioni su getti risultati difettosi, specialmente se ci si trova di fronte a spessori rilevanti, come quelli che si hanno negli elementi fusi dei collettori sottoposti a forti pressioni. Le riparazioni, quando interessano forti masse di materiale, non danno mai la sicurezza della riuscita. Naturalmente, io qui parlo di riparazioni che vengono eseguite su delle vere e proprie lesioni del getto. In ogni caso, tutte le volte che le riparazioni di una certa importanza sono eseguite a caldo, si impone dopo una nuova ricottura del getto.

### Ordine di costruzione.

Quando deve essere intrapresa la costruzione di una condotta forzata è bene fissare in precedenza il programma del montaggio, in modo particolare quando trattasi di condotte forzate di notevole lunghezza per le quali si possono prevedere più attacchi di montaggio. Così facendo, il costruttore può a sua volta predisporre il suo programma di costruzione ed eseguire un rifornimento che alimenti in modo costante il montaggio, evitando l'inconveniente di interruzioni dannose.

Gli attacchi di montaggio si fanno sempre partendo dai vertici. È ottima norma cominciare sempre da vertici presentanti la loro concavità verso l'alto. Nei collettori, la migliore condizione è quella di cominciare il montaggio dagli attacchi alle turbine; in questo modo il montaggio riesce più preciso. Se questa condizione non si può effettuare, è allora opportuno prevedere sulle derivazioni alle macchine degli anelli di correzione, studiandoli in modo che servano, non soltanto per correzioni di lunghezza, ma anche per piccole correzioni di direzione.

## III. – PROVE E COLLAUDI D'OFFICINA.

### Prove tecnologiche sui materiali.

Prima che i materiali per la costruzione degli elementi della condotta forzata vengano impiegati, è opportuno eseguire delle prove sugli stessi, per controllare le loro caratteristiche tecnologiche.

Occorre perciò eseguire il prelevamento delle barrette di prova.

Per le lamiere non è necessario prelevare barrette da ogni pezzo. Basterà fare dei controlli per ogni colata. Negli elementi di fusione invece è opportuno che ogni pezzo porti le sue barrette. Per ogni prova è opportuno avere a disposizione più di una barretta perchè non è infrequente il caso di trovare dei piccolissimi difetti locali, che non avrebbero nessuna importanza sul complesso della lamiera o del getto, ma che viceversa falsano completamente i risultati della prova sulla barretta, date le dimensioni sempre piccole della sua sezione. A questo riguardo si deve notare anche che, specialmente per le lamiere, le barrette si devono sempre prelevare nella estremità dove è più facile trovare i difetti.

Condizione generale da esigere sempre dai costruttori si è quella che le barrette non vengano ricotte separatamente dai pezzi cui appartengono; esse devono essere prelevate dopo ultimati tutti i trattamenti termici stabiliti per i diversi materiali. Una volta che la barretta è stata staccata non deve più subire alcun trattamento termico prima della prova cui è destinata. Questa condizione è importantissima, altrimenti si eseguiscono delle prove su materiale che si trova in condizioni diverse da quelle del materiale impiegato nella costruzione.

Per le lamiere è bene prelevare barrette sia nel senso longitudinale, che nel senso trasversale rispetto alla laminazione. Le barrette trasversali devono essere prelevate nella zona corrispondente alla parte superiore del nucleo del lingotto. Se la ferriera ha metodi speciali di laminazione, occorre tenerne conto nel fissare la posizione di prelievo delle barrette.

Dopo prelevate, le barrette debbono essere lavorate sempre a freddo e portate alle dimensioni stabilite. Per queste mi riferisco alle note regole dettate dalla Associazione Italiana per lo studio dei materiali da costruzione.

Le barrette servono normalmente per le prove di trazione, di resistenza e di piegamento a freddo.

Durante le prove di trazione è opportuno rilevare, oltre al carico di rottura e all'allungamento, anche il carico al limite di elasticità e la strizione. È poi sempre necessario esaminare anche l'aspetto della zona di rottura (se cristallino, a struttura fibrosa, a grana grossa o fina, ecc.).

Le prove di resistenza, fino a poco tempo fa poco adottate, sono invece utilissime e servono benissimo a dare un'idea della bontà del materiale.

Le prove di piegamento a freddo servono bene per le barrette delle lamiere e delle barre dei chiodi.

È assai utile anche prescrivere delle prove di saldabilità. Per esse le « Norme » ne indicano le condizioni. Sulle barrette di saldatura torna opportuna anche la prova di piegamento a freddo.

Queste prove tecnologiche possono essere completate, se del caso, da analisi chimiche e metallografiche. Queste di solito però si richiedono soltanto quando occorra rendersi maggiormente conto di risultati anormali nelle prove prima descritte.

Queste prove si possono eseguire direttamente nella ferriera costruttrice delle lamiere, ovvero anche presso il Costruttore della tubazione. In questo caso le prove in ferriera devono essere eseguite dal costruttore della tubazione, cui si potrà chiedere di produrre i certificati di prova (1).

PROVE IDRAULICHE D'OFFICINA.

Le prove idrauliche d'officina si eseguiscono solamente sui tubi saldati e blindati, sui getti e sugli apparecchi di chiusura. Da esse ne sono esclusi, in via generale, i tubi chiodati.

Queste prove si possono eseguire: o per mezzo della pressa idraulica, stringendo cioè, con opportune guarnizioni di tenuta, il tubo fra i due piatti, di una pressa e poi immettendovi la pressione fino al valore fissato, ovvero per mezzo di fondi di chiusura sulle estremità del tubo.

Il primo sistema si adotta per tutti i tubi normali sprovvisti di flange o le cui flange non sarebbero sufficientemente resistenti per gli sforzi della pressione di prova; il secondo sistema si adotta quando si devono provare tubi le cui giunzioni trasversali a flangia devono, durante l'esercizio, sopportare tutta la spinta idrostatica, come avviene ad esempio nei distributori aventi l'ancoraggio principale alla estremità di monte.

Sia con l'uno che con l'altro sistema, la prova si ripromette lo scopo di verificare la ermeticità degli elementi e di svelare eventuali gravi difetti costruttivi o di materiale. Perciò, durante la prova, si compiono operazioni che devono aiutare in questa indagine.

È quindi importante la scelta della pressione di prova.

Per i tubi saldati è ormai diventato uso generale di fissare la pressione di prova pari ad una volta e mezzo quella di esercizio. Ritengo questo limite giusto e più che sufficiente per indicare quanto si deve richiedere alla prova, senza provocare guai. Perchè non si deve credere che sia un vantaggio esagerare nelle sovrapressioni di prova: si può correre il rischio di rovinare un tubo senza farlo rompere, ed allora la prova ha l'effetto perfettamente contario di quello prefisso, perchè il deterioramento può avvenire senza che il collaudatore se ne accorga.

Il tubo deve essere portato alla pressione di prova non in modo violento, ma con una certa gradualità. Quando è alla pressione voluta è bene fare battere le saldature con colpi che devono essere proporzionati agli spessori di lamiera che sono stati saldati. Il tubo, poi, va mantenuto alla pressione di prova per un certo tempo; un quarto d'ora o venti minuti sono sufficienti. Prima di far ridiscendere la pressione è opportuno ripetere la martellatura delle saldature e poi eseguire, sempre colla pressione massima, un'accurata visita delle saldature. Per questa visita, o almeno perchè da questa visita si possa dedurre un giudizio esatto, occorre un occhio esperto.

Per i tubi blindati si segue nelle prove un procedimento analogo. Prima devono essere provate le camicie ad una pressione di prova proporzionata al loro spessore, tale cioè che induca in esse una sollecitazione unitaria pari ad una volta e mezzo quella fissata come carico di lavoro per i tubi saldati. Dopo la blindatura il tubo subisce una seconda prova definitiva, o sulla pressa o con i fondi a seconda delle sue funzioni, ed in questa la sovrapressione si riferisce alla pressione d'esercizio. Io sono del parere che anche per i tubi blindati sia logico scegliere il 50% come valore della sovrapressione. I coefficienti di calcolo dei tubi blindati, infatti, sono superiori a quelli dei tubi saldati, quindi, pur mantenendo uguale la sovrapressione di prova, le sollecitazioni medie dei materiali di questi tubi sono più elevate di quelle dei tubi saldati.

Nella visita dei tubi blindati occorrerà guardare anche accuratamente gli anelli di blindatura; constatare cioè che essi siano applicati a dovere, che aderiscano uniformemente alla camicia e che siano su di essa ben tirati. Se si dovesse trovare un anello che si muove, questo è motivo sufficiente per scartare il tubo. Una buona norma a questo scopo è quella di battere, dopo scaricata la pressione, con un martello e con una successione rapida, successivamente tutti gli anelli. Si deve ottenere uniformità di suono per tutti. Se un anello fosse allentato suona diversamente da quello in tiro.

Per i getti in acciaio fuso, che nella grande maggioranza sono provati con i fondi, è opportuno innalzare la sovrapressione di prova portandola al 75 % o addirittura al doppio della pressione d'esercizio.

La condotta della prova dei getti è opportuno che sia diversa da quella della prova dei tubi.

L'esperienza da me fatta in numerosissime prove mi ha portato a dividere questa prova in due tempi: un primo periodo per la verifica della ermeticità del getto, un secondo periodo per la verifica della sua resistenza. Nei getti, specialmente in acciaio fuso, possono crearsi delle zone porose. Si può anzi dire che è quasi inevitabile che nel corpo del metallo esistano degli alveoli che si formano durante il raffreddamento del getto. Lo studio principale dei tecnici delle fonderie è appunto quello di ridurre gli effetti nocivi del raffreddamento del metallo. Le perdite attraverso a queste porosità possono svelarsi all'esterno con parecchio ritardo rispetto all'inizio della messa in pressione. Per altro verso, dato che in questi casi le sovrapressioni, e quindi le sollecitazioni di prova, hanno un rapporto maggiore rispetto a quelle nascenti dalle condizioni di esercizio non è prudente prolungare esageratamente queste sollecitazioni eccezionali. Perciò io ritengo che una buona condotta di queste prove possa essere fatta così. Il getto viene portato alla pressione d'esercizio ed a questa mantenuto per almeno un paio d'ore. Durante questo periodo il getto deve essere frequentemente osservato per constatare se si manifestano trasudamenti o perdite più palesi. Nel caso, si possono eseguire dei calafataggi superficiali che nel 95% dei casi, se il getto è ben riuscito, raggiungono lo scopo di stagnare completamente le piccole perdite. Raggiunta che sia l'ermeticità in queste condizioni, e dopo non meno di due ore, come dicevo prima, si porta il getto alla pressione massima stabilita per la prova mantenendovelo per circa 20 minuti. Durante questo tempo il getto potrà anche essere leggermente battuto nelle zone più critiche. Se in queste condizioni il getto si mantiene stagno e non si manifestano screpolature o scricchiolii, può essere tranquillamente accettato.

Può darsi che con semplice calatafaggio esterno non si riesca a stagnare completamente certe perdite. Se però chi è preposto alla prova, dal modo come queste perdite si comportano, si convince che esse non sono prodotte da cause che possano compromettere effettivamente la resistenza dell'elemento, si può accordare anche il tentativo di un calafataggio interno. Prima di far ciò, però, è bene fare ugualmente la prova di resistenza. Dopo eseguito il calafataggio interno la prova deve essere ripetuta completamente in tutte le sue fasi.

Negli elementi di fusione è sempre opportuno eseguire anche la verifica degli spessori di parete, perchè lo spostamento dell'anima durante la fusione può portare a variazioni anche grandi nello spessore da un punto ad un altro. Per questa ve-

---

(1) Queste prove tecnologiche hanno grandissima importanza. Mi è capitato alcuni anni or sono di scartare presso un costruttore un lotto di 96 tonnellate di lamiere, perchè, alla prova, erano risultate non saldabili. Ciò non ostante alcuni tubi, costruiti con tali lamiere, avevano già subito, con esito soddisfacente, la prima prova idraulica.

rifica non si deve avere alcun timore anche a praticare dei fori passanti, naturalmente, di piccolo diametro. Questi fori saranno poi chiusi con dei prigionieri e date le loro piccole dimensioni, non portano nessun pregiudizio alle condizioni di resistenza del getto. Prima di smettere la prova è anche opportuno provocare delle oscillazioni, non molto rapide naturalmente, tra la pressione massima di prova ed una pressione molto più bassa di quella di esercizio.

La prova di tenuta e di resistenza dei corpi degli apparecchi di chiusura si eseguisce in modo perfettamente identico a quella descritta per gli elementi di fusione. In questi apparecchi poi si deve eseguire anche la prova di tenuta e di resistenza dell'organo otturatore. Le modalità, anche per questa prova, sono le stesse. Naturalmente, a seconda del tipo di apparecchio (valvola a farfalla, saracinesca, valvola sferica, valvola Johnson, ecc.) si procede in un modo piuttosto che in un altro. Su questi apparecchi si fanno poi anche le prove del meccanismo di apertura e di chiusura, controllando gli sforzi necessari ad azionare tale meccanismo.

Se trattasi di apparecchi a chiusura automatica (generalmente a farfalla) si deve provare anche l'automatismo, facendo un montaggio di circostanza in Officina e controllando quale pressione occorre esercitare sulla palmola per provocare lo scatto ed il funzionamento del meccanismo.

Nella prova di tenuta delle valvole a farfalla occorre adottare un criterio di relatività. Da queste valvole, specialmente col crescere del diametro, non si può pretendere una tenuta perfetta; occorre accontentarsi di una perdita non grande alla pressione di esercizio. Le deformazioni stesse del corpo dell'apparecchio, sotto l'effetto della pressione, sono sufficienti a provocare delle perdite. Ho difatti constatato molte volte che valvole a farfalla aventi un aggiustaggio praticamente perfetto, messe in pressione accusavano perdite. Un punto nel quale, malgrado gli accorgimenti più accurati, è quasi impossibile ottenere l'ermeticità, è nelle vicinanze del perno di rotazione della lente.

Quando si hanno delle valvole di uscita e di rientrata dell'aria del tipo a galleggiante, è necessario provare questo galleggiante comprimendolo dall'esterno con una pressione un po' superiore a quella d'esercizio.

Regola generale per tutte queste prove è quella che i diversi elementi devono essere provati allo stato grezzo, senza cioè verniciatura di sorta.

Sempre in tema di collaudi d'officina, io ritengo che sia bene eseguire anche qualche verifica delle deformazioni degli elementi sottoposti a verifica.

Anche le prove idrauliche poi devono essere affidate a personale pratico. Non è sufficiente vedere che non esce l'acqua; possono sussistere ugualmente dei difetti, anche gravi, e qualche volta questi difetti possono sfuggire anche all'occhio più esperto. In queste prove occorre metodo, scrupolo e pazienza. Non è affatto detto che se un tubo od un getto hanno dei difetti debbano proprio scoppiare durante la prova. Gli scoppi anzi sono assai rari e, presso i buoni costruttori, addirittura rarissimi. Le sollecitazioni di prova, anche se arrivano al doppio della sollecitazione d'esercizio, sono ancora assai lontane dal limite elastico e dal carico di rottura. Da ciò si deduce facilmente che la prova può benissimo lasciare inalterato un elemento anche difettoso. La prova perciò deve essere accompagnata da una accurata osservazione.

Alle volte può occorrere di verificare la tenuta di certe saldature che non possono essere sottoposte, per qualche ragione particolare, alla prova di pressione. Vi sono per esempio delle volte dei gomiti saldati trasversalmente, che non si possono provare a pressione perchè sprovvisti di flange. Una verifica della tenuta di queste saldature trasversali si può allora eseguire usando del petrolio. Queste prove si fanno a tratti. All'interno del tubo, intorno al tratto di saldatura che si vuol provare, si forma con dello stucco una piccola vaschetta nella quale si versa del petrolio. Si scalda poi leggermente la lamiera dall'esterno. Se esiste una fessura, per quanto piccola, il petrolio trasuda subito all'esterno.

Ho detto in principio che non è consuetudine e nemmeno opportuno, provare idraulicamente i tubi chiodati.

Volendo ugualmente eseguire un collaudo, occorre naturalmente porre attenzione alle chiodature, verificando se tutti i chiodi tirano bene e se le calafature sono eseguite a regola d'arte. Se un chiodo non è ben fisso va senz'altro asportato e sostituito; nessuna altra operazione su quel chiodo può riuscire efficace.

Quanto ho detto sopra rappresenta naturalmente lo schema generale delle prove d'officina; esistono anche molti casi particolari, in cui il collaudatore deve regolarsi a seconda delle circostanze.

Una massima alla quale il collaudatore intelligente deve sempre uniformarsi è la seguente: il capitolato di fornitura, con tutte le sue prescrizioni, deve essere interpretato nel suo spirito e non sempre alla lettera. Stando strettamente ligi alla interpretazione letterale si può cadere nel pericolo di rifiutare degli elementi buoni e di accettarne invece di quelli assai peggiori dei primi.

Quando poi devono essere decise delle riparazioni, il collaudatore non deve mai essere assoluto nelle sue idee e deve ascoltare e discutere anche le opinioni del costruttore che, nella maggior parte dei casi, è di lui assai più competente. Il personale di collaudo deve essere costituito da tecnici che hanno una certa conoscenza delle lavorazioni che portano alla costruzione degli elementi di prova.

DOTT. ING. UMBERTO BONO.

(*Continua*).

Dr. Ing. Luigi Manfredini
DIRETTORE SOC. ITALIANA DELL'ALLUMINIO

# Note sul canale dell'impianto idroelettrico di Mori sull'Adige

Fra i recenti impianti idroelettrici a bassa caduta, quello di Mori rappresenta in Italia l'esempio forse più notevole sia per l'entità della portata derivata, che per l'importanza delle opere idrauliche relative ad un fiume i cui deflussi di magra e di piena sono, dopo quelli del Po, i più ragguardevoli nella Penisola.

Le presenti note si limitano ad illustrare una delle opere principali: il canale di derivazione che, per quanto costituisca un lavoro in prevalenza di movimento di terra, rappresenta per le difficoltà superate una delle più essenziali caratteristiche dell'impianto.

***

La conoscenza attraverso la letteratura tecnica dei disastri avvenuti in canali analoghi nell'ultimo ventennio pose subito il problema del canale in primo piano nello studio del progetto esecutivo e valse a farci considerare l'opera con tanto maggiore diligenza in quanto ben poco il progettista può in simili casi riposare sul controllo del calcolo.

Scarso infatti in tale tipo di costruzioni, come in quello analogo delle dighe in terra è il contributo che apporta la letteratura tecnica, o quanto vi si può attingere non è costituito se

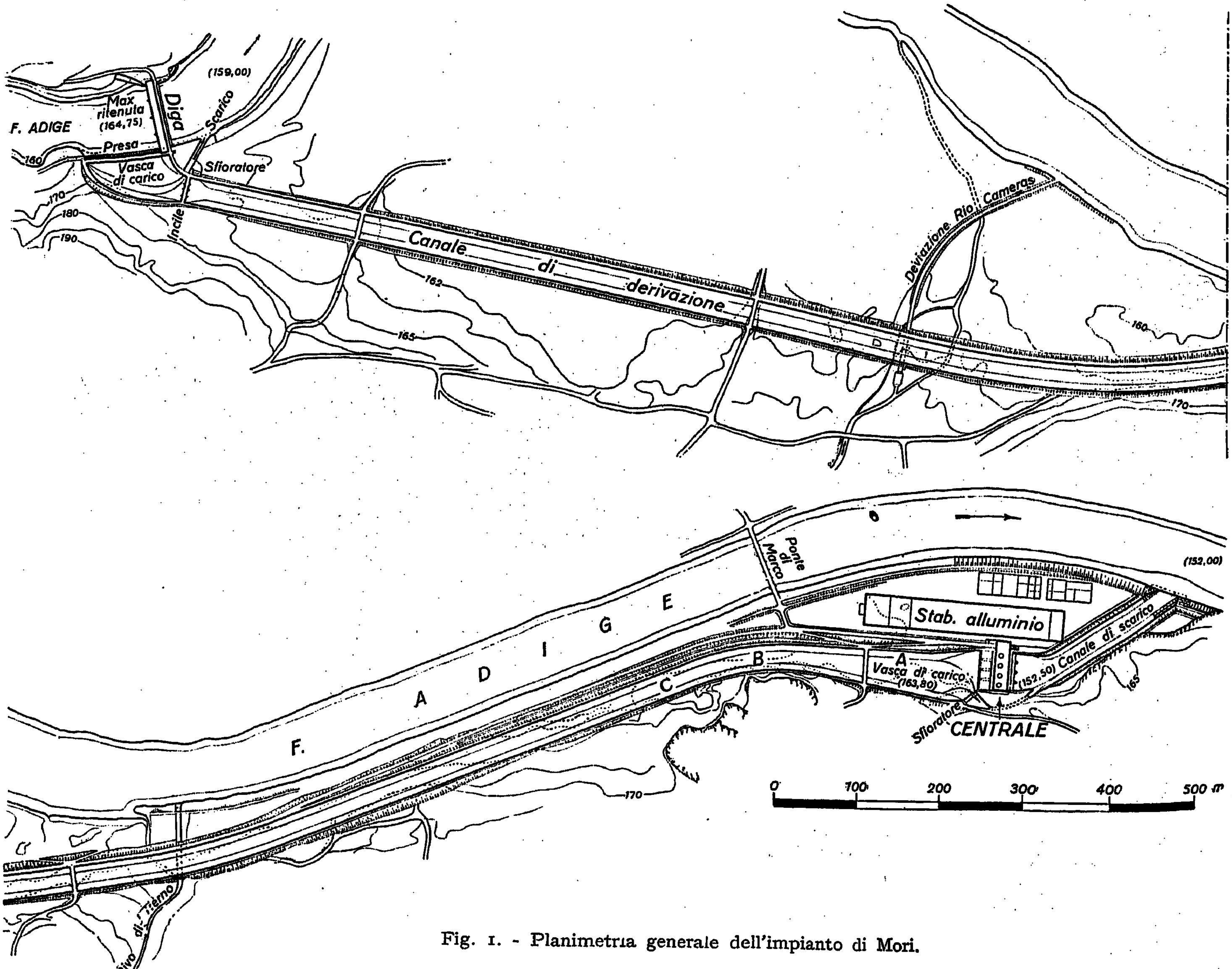



Fig. 1. - Planimetria generale dell'impianto di Mori.

non dal raffronto, tuttavia proficuo, degli innumerevoli profili adottati dalla pratica dei progettisti, ma in condizioni ben spesso disparate di materiali e di impostazione, che non possono essere in alcun modo generalizzate. Mentre poi sulle dighe in terra, dato il loro limitato sviluppo in lunghezza si può contare sopra una omogeneità di materiale proveniente in generale dagli stessi giacimenti di cava, in un canale come il nostro, lungo circa due chilometri e mezzo, si è dovuto prospettare e risolvere la necessità di utilizzare i diversi materiali disponibili lungo il percorso e derivanti dagli scavi.

***

Il canale di Mori è ormai in esercizio regolare e continuativo da circa 4 anni e il suo ottimo comportamento fa ritenere che i criteri adottati nell'esecuzione, ed i provvedimenti presi subito dopo la sua messa in carico per assicurarne l'immediata impermeabilità assoluta, possano costituire un soddisfacente successo specialmente nei confronti di opere consimili e di altri noti grandi impianti europei.

## Le caratteristiche di progetto.

### a) *Tracciato.*

Il tracciato del canale si svolge attraverso il terreno alluvionale della Valle dell'Adige in sponda destra per una lunghezza di m 2450 fra le griglie della vasca di calma e quelle della vasca di carico alla Centrale: per tutto il percorso è parzialmente o totalmente pensile sulla sponda sinistra; parzialmente pensile e in trincea sulla destra.

Il livello idrostatico del canale sovrasta costantemente il piano di campagna da un minimo di 3 m all'inizio fino ad un massimo di 8 in corrispondenza della vasca di carico antistante al fabbricato della Centrale che sbarra ortogonalmente l'estremità a valle del canale stesso.

Tale altezza di ritenuta e la limitatissima area disponibile rispetto a quella impegnata dallo Stabilimento dell'Alluminio, rendevano la costruzione della vasca di carico e dell'ultimo tronco di canale un problema, come vedremo, non scevro di difficoltà.

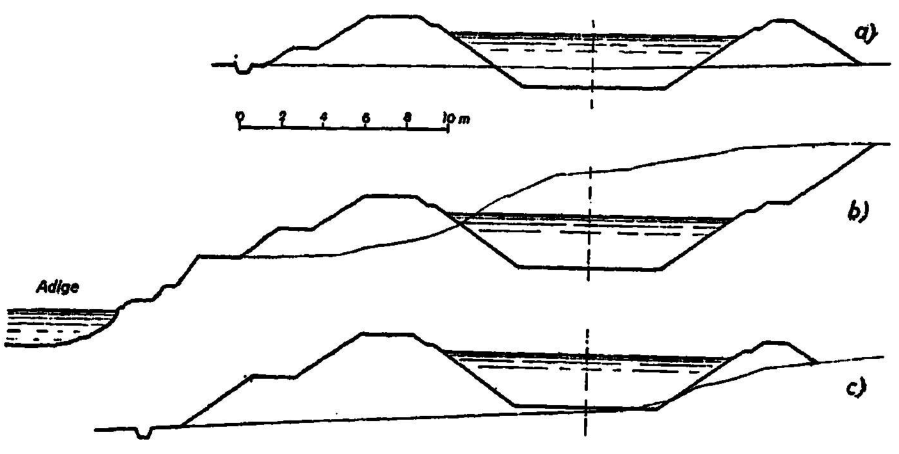



Fig. 2. - Alcune sezioni caratteristiche.

L'andamento planimetrico del canale risulta dalla fig. 1, mentre nella fig. 2 sono rappresentate alcune delle sezioni più caratteristiche del tracciato che è stato studiato in modo da conciliare il minimo percorso col totale compenso in riporto dei materiali di scavo.

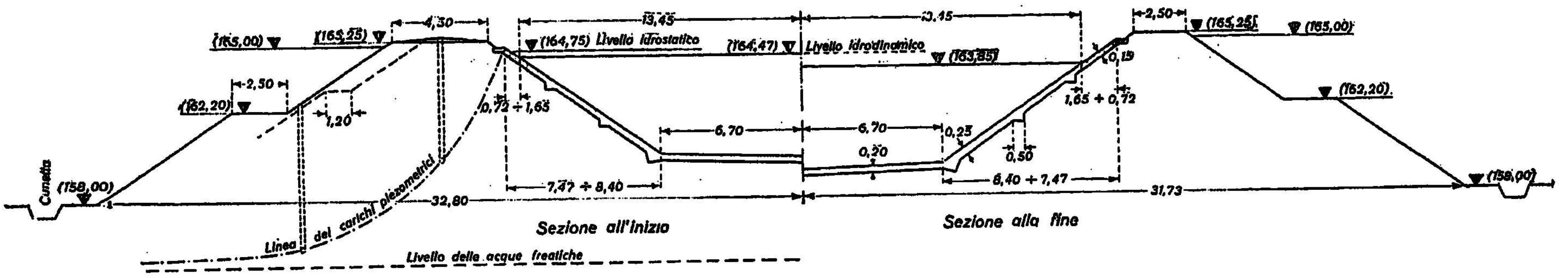



Fig. 3. - Sezione normale del canale.

### b) *Sezione normale e caratteristiche idrauliche* (fig. 3):

$A$ = mq 90,00
$V$ = m/sec 2,17
$C$ = m 29,20
$\gamma$ = 0,16
$R$ = 3,08
$I$ = 0,24 m/km adott. 0,30
$Q$ = 195 mc/sec.

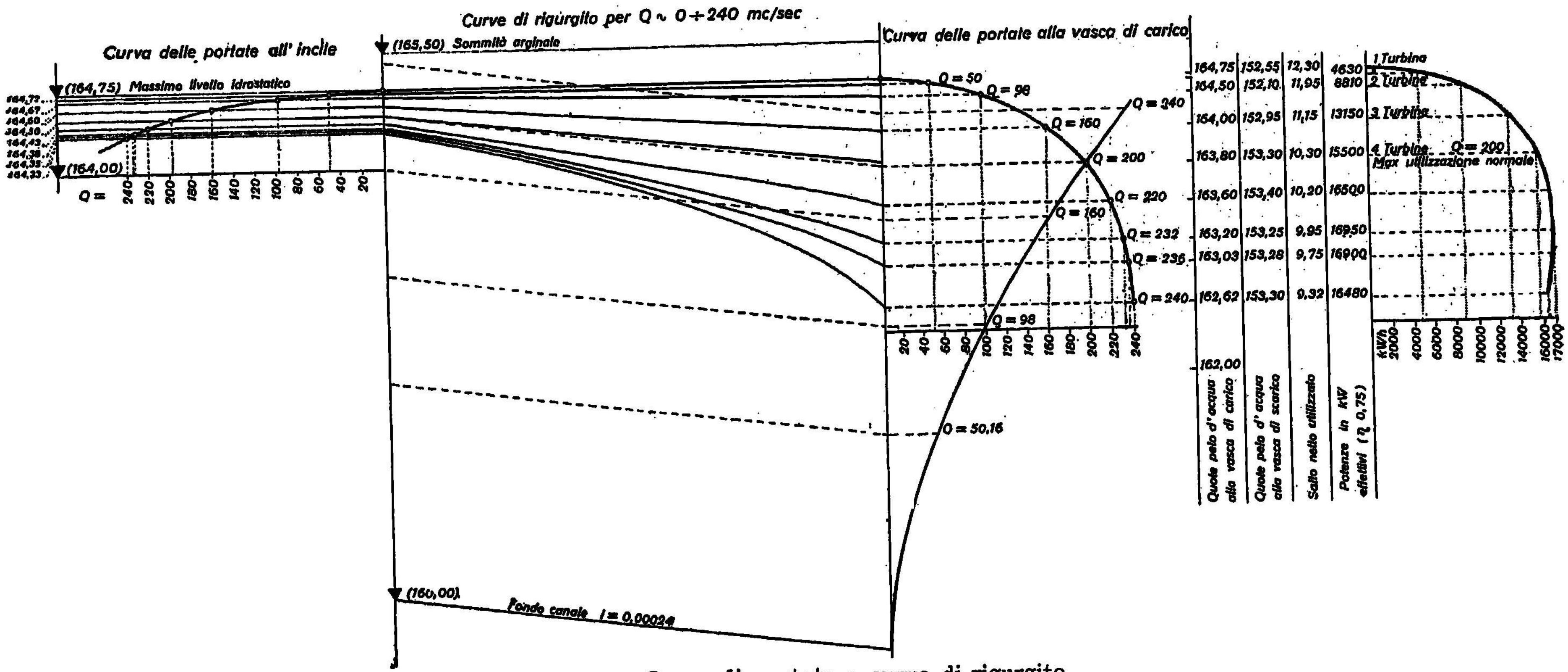



Fig. 4. - Curve di portata e curve di rigurgito.

Considerata la variabilità dei deflussi durante l'anno e quindi la variabilità della portata da un minimo di 70 mc/sec in febbraio-marzo a un massimo di 200÷210 per 6÷8 mesi, si sono calcolate per le varie portate intermedie le curve di rigurgito a partire dal livello di massima ritenuta della diga di sbarramento a quota 164,75 (fig. 4).

In base alle dette curve di rigurgito si sono stabilite le perdite di carico: gli stati d'acqua alla vasca di carico e conseguentemente il salto disponibile, funzione questa anche delle variazioni del rigurgito relativo alle portate del fiume.

Il salto disponibile varia così raggiungendo eccezionalmente un minimo di 8 metri in corrispondenza di punte di piena di 2500 mc/sec fino a un massimo di poco più di m 12 in corrispondenza della magra invernale.

c) *Caratteristiche costruttive.*

La sezione normale del canale per quasi tutta la sua lunghezza è data dalla fig. 3: l'altezza di ritenuta massima sotto il livello idrostatico varia da m 4.65 a 5.50 fra l'incile e l'inizio della vasca di carico al termine della quale la ritenuta massima raggiunge, come detto, gli 8 metri.

In corrispondenza della portata massima di 200 mc/sec il tirante d'acqua varia per la maggior perdita di carico analogamente da 4,50 a 7,20 fra l'incile e la Centrale.

L'inclinazione delle sponde è di 1 per 1,5 sia in rilevato che in trincea, la larghezza massima della sezione bagnata in sommità, corrispondente alla portata di 200 mc/sec è di m 27, quella alla base è di m 13: si ha così una sezione bagnata di mq 90 con una velocità media di 2,25 m/sec.

Il canale è completamente rivestito in calcestruzzo fino alla sommità con lastroni gettati in posto di m 3 di larghezza e di spessore variabile da 20 a 25 cm: due ripiani a gradino ai due terzi dell'altezza assicurano l'immorsamento del calcestruzzo sulla scarpata.

Il corpo resistente dell'argine fu progettato in modo da utilizzare unicamente ed integralmente il materiale proveniente dagli scavi: humus, ghiaie, sabbie, materiale detritico.

Non avendosi a disposizione giacimenti di argilla nelle vicinanze, si è rinunciato al nucleo impermeabile come talvolta è stato praticato, nella convinzione che una oculata e diligente distribuzione del materiale sulla scarpata verso acqua, retrostante al rivestimento in beton, poteva bastare a creare un sufficiente ostacolo alle eventuali permeazioni: ciò infatti è stato dimostrato sperimentalmente rilevando il carico piezometrico in vari punti di alcune sezioni qualche mese dopo la messa in carico del canale. L'andamento della linea piezometrica media è infatti approssimativamente quello segnato in figura 3.

OPERE DI SICUREZZA – SFIORATORI E SCARICHI.

Mentre la pendenza del fondo canale è stata tenuta di 0,30 cm/km, l'andamento altimetrico delle sommità degli argini è stato tenuto orizzontale e ciò allo scopo di riserbare un certo invaso all'onda di oscillazione conseguente agli arresti improvvisi del macchinario e portare la quota di sfioro a coincidere con quella del massimo livello idrostatico.

Tale provvedimento che non risulterebbe evidentemente economico per canali di lungo percorso, non costituisce invece aggravio apprezzabile per un canale di limitato sviluppo come quello di Mori (km 2,500), limitandosi ad una sola maggiore altezza di cm 25 qual'è appunto la perdita di carico minima fra l'incile e la centrale, relativa all'esercizio invernale, con portata minima di 70 mc/sec.

Subito a valle delle paratoie dell'incile (fig. 5) è sistemato il canale dello sfioratore costituito da paratoia automatica a contrappeso su bilancieri e previsto allo scopo di mantenere nel canale il livello dell'acqua entro la massima quota consentita dall'esiguo franco che intercede fra il massimo livello idrostatico e il termine del rivestimento in beton (20 cm).

La paratoia è stata calcolata per smaltire 50 mc/sec, cioè poco più di quanto competerebbe alla maggior portata del canale, supposto che per un malaugurato evento di piena catastrofica coincidente con una mancata manovra delle paratoie dell'incile l'acqua dovesse elevarsi di circa 50 cm sopra la quota di massima ritenuta della diga, ciò che praticamente è da escludersi.

Alla vasca di carico e sulla destra della centrale una seconda paratoia automatica dello stesso tipo della prima, ma capace questa di una portata di 120 mc/sec, regola il livello della vasca mantenendolo entro la massima quota del livello idrostatico.

La regolazione del livello avviene con una tolleranza di cm 10 in più o in meno.

Le paratoie funzionano regolarmente e di sovente, ad ogni scatto di interruttore automatico.

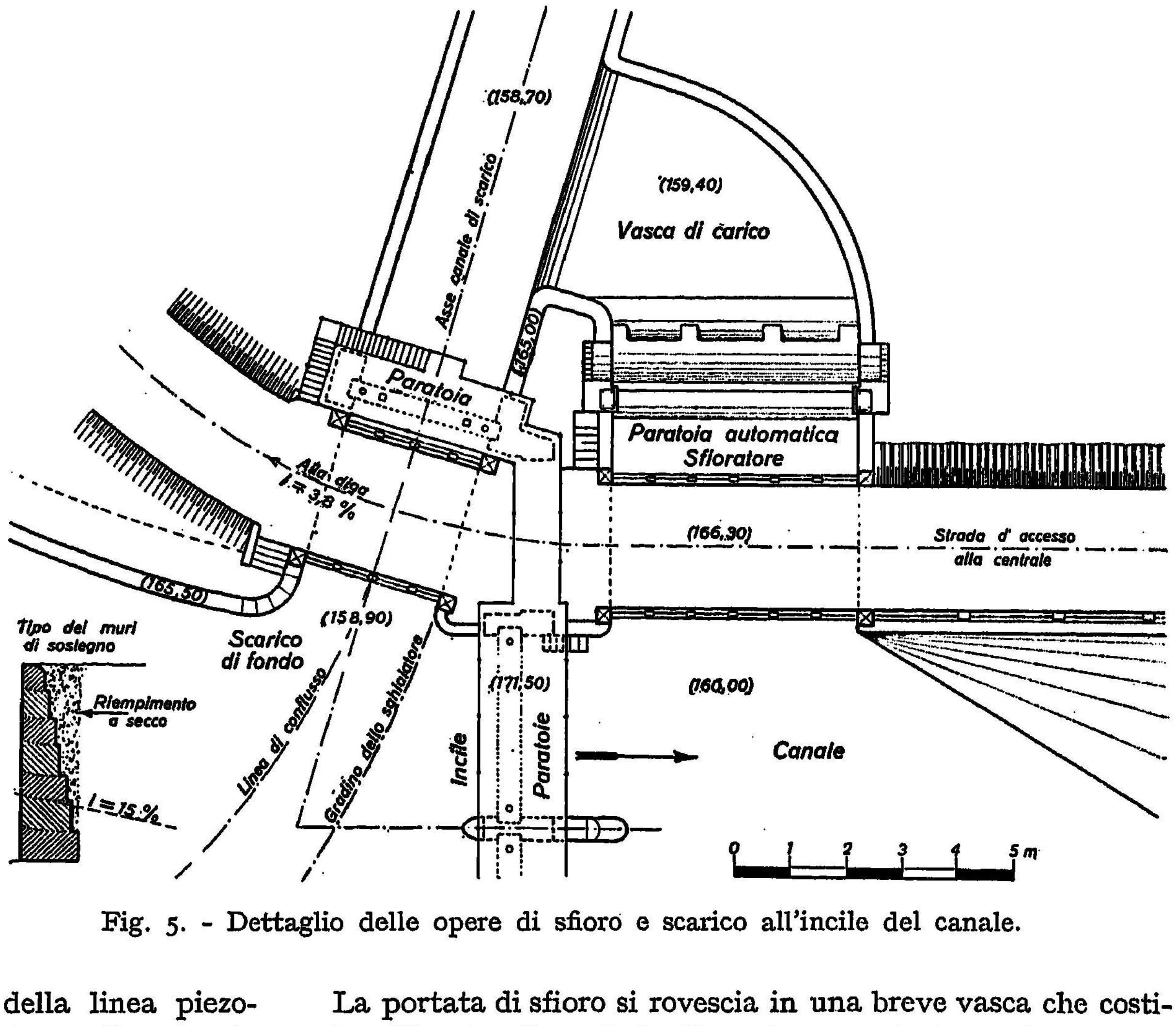



Fig. 5. - Dettaglio delle opere di sfioro e scarico all'incile del canale.

La portata di sfioro si rovescia in una breve vasca che costituisce l'invito alla galleria di scarico scavata in roccia, questa, con ripida pendenza ed andamento curvilineo raggiunge il fondo della vasca di scarico a valle delle turbine. Attraverso la stessa galleria sfoga la saracinesca dello scarico di fondo della vasca e del canale con una portata di 80 mc/sec, cosicchè questa e lo sfioratore sono capaci di smaltire insieme i 200 mc/sec corrispondenti alla massima portata del canale.

Le figg. 6 e 7 mostrano il complesso delle opere di regolazione di livello alla vasca di carico della Centrale.

I lavori progettati e diretti dallo scrivente sono stati eseguiti sotto l'alta consulenza dell'Ing. Comm. Ferniani della Montecatini.

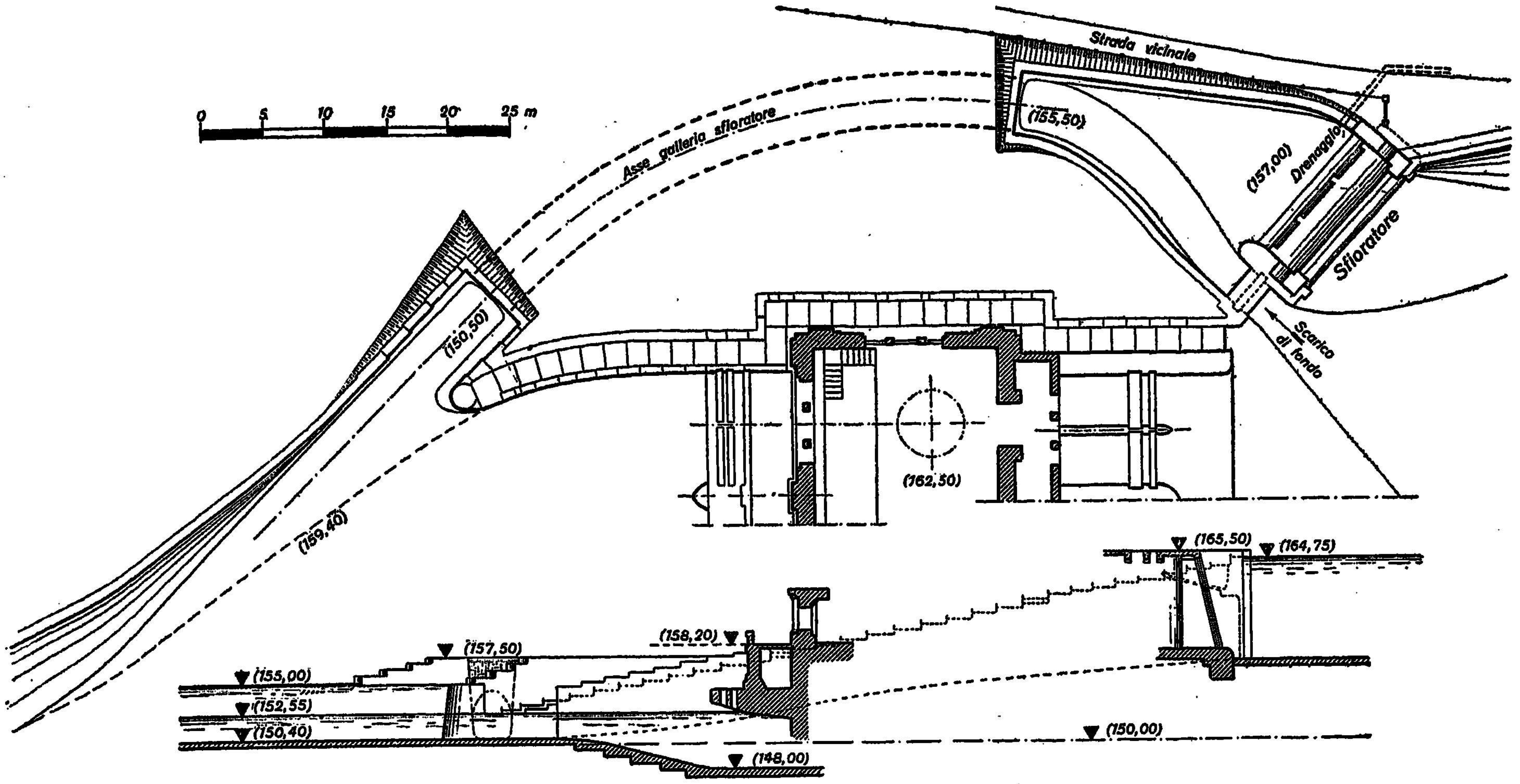



Fig. 6. - Dettaglio delle opere di sfioro, di scarico e scala pesci alla vasca di scarico della Centrale.

## Manufatti vari relativi al canale.

Il canale attraversa 4 strade campestri, due corsi d'acqua e tre acquedotti per lo scolo in Adige delle irrigazioni delle campagne a monte. Tre dei ponti di attraversamento sono formati da un portale semplice in cemento armato di m 16 di luce centrale, con due sbalzi a mensola di m 5 per avere così una struttura staticamente determinata ed indeformabile anche nell'eventualità di minimo cedimento della fondazione di una delle pile. Il carico mobile è stato tenuto di 10 tonn.

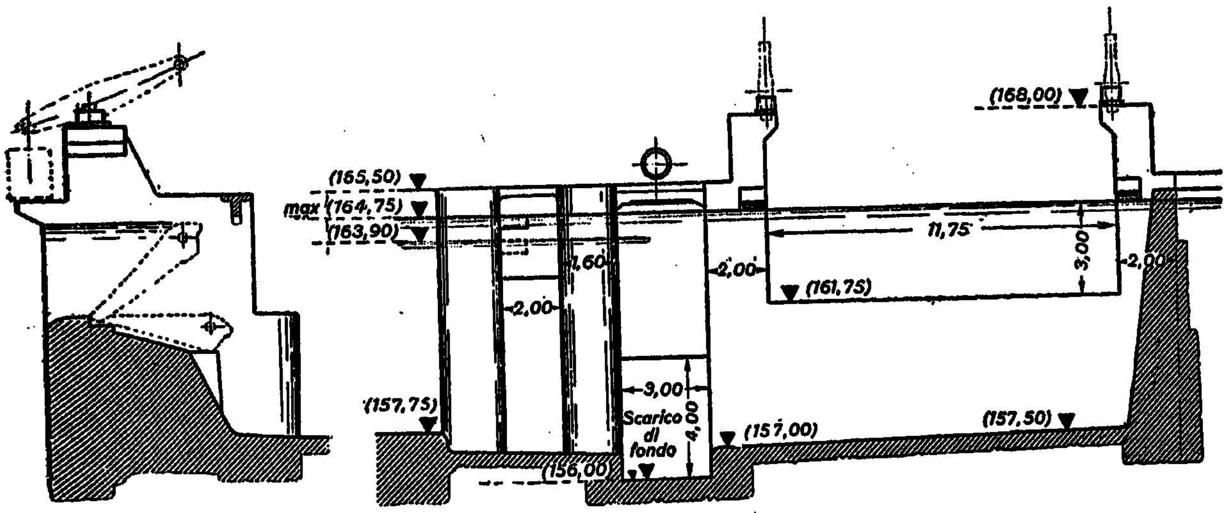



Fig. 7. - Le paratoie di scarico e di sfioro.

Il ponte sulla vasca di carico è invece a trave continua pure in c.a., di 3 campate con incastri di estremità: è praticabile a un transito di 14 tonn, servendo la strada comunale Mori-Marco.

Il manufatto principale è costituito dal sotto passaggio del Rio Cameras, torrentello impetuoso le cui piene possono subito raggiungere i 30÷40 mc/sec.

Il torrente sottopassa il canale con un tombone a due luci e con un sifone circolare del diametro di m 1: la quota della copertura del tombone è risultata, in dipendenza della quota dell'Adige allo sbocco, di un metro più alta del fondo del canale. Si è dovuto pertanto raccordare il fondo canale con tale sovralzo a mezzo di due rampe di m 60, mentre contemporaneamente si è allargata la sezione del canale per lasciare alla portata del canale pressochè invariata la sezione utile. Si sono calcolate a priori le varie caratteristiche dell'opera in modo da contenere il rigurgito a piena portata del canale (200 mc/sec) inferiore ai 3 cm.

Il calcolo del rigurgito redatto secondo la combinazione delle ordinarie formule relative ad allargamento graduale della sezione a quello di alzamento del fondo è stato poi sperimentalmente controllata esatta e il risultato delle formule ordinarie confermato a posteriori analiticamente in una trattazione teorica della complessa questione idraulica.

L'opera di attraversamento del Rio Cameras è stata prevista in modo da mantenere la primitiva quota obbligatoria di derivazione per la irrigazione delle campagne a monte e a valle del canale e a tale scopo una paratoia automatica a livello costante consente che l'acqua assuma nel pozzo a valle del sifone sottopassante il canale, la quota necessaria ad alimentare i canali irrigui che ne diramano. Il tombone, a due luci, convoglia direttamente in Adige, con semplice sottopassaggio del canale, tutta la portata esuberante ai bisogni dell'irrigazione, le portate di piena, ed il materiale solido generalmente assai abbondante durante le piene improvvise.

## La costruzione.

Alcuni pozzi d'assaggio furono eseguiti nei punti più caratteristici di tracciato per orientarsi sulla qualità del materiale disponibile e per averne norma nell'esecuzione, in modo da utilizzare lo strato di humus vegetale esistente, nel modo migliore in relazione alla prevalente massa di sabbia e ghiaia sottostante.

L'andamento altimetrico, tutt'altro che regolare specialmente nella seconda metà del tracciato, fece escludere l'utilità dell'impiego dell'escavazione meccanica, che fu perciò limitata agli scavi della vasca di calma e della Centrale, ove furono impiegati tre escavatori due a cucchiaio e uno a noria.

La rilevante massa di scavo della vasca di calma è risultata essenzialmente costituita da materiale detritico proveniente dalla nota frana di Marco di cui essa costituiva la falda estrema.

Questo immane crollo che suggerì a Dante l'immagine di una delle bolgie infernali, distaccandosi dalla sommità del Coni Zugna sbarra la intera valle dell'Adige saldandosi contro le propaggini della morena glaciale che sbocca dalla Valle di Loppio: è appunto attraverso questa saldatura che la deviata corrente dell'Adige ha scavato il suo alveo attuale.

La costituzione peraltro oltremodo varia di questo materiale diede preoccupazioni per la sua utilizzazione nel rilevato, data la scarsa quantità della parte minuta che esso conteneva e per la difficoltà di correggerla colla limitata disponibilità di humus vegetale.

Il terreno naturale d'imposta venne profondamente arato in modo da presentare una superficie scabra e suscettibile di saldatura col materiale di riporto: uno strato di terra vegetale, variabile in spessore da 1 metro in sommità a due sul fondo, e fortemente battuto, costituisce la parte verso l'acqua di tutto l'argine destro e delle parti in rilevato del sinistro e ciò per ottenere una prima zona impermeabile alle eventuali travenazioni possibili in inverno attraverso le suture del calcestruzzo o attraverso le eventuali fenditure formantesi sui lastroni di beton.

Dietro lo strato di terra il materiale di costruzione dell'argine varia a seconda del materiale disponibile. Nel primo tronco dove si è dovuto utilizzare il materiale detritico proveniente dalla vasca si sono eseguiti strati alternati di siffatto materiale con materiale minuto di terra vegetale: un'abbondante irrigazione si effettuava alla fine di ogni giornata affinchè le eventuali cavità lasciate negli strati del materiale detritico venissero riempite dalla terra trasportata in sospensione dell'acqua. Successivamente una rullatura delle riprese assicurava un costante assettamento giornaliero.

Là dove la massa era essenzialmente costituita di ghiaie sottili e sabbie il corpo dell'argine è stato formato senza una speciale distribuzione di materiali, pur sempre lasciando verso l'acqua uno strato abbondante di humus ed uno assai minore sulla scarpata esterna per rendere possibile, ad opera finita, l'attecchimento dell'erba medica. Per l'ultima parte del canale, ove l'argine a valle è completamente pensile per altezze rilevanti, si è cercato di riserbare la maggior parte del materiale vegetale disponibile, proveniente dagli ultimi 600 metri di scavo.

L'argine è stato quindi costruito metodicamente a sottili stratificazioni di 25÷30 cm accuratamente rullati e sistemati con lieve pendenza verso la mezzeria; inoltre ogni sera una derivazione effettuata da un ruscelletto vicino assicurava per tutta la nottata un'afflusso di acque torbide su tutta la superficie in modo da provocare un intasamento dello strato di sabbia o ghiaia sottostante.

Durante la costruzione il costipamento era affidato a due piccoli rulli compressori a cilindro di ghisa del peso di circa 2500 kg, tirati da cavalli e talvolta manovrati da arganelli.

L'assestamento verificato durante la costruzione e rilevato da testimoni emergenti dalle scarpate, ci indicava un abbassamento sensibile nel corso dei primi mesi: ad argine finito, essendosi impiegati circa 6 mesi nell'esecuzione di tutto il rilevato, si potè verificare che il cedimento finale era stato dell'ordine di qualche decina di millimetri durante l'ultimo mese di riposo.

In base a tale risultato ritenemmo sufficientemente costipato il terrapieno per incominciarne il rivestimento in beton.

### Rivestimento in beton.

Il calcestruzzo di rivestimento è stato quasi dovunque confezionato con kg 250 di cemento, mc 0,800 di ghiaia e mc 0,500 di sabbia naturale proveniente dagli scavi. Lo spessore è stato tenuto di cm 20 per l'argine a monte e per il fondo, di 25 per l'argine a valle; l'esecuzione del rivestimento delle scarpate è stato eseguito per lastroni separati procedendo dal basso all'alto dopo un accurato rifilamento e battitura della scarpata sulla quale l'humus compresso assicurava una buona regolarità di superficie. Il beton, di consistenza media, veniva distribuito da nastri trasportatori meccanici di sufficiente lunghezza per arrivare alle parti più elevate con moderata pendenza. Talvolta la distribuzione veniva effettuata con vagonetti rovesciati dalla sommità dell'argine, ma in ogni caso era posta la massima cura ad evitare che il beton venisse durante il rovesciamento a contatto colla terra delle scarpate. Due tavole, disposte di costa e tenute salde contro la scarpata mediante picchetti costituivano le guide contro le quali il lastrone di beton, di consistenza poco bagnata, veniva contenuto ed accuratamente battuto, sia nel senso orizzontale delle riprese, sia normalmente alla superficie. Uno strato di malta si applicava man mano che il rivestimento procedeva in modo da evitare la ripresa di intonaco su beton asciutto.

I lastroni venivano gettati alternativamente, sia sulle scarpate che sul fondo, e non si procedeva al getto degli spazi intermedi se non dopo avvenuta la presa e il ritiro di quelli precedentemente gettati e ciò evidentemente sia per localizzare, lungo le suture, le discontinuità dovute al ritiro, sia per ridurne la larghezza a metà. Deve ritenersi che, date le variazioni di temperatura dell'acqua fra inverno ed estate, l'escursione massima annua dovuta alla contrazione dei lastroni sia di mm 0,5 ciò che può lasciare tranquilli sull'entità delle permeazioni possibili.

Si consideri d'altra parte che lo strato di humus retrostante costipato e compatto, basterebbe da solo ad assicurare l'impermeabilità: a ciò si aggiunga «ad abundantiam», e su questo non si è fatto assegnamento, la colmata delle fenditure che naturalmente si produce per effetto del materiale stesso trasportato dalle acque che tengono più o meno grandi quantità di limo in sospensione nei mesi di torbida e tenuissimi filamenti erbosi anche nei mesi di acque limpide in magra, come si può verificare anche dalla periodica pulizia delle griglie. Si è visto infatti nelle ispezioni al canale che, sia nelle intercapedini capillari fra i lastroni di copertura, sia nelle fenditure formatesi per cedimenti superficiali, l'acqua permeante tende ad operare una ostruzione completa, (purchè naturalmente tali fenditure non abbiano uno spessore superiore a 1 o 2 mm) per mezzo dei minutissimi filamenti fortemente insinuati e cementati di limo.

### Prove di carico e lavori di impermeabilizzazione.

I lavori di scavo del canale, iniziati nella primavera del 1927 sono stati ultimati entro la primavera del 1928: il rivestimento ha richiesto 4 mesi e il 1° settembre 1928 si è immessa per prova l'acqua nel canale, portando nelle 24 ore la quota a 3/4 del carico normale.

Le condizioni in cui si trovava il terreno nelle adiacenze della vasca di carico erano tali che la prova di tenuta del canale non poteva considerarsi più severa: erano tuttora aperte fondazioni del fabbricato industriale e di altri fabbricati accessori per una profondità di circa 3 metri sotto il piano di campagna e ciò immediatamente all'unghia dell'argine stesso: fu considerato perciò che tali fondazioni potevano tagliare la linea del carico piezometrico.

Ai due punti *A* e *B* in figura 1 si sono verificate infatti, dopo qualche ora di esercizio, permeazioni di acqua limpida di limitata intensità: altre permeazioni, sia pur trascurabili, si sono verificate a distanza di 24 ore in 3 o 4 punti del canale, essenzialmente nel 1° tronco costruito coi materiali di scavo della vasca di calma. Poichè avevamo davanti a noi ancora un margine di tempo sufficiente prima che l'impianto industriale per la produzione dell'alluminio richiedesse la fornitura

di energia, si è provveduto, dopo tre giorni di prova, alla vuotatura del canale per un accurato esame del rivestimento in corrispondenza dei punti ove si erano verificate le permeazioni.

Essenzialmente si è esaminato il rivestimento in corrispondenza della vasca di carico che costituiva la parte più ardita di tutto il canale, presentando, come si è detto, un rilevante battente d'acqua sul piano di campagna, mentre proprio all'unghia della scarpata stessa dell'argine si sviluppa per circa 200 metri il fabbricato dei forni elettrolitici, non avendo il limitatissimo spazio disponibile per lo stabilimento consentito una ubicazione diversa e più comoda di quella prescelta.

Una impermeabilizzazione completa e sicura si rendeva quindi indispensabile per evitare a priori la minima permeazione che arrecasse umidità nel cantinato della sala forni.

All'esame si sono rilevate nei lastroni di rivestimento di beton alcune lesioni. Effettivamente nonostante l'accurata esecuzione del terrapieno, un minimo cedimento ha dovuto verificarsi ancora, sotto la rilevante spinta del carico idrostatico, nella compagine del terrapieno, ultimato di recente ed a cui era per necessità di cose mancato un sufficiente periodo di assestamento naturale. Così tenue per altro dev'essere stata la misura del cedimento che, se si fosse avuto a disposizione un certo margine di tempo per consentire alle torbide naturali la loro opera di intasamento, nessun provvedimento immediato sarebbe stato richiesto: senonchè la necessità di andare in servizio ai primi di novembre colla produzione dell'alluminio e sopratutto l'assoluta necessità tecnologica di non interrompere il funzionamento della Centrale allorchè si fosse iniziata la produzione elettrolitica del metallo, fece assumere la decisione di utilizzare il margine di tempo ancora disponibile per assicurare in modo integrale e definitivo l'impermeabilità della vasca di carico.

Si procedette contemporaneamente ad alcuni assaggi lungo il rivestimento del canale per accertare l'eventuale esistenza di cavità e la misura dell'assestamento delle zone maggiormente pensili.

Per i lavori di impermeabilizzazione alla vasca di carico fu deciso l'applicazione di un intonaco di gunite armata per la zona che va dalle griglie della centrale fin oltre alla curva precedente la vasca di carico (fig. 1 punto *C*).

Tale zona, come si è detto, era quella sovrastante lo stabilimento ed i fabbricati accessori, ed esigeva perciò la massima impermeabilità.

Si sono impiegate delle striscie di rete metallica di m 12 di lunghezza, formate da filo dello spessore di mm 5 e con maglie di 50 mm; le striscie disposte a 45° rispetto alle linee di massima pendenza della scarpata si piegavano per m 4 sul fondo del canale stesso.

Le striscie erano fissate ai lastroni di beton con forcelle di filo di ferro cotto e cementate nei fori eseguiti con la rivoltella in numero di 5 per mq.

Nella zona più bassa corrispondente cioè ai primi 4 m di ritenuta, sono state disposte altre striscie di rete metallica in senso ortogonale al primo, così da aversi un doppio strato di rete in corrispondenza della maggior pressione idrostatica. Su questo duplice rivestimento si è applicato la gunite con spessore variabile da 4 a 2 cm dal basso verso l'alto, in successive riprese e con turno continuo di 24 ore e avendo sempre cura che lo strato seguente fosse applicato sul precedente prima che questo avesse fatto presa. Si è potuto così constatare ad opera finita la perfetta compattezza dello strato d'intonaco assolutamente monolitico in tutto lo spessore.

L'ultimo strato è stato grossolanamente lisciato alla cazzuola. Il lavoro di gunitazione dei 4000 mq di rivestimento ha richiesto 25 giorni ed un costo unitario di circa L. 22/mq compresa la rete.

Poichè inoltre la lesione rilevata in *B* ci consigliò a prevedere la possibilità di ulteriore assestamento del terrapieno, si è praticato un giunto di contrazione per separare nettamente la parte di rivestimento appoggiata alla scarpata del terrapieno da quella che poteva costituire un vero e proprio muro indipendente, la cui superficie presenta una inclinazione variabile di 1/1.5 fino alla verticale. Eseguito così un taglio fra le due parti di paramento, esso è stato regolarizzato con intonaco di cemento foggiato a cuneo, riempito di stoppa intrisa in una miscela elastica a freddo a base di prodotti bituminosi e ricoperte con duplice strato di tela «Flector» applicata a caldo e disposta in modo da acconsentire eventuali deformazioni.

Contemporaneamente al lavoro di gunitazione venivano eseguiti nella vasca di carico stessa lungo la linea dell'imbocco delle 4 turbine e all'unghia della scarpata interna dell'argine fori di 4 a 5 metri di profondità, in duplice fila, nei quali si è iniettato malta di cemento, con pressione decrescente da 6 a 2 atmosfere, in modo da costipare il terreno lungo la linea dove si poteva intuire la possibilità di un distacco fra il rivestimento del fondo canale e quello della scarpata. Dette iniezioni ricevettero per altro una quantità di malta assai limitata; assaggi eseguiti hanno comunque dimostrato che la malta si insinuava fortemente con formazioni arborescenti per una larga zona intorno al foro in modo che tutto il terreno ne risultava bene compresso e indurito.

Tali iniezioni furono fatte con tipo speciale di pompa a doppia espansione e con pressione graduabile. Altre iniezioni di malta cementizia con comuni apparecchi Ransome sono state eseguite a piccole pressioni fra il rivestimento in calcestruzzo della scarpata e la scarpata stessa in ragione di una ogni 6 mq di superficie circa, nella stessa zona della gunite e ciò per costipare maggiormente la scarpata al disotto del rivestimento anticipando così l'effetto di un naturale consolidamento che avviene di solito in lungo volgere di tempo.

Ispezioni al canale eseguite nel marzo e nel novembre del 1929 in occasione di due arresti della produzione hanno consentito di verificare il perfetto comportamento del manto impermeabile di gunite; nessuna benchè minima lesione essendosi potuta riscontrare sul manto stesso, mentre le fenditure formatesi sul fondo del canale, essendo tutte di lieve entità, si mostravano completamente intasate e già assolutamente impermeabili.

All'unghia dell'argine, lungo la scarpata esterna della vasca di carico, per separare in modo sicuro la struttura muraria dello stabilimento e le sue fondazioni dal corpo resistente dell'argine della vasca di carico, si è altresì affondata una serie di palancole Larsen della lunghezza di m 4 (residuate dai lavori della diga) in modo da costruire una cortina assolutamente impermeabile, per una lunghezza, a partire dalla Centrale, di circa m 70, cioè fin'oltre al punto in cui il corpo dell'argine assume la sua piena sezione e l'unghia della scarpata verso acqua si distanzia della larghezza normale dall'unghia esterna.

Anche lungo il resto dell'argine sinistro del canale si sono eseguite varie iniezioni di malta cementizia con apparecchi Ransome fra rivestimento in beton e scarpata. Si sono inoltre cementati con miscela di catrame alcuni distacchi fra i diversi lastroni di beton che denotavano di aver subito un certo movimento. Inoltre, dato l'approssimarsi dell'inverno e non potendo perciò contare sul potere di impermeabilizzazione delle acque limpide invernali nei punti ove l'argine risultava maggiormente pensile, sono state applicate, previa spalmatura di adesivo bituminoso, delle striscie di tela «Flector» della larghezza di cm 10 lungo i giunti di separazione fra i lastroni e lungo le linee di sutura corrispondenti al contatto fra il rivestimento della scarpata e del fondo.

Dette striscie hanno bene resistito per tutta la stagione invernale fino a che la velocità delle acque è stata limitata: coll'avvento delle morbide e coll'aumento della portata derivata molte sono state asportate dall'accresciuta velocità dell'acqua, ma d'altra parte le morbide stesse hanno compiuto rapidamente l'opera di intasamento prevista.

### Lavori successivi di costipamento — Iniezioni di argilla.

Il complesso dei lavori fin qui descritti e sopratutto l'impermeabilizzazione con gunite armata della vasca di carico nelle immediate vicinanze dello Stabilimento sarebbero da soli stati sufficienti ad assicurare un tranquillo esercizio dell'impianto idroelettrico, lasciando alle torbide primaverili ed estive il compito di compiere l'impermeabilizzazione definitiva sul resto dell'argine: tuttavia un ulteriore provvedimento per assicurare la assoluta tranquillità immediata ci è sembrato consigliabile non tanto per aumentare l'impermeabilità del massiccio arginale stesso che già appariva sufficientemente conseguita, quanto per dare ad esso una maggiore consistenza e densità là dove il livello del canale era fortemente pensile sul piano di campagna, nei quali punti cioè si potevano più facilmente temere cedimenti a lunga scadenza.

### Iniezioni di argilla.

Furono perciò decise, per intasare e costipare maggiormente il corpo dell'argine, anticipando così l'azione del tempo e delle permeazioni delle torbide, iniezioni di argilla e sabbia.

Si eseguirono delle perforazioni con tubi di tre pollici sull'asse dell'argine e in modo da addentrarsi col tubo per 1 o 2 metri circa nel terreno naturale di impostazione. Si usarono generalmente gli stessi tubi sonda come tubi iniettori: l'installazione meccanica di pompaggio veniva volta per volta sistemata sull'argine stesso entro apposita baracca per servire una zona longitudinale di circa m 200 di lunghezza a monte e altrettanti a valle.

La miscela di argilla e sabbia finissima in proporzione di 1 di argilla, 0,50 di sabbia, 1 a 1,20 di acqua, preparata in apposite botti veniva introdotta nei cilindri della pompa a doppio effetto e da essa, a mezzo tubi-gas, convogliata al tubo di iniezione.

Le iniezioni venivano iniziate con moderata pressione, e controllate colla sorveglianza del manometro situato sul tubo stesso: si regolava da principio la pressione da $0{,}5 \div 1$ atmosfera per salire fino a 3. Raggiunte le tre atmosfere (talvolta secondo l'altezza dell'argine le 3.5 e le 4) si rialzava il tubo di 1 metro riprendendo l'iniezione sulla zona soprastante: dopo un tale costipamento del terreno stesso di fondazione si eseguiva successivamente l'impermeabilizzazione e l'intasamento sistematico della superficie di contatto fra materiale di riporto e terreno naturale, e ciò per assicurare una densità omogenea e una compenetrazione dell'argilla iniettata fra argine e terreno. Con successivi sovralzamenti del tubo di iniezione si procedeva in seguito all'intasamento della zona di riporto procedendovi per strati di 1 o 2 metri di spessore, quanto cioè si presumeva che l'azione dell'iniezione potesse interessare in altezza la massa dell'argine.

Ogni giorno la speciale squadra di sondaggio eseguiva nelle 24 ore da 8 a 10 fori e la squadra delle iniezioni ne iniettava altrettanti. In base alla constatazione di maggiore o minore facilità di assorbimento i fori venivano distanziati da 4 a 6 metri. Si verificavano talvolta nel corso dell'iniezione delle lievi permeazioni di acqua limpida dal corpo dell'argine e il più delle volte all'unghia della scarpata, ciò che, pur confermando che l'argilla veniva trattenuta per filtrazione attraverso la massa stessa dell'argine, indicava la necessità di una diminuzione della pressione di iniezione.

Allorchè le iniezioni interessavano una zona ove si osservavano le permeazioni nei primi giorni di esercizio del canale si potè constatare che la portata di esse diminuiva gradatamente col procedere delle iniezioni stesse fino a completo intasamento: ciò che si conseguiva in generale col raggiungere una pressione di $3 \div 3{,}5$ atmosfere.

In generale la quantità di argilla iniettata dipendeva sia dall'altezza di ritenuta dell'argine, e quindi dal volume di riporto, sia dal materiale di composizione dell'argine stesso.

Tutte le iniezioni sono state eseguite col canale in pieno esercizio e alla massima ritenuta: nè mai si è verificato inconveniente alcuno. Quando per tutta la lunghezza del canale si è potuto constatare, per un periodo di un mese, la più completa impermeabilità, sia nel corpo dell'argine, sia nella cunetta di guardia si è proceduto alla costruzione di una banchina di rinforzo in corrispondenza della scarpata a valle. Detta banchina, di una larghezza di 2,50 a 3 metri, a seconda dell'altezza di ritenuta totale dell'argine, è stata arrestata ad una quota di m 2,50 sotto la massima ritenuta del canale: naturalmente si è avuta la massima cura di costipare il nuovo rilevato in modo da costituire un vero e proprio contrafforte.

Ing. Luigi Manfredini.

ING. S. RUBERTI
DELLA SOCIETÀ TIBERINA DI ELETTRICITÀ

# La centrale automatica di Fioritella

La Centrale di Fioritella, in località omonima situata nel Comune di Tuscania, in prossimità di Viterbo, appartiene alla Società Volsinia di Elettricità. Essa produce energia elettrica a 10 000 V e può essere allacciata a due linee a 10 000 V che la collegano con la Centrale di Traponzo e con quella di S. Savino, pure della Società Volsinia di Elettricità (fig. 1).

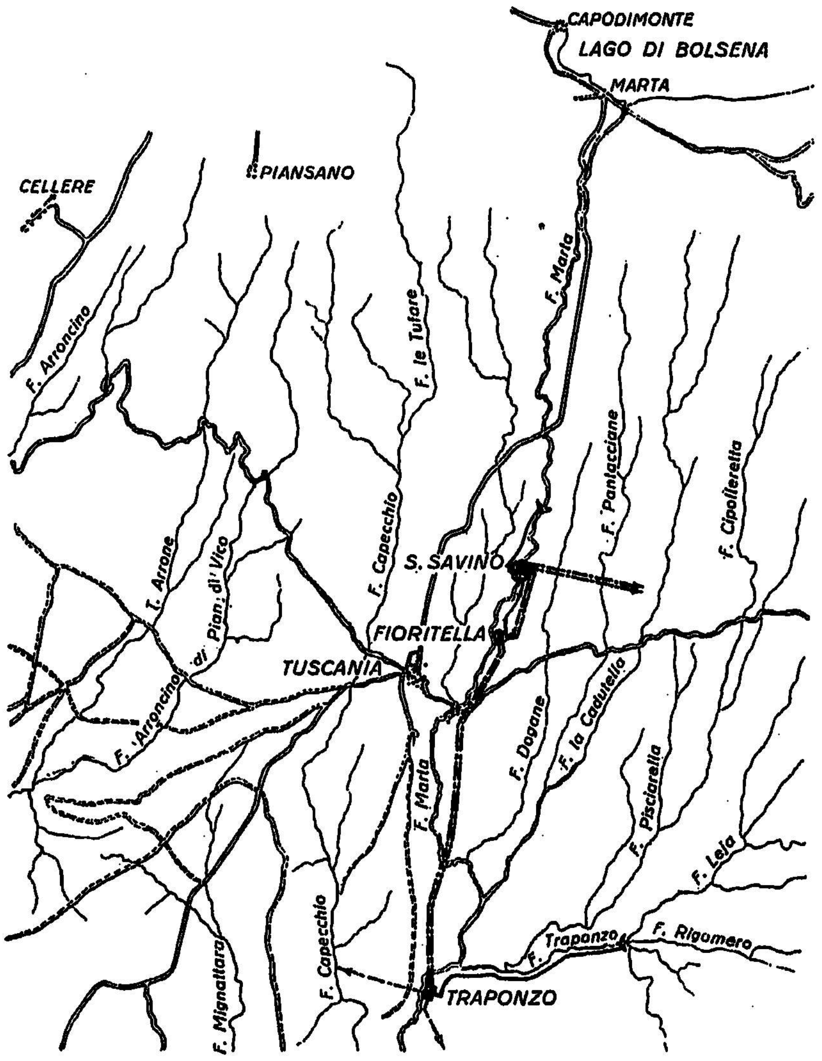



Fig. 1. - Planimetria degli impianti collegati alla Centrale di Fioritella.

Queste Centrali, lontane dai centri abitati, sono situate in zone tuttora malariche e quindi, potendosi ormai fare sicuro affidamento sulle moderne apparecchiature, si è pensato di supplire con la automatizzazione alle difficoltà di sorveglianza delle Centrali stesse.

La Centrale di Traponzo mediante linee a 30 000 V può funzionare in parallelo con la rete di Roma attraverso la sottostazione di Civitavecchia, ove fanno capo due linee a 60 000 V della Società Romana di Elettricità, e precisamente una proveniente dalla cabina di Tor di Quinto (Roma) e l'altra dalla cabina di Colonnetta la Memoria, attraverso le cabine di Civitacastellana e Bassano, esse pure di proprietà della Società Romana di Elettricità (fig. 2).

La Centrale in oggetto entrò in servizio nel 1922 a 50 periodi, per alimentare la rete della Società Volsinia di Elettricità. Essa è situata alla quota di 125 m sul mare e sfrutta un salto sul Fiume Marta, emissario del lago di Bolsena, utilizzando un bacino imbrifero di circa kmq 282.

Il salto lordo della derivazione sulla Marta, la cui portata

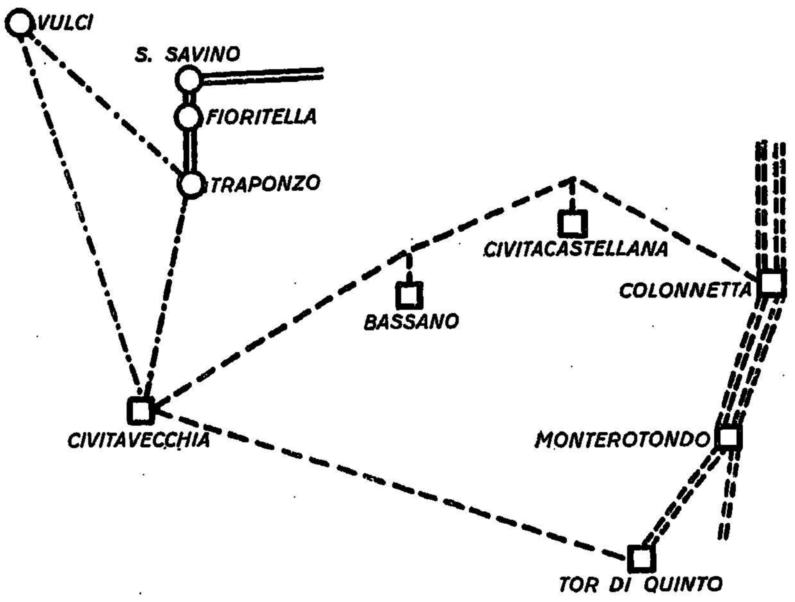



Fig. 2. - Schema dei collegamenti della Centrale di Fioritella.

massima è di mc 2,1, è di m 28,6 ed il salto medio utilizzato risulta di m 27. La produzione media della Centrale è di 3 milioni di kWh annui.

Dalle opere di presa sulla Marta all'imbocco della condotta forzata, si ha un canale della lunghezza di m 1444, coperto per m 800 ed in galleria a pelo libero per i rimanenti 644. Il canale ha una pendenza di 0,5‰ ed una sezione di mq 4,5 capace di convogliare una portata di 4 mc/sec.

La condotta forzata, in lamiera chiodata, ha un diametro di cm 90 ed una lunghezza di m 42.

Il gruppo generatore (fig. 3), costruito per il funzionamento a 50 periodi, è costituito da un alternatore B. B. da 1000 kVA a sei paia di poli, e da una turbina Francis-Riva da 1200 HP, a 500 giri. Contemporaneamente alla automatizzazione della centrale si è provveduto alla sostituzione della eccitatrice coassiale per unificare la frequenza a 45 periodi con quella ormai generalizzata nelle zone e mantenere la tensione normale di esercizio a 10 000 V.

Lo schema elettrico B. B. per l'automatizzazione, e lo schema idraulico studiato dalla Riva, consentono, come in generale tutti gli altri schemi adoperati allo stesso scopo, di eseguire automaticamente e con la successione voluta, tutte le manovre che dovrebbero essere eseguite a mano per l'avviamento, la messa in parallelo e la messa in carico della macchina.

Naturalmente, allo scopo di evitare false manovre, alcune operazioni si possono eseguire soltanto se altre sono state sicuramente compiute; inoltre la centrale rimane bloccata automaticamente qualora qualcuna di queste operazioni non si possa eseguire per guasto all'impianto o ad uno degli apparecchi di comando.

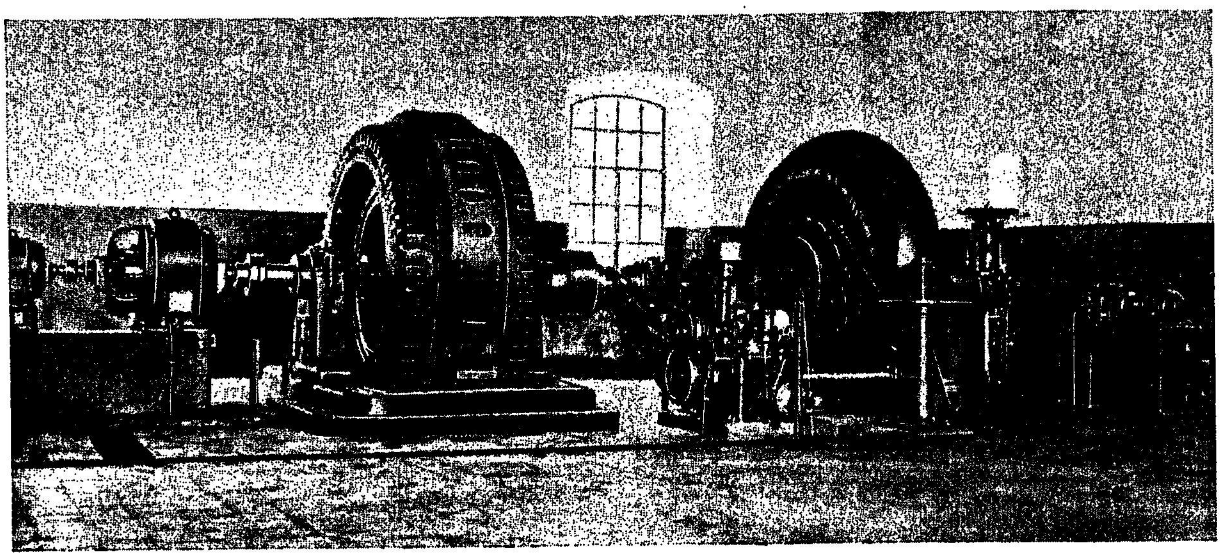


Fig. 3. - Gruppo generatore della Centrale automatica di Fioritella.

Nella centrale sincrona di Fioritella, la turbina è separata dalla condotta forzata mediante valvola a farfalla che deve essere chiusa quando la Centrale è fuori servizio.

Se arriva tensione in linea, cioè a valle dell'interruttore di parallelo, si mette in moto, attraverso un trasformatore di tensione, il motore di una pompa, detta pompa pilota, che, mandando olio in pressione sia al regolatore della turbina, sia ad un servomotore destinato ad aprire la valvola a farfalla, fa chiudere innanzi tutto a zero la turbina, se questa è aperta: poi si inizia l'apertura della valvola a farfalla. Quando questa è prossima alla fine corsa, un apposito dispositivo fa abbassare l'asta filettata ed il volantino di manovra del regolatore, di quel tanto che è necessario per l'avviamento della macchina. Avviandosi la macchina, comincia a funzionare la pompa del regolatore il quale, mediante opportuni accorgimenti che descriverò in seguito, esclude il regolatore dall'azione della pompa pilota. La turbina, allora, sotto il controllo del regolatore viene da questo mantenuta alla velocità normale. Si sarà così eccitata la macchina ed un'altra piccola dinamo coassiale, detta dinamo tachimetrica, che serve sia a fornire l'energia per tutti i servizi di automatizzazione, sia a preparare l'interruttore per la chiusura ed a rendere possibile il funzionamento del selettore di parallelo. Il ricercatore di parallelo entra in funzione quando la valvola a farfalla è aperta e la macchina eccitata. Con la chiusura dell'interruttore di parallelo, vanno in riposo il ricercatore ed il selettore su menzionati, e viene elettricamente azionato un intercettatore che permette il passaggio dell'olio della pompa pilota sopra un pistone della colonnetta-relais del regolatore, provocando l'abbassamento del volantino e l'apertura completa della turbina. Se il livello dell'acqua nella vasca di carico si mantiene alla quota normale, resta fermo anche il galleggiante e la leva di manovra del regolatore conserva la posizione di piena apertura; se invece il livello diminuisce, il galleggiante provoca lo spostamento della leva nel senso di chiusura della turbina e la macchina prende quindi carico in relazione alla quantità di acqua disponibile.

## Descrizione particolareggiata del funzionamento dell'impianto elettrico ed idraulico di automatizzazione (figg. 4 e 5).

Ad interruttore *I* aperto, arrivando tensione in linea, vengono azionati sia il trasformatore trifase *T* sia il riduttore di tensione *Tp* (fig. 4). il cui circuito secondario, che serve ad alimentare il selettore di parallelo (13) (*), rimane aperto fino a che non entra in azione il relais (12).

Il trasformatore *T*, attraverso l'interruttore (41) — che deve essere chiuso allorchè la centrale è sistemata per entrare in servizio automatico — e attraverso i due relais di blocco (6) e (7) — che si trovano in posizione da permettere il passaggio della corrente — alimenta il motore della pompa pilota *P*, la quale, come risulterà dalla descrizione della parte idraulica, apre la valvola a farfalla *F* ed inizia l'apertura della turbina, portando la macchina ad una velocità prossima a quella normale sotto il controllo del regolatore.

Quando la valvola a farfalla *F*, comandata dal servomotore *S*, si è aperta quasi completamente, l'interruttore (15) azionato dal servomotore suddetto chiude fra le fasi *r* e *t* la bobina del relais (17). Il commutatore *C*, il quale nello schema è rappresentato nella posizione che gli compete ad interruttore *I* aperto, permette la chiusura di detto circuito. Funzionando il relais (17) l'apparecchio ricercatore di parallelo (18) riceve tensione dalla rete.

Intanto, poichè la macchina gira, si eccitano la dinamo tachimetrica *DT* e l'alternatore con la sua eccitatrice.

La dinamo tachimetrica mette in tensione le sbarre positiva (+) e negativa (—) (v. fig. 4) ed in queste condizioni il relais a minima tensione dell'interruttore *I* prepara l'aggancio che permette la chiusura di questo interruttore e determina il funzionamento del relais (16). Il funzionamento di questo relais, oltre ad interrompere il circuito della bobina del relais-cartellino (29), del quale vedremo la funzione, mette in azione, essendo chiuso il coltello (38), il relais (12) la cui bobina ha uno dei capi collegato con la sbarra negativa attraverso un contatto del commutatore *C*.

Azionando il relais (12), come risulta dallo schema (fig. 4), i due riduttori *Tp* e *Tm* alimentano l'apparecchio automatico di parallelo (13). Se, inoltre, il commutatore (37) è nella posizione che è necessaria quando il parallelo deve avvenire automaticamente, il relais (16) congiunge anche la sbarra positiva (+) con l'apparecchio sincronizzatore (18) che, funzionando, fa girare in un senso o nell'altro il motorino variagiri *M*, tendendo a portare la macchina in sincronismo con la rete. Non appena le condizioni di parallelo vengono raggiunte, il selettore di parallelo (13) aziona il soccorritore (14) che chiude fra le fasi *r* e *t*, attraverso appropriata resistenza, il circuito del motorino che serve alla chiusura dell'interruttore.

Anche se il relais (13) tiene chiuso il circuito per un tempo minimo, una volta entrato in funzione il relais (14) questo rimane chiuso perchè la sua bobina a corrente alternata trovasi in serie al motorino.

Con la chiusura dell'interruttore di parallelo cambia di posizione il commutatore *C* ed avviene quanto segue:

1°) si interrompe il circuito della bobina del relais (12) che torna in posizione normale togliendo la corrente alternata al selettore di parallelo (13);

2°) si toglie la corrente alternata al ricercatore di parallelo ed al relais (17);

3°) un apposito contatto, montato sul commutatore *C* e non rappresentato in figura, chiude, fra le sbarre positiva e negativa, la bobina che comanda l'intercettatore *M* (v. fig. 5)

---

(*) I numeri fra parentesi tonde si riferiscono a quelli segnati nella fig. 4.

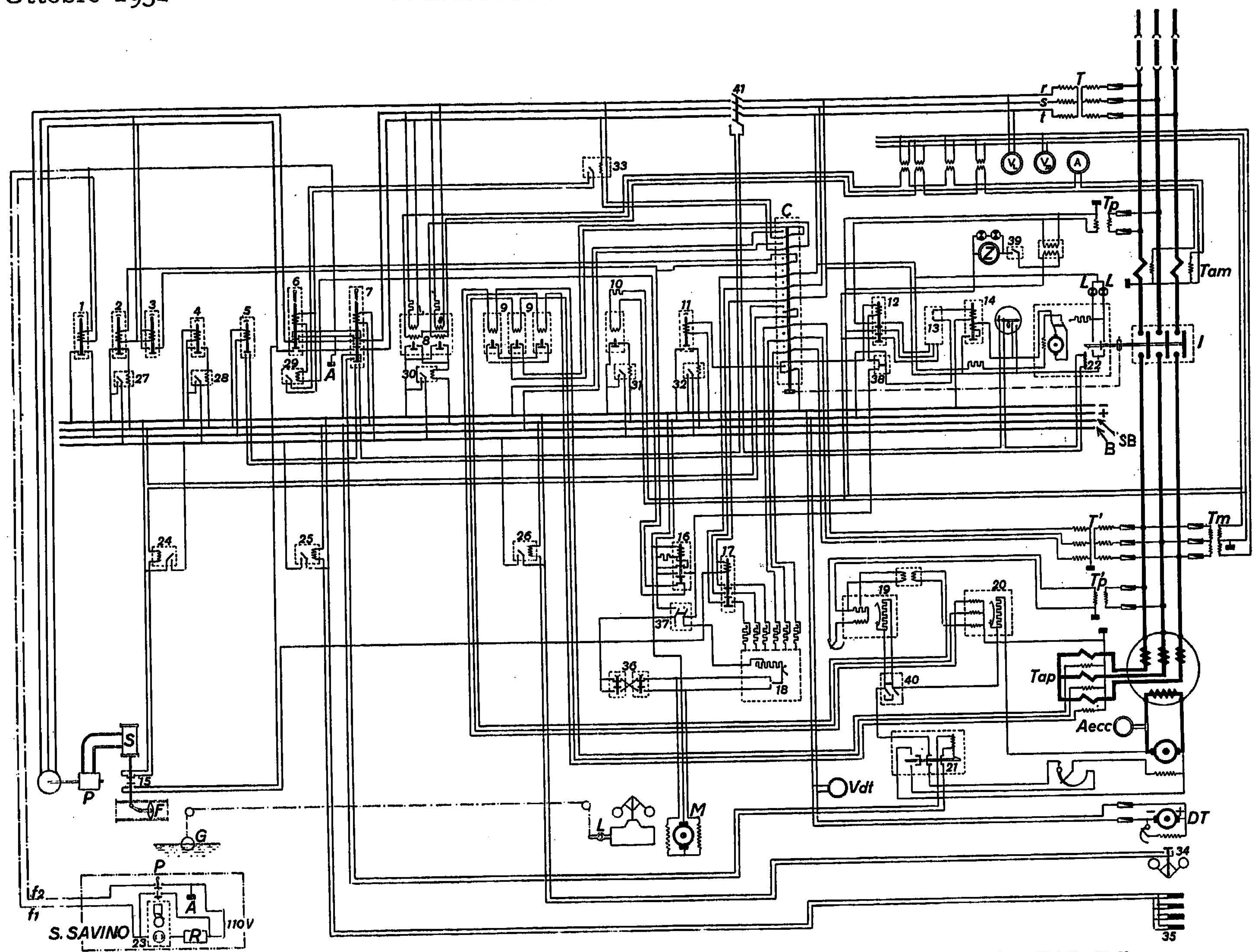



Fig. 4. - Schema della disposizione e dei collegamenti dei relais elettrici nella centrale automatica di Fioritella.

il quale fa aprire la turbina di quel tanto che il galleggiante permette;

4°) si mette in tensione la bobina del relais (11) del quale parleremo in seguito.

Ammettiamo ora che, avvenute tutte le manovre automatiche relative all'avviamento del gruppo generatore, la dinamo tachimetrica non si ecciti. In tal caso, non appena arriva tensione in linea, entra subito in azione il relais a tempo differito (3) il quale, nella ipotesi fatta (a cui consegue il non funzionamento del relais (16)), chiude il circuito della bobina del relais-cartellino (29) fra le fasi *t* ed *s*. Il cartellino (29), che porta l'indicazione di blocco per mancata eccitazione della dinamo tachimetrica, chiude il circuito della bobina del relais di blocco (6), sempre fra le fasi *t* ed *s*.

Funzionando il relais di blocco (6), vengono a mancare due fasi al motore della pompa pilota che si ferma con conseguente chiusura della saracinesca ed arresto della macchina.

Ammettiamo inoltre che, per una ragione qualsiasi, non avvenga la chiusura dell'interruttore di parallelo dopo un tempo determinato. In queste condizioni non viene azionato il commutatore *C* per la mancata chiusura dell'interruttore ed il relais a tempo differito (3) chiude fra le fasi *s* e *t* la bobina del relais a tempo differito (2), il quale entra in azione e dopo un certo tempo chiude, fra le sbarre positiva e negativa, il circuito della bobina del relais-cartellino (27) che, a sua volta, collegando la sbarra *B* con la sbarra negativa, aziona il relais di blocco (7). Il relais-cartellino (27) porta, naturalmente, l'indicazione di blocco per mancato parallelo.

PROTEZIONI.

Abbiamo visto che, con la chiusura dell' interruttore e la conseguente manovra del commutatore *C*, si mette in tensione la bobina del relais a tempo differito (11) che, dopo un certo tempo, apre il circuito collegante la sbarra *SB* (v. fig. 4) con la sbarra positiva.

Ammettiamo, dunque, che dopo il funzionamento del relais (11) avvenga un corto circuito sulla rete. Entrano allora in azione i relais a massima corrente (9) che, per la nuova posizione assunta dal commutatore, collegano la sbarra *SB* con la sbarra negativa ed allora il relais (5) funziona aprendo il circuito della bobina del relais a minima tensione montato sull'interruttore *I*, che conseguentemente si apre.

Dopo l'apertura dell'interruttore *I*, se rimane tensione in linea, la centrale si trova di nuovo pronta per rientrare in parallelo.

Ammettiamo ora che l'interruttore *I* si richiuda e che permangano condizioni di sovraccarico per il gruppo generatore, oppure che queste condizioni si manifestino prima che il relais (11) abbia funzionato. Così stando le cose, i relais a massima (9) determinano il funzionamento del relais-cartellino (32) che porta l'indicazione di blocco per richiusura su corto circuito. Il funzionamento del relais-cartellino (32) mette in azione il relais di blocco (7) con conseguente apertura dell'interruttore e diseccitazione di macchina, in quanto il relais (7) chiude anche il circuito della bobina (21) che comanda lo scatto della leva di campo (fig. 4).

Se il guasto è a monte dell'interruttore *I*, cioè in centrale, i

relais a ritorno di energia (8), ad azione quasi istantanea, precedono, nel loro funzionamento, i relais a massima ed a tempo (9) e fanno funzionare il relais-cartellino (30) che, a sua volta determina il blocco della centrale azionando il relais (7).

Ammettiamo che, pur avendosi un guasto interno nella centrale, i relais a ritorno non funzionino. In queste condizioni, i relais a massima (9) aprono l'interruttore e, persistendo l'azione dei relais a massima ad interruttore aperto, questi, a mezzo del commutatore *C*, chiudono il circuito della bobina del relais-cartellino (33) fra le fasi *r* e *t*. Il relais-cartellino (33) aziona il relais di blocco (6) con le note conseguenze.

Il blocco della centrale, oltre alle cause già esaminate, può avvenire nei seguenti casi:

*a*) se a generatore in moto si guasta la pompa pilota o si ferma per guasto il motore di detta pompa, si chiude la valvola a farfalla *F* e l'interruttore comandato dal servomotore *S* aziona il relais-cartellino (24) che, a sua volta, collegando la sbarra *B* con la sbarra negativa, chiude il circuito della bobina del relais di blocco (7);

*b*) se un cuscinetto si riscalda eccessivamente, l'apposito interruttore termico (35), su di esso montato, chiude il circuito della bobina del relais-cartellino (25) che, analogamente al (24), mette in azione il relais di blocco (7);

*c*) se, prima di fare il parallelo o dopo uno scatto dell'interruttore principale *I*, la macchina, per cattivo funzionamento di qualche organo, assume velocità eccessiva, il relais centrifugo (34), montato sull'asse della macchina, chiude il circuito del relais-cartellino (26), con conseguente funzionamento del relais di blocco (7);

*d*) se si manifestano sovratensioni, il relais (10), azionando il relais-cartellino (31), determina il funzionamento del relais di blocco (7);

*e*) se per velocità eccessiva della macchina, la tensione della dinamo tachimetrica assume valori troppo alti, il relais (4), determinando il funzionamento del relais-cartellino (28), mette in azione il relais di blocco (7).

Per l'eventualità che debba togliersi di servizio la Centrale di Fioritella, si è preferito sostituire al relais a minima corrente, che in caso di distacco della centrale dalla rete fa aprire l'interruttore *I*, il relais (1) che può essere azionato dalla vicina centrale di S. Savino, agendo, in questa centrale, sul tirante *P*. Il relais (1) chiude fra le sbarre positiva e negativa la bobina del relais (5), aprendo così l'interruttore *I*.

### Segnalazione di blocco.

Ogni qualvolta che la centrale di Fioritella si blocca, nella centrale di S. Savino, che dista da Fioritella circa km 2, si ha una segnalazione ottica ed acustica del fuori servizio. A tal uopo, i relais di blocco (6) e (7) mettono a terra il filo $f_1$ (v. schema fig. 4) che collega Fioritella a S. Savino. Detto filo $f_1$ è collegato, attraverso un segnalatore ottico ed acustico ed una resistenza *R* per la regolazione della tensione che agisce sul segnalatore, ad uno dei capi di un trasformatore a 110 V sul secondario e che ha l'altro polo a terra.

### Descrizione dei meccanismi di manovra per la parte idraulica.

La fig. 5 relativa allo schema dei meccanismi automatici per la manovra della turbina e della valvola a farfalla, è sufficiente per la nostra descrizione.

A macchina ferma, una molla piazzata nella colonnetta idraulica relais *C*, mantiene tutto alto il volantino $V_1$ di manovra a mano del regolatore, in modo che il cassetto distributore *F* si trova in posizione di chiusura. In questa posizione i due pistoni $P_1$ e $P_2$, contenuti nella colonnetta relais *C*, si trovano nella posizione più alta. Mettendosi in moto la pompa pilota *P*, l'olio in pressione arriva, mediante il tubo $t_4$, nella parte inferiore del servomotore [2] (**) della valvola a farfalla, fa alzare il pistone del servomotore e, mediante l'asta *E* ed apposita corda flessibile in acciaio, fa aprire la valvola a farfalla *V*. La

(**) I numeri tra parentesi quadre si riferiscono a quelli segnati nella fig. 5.

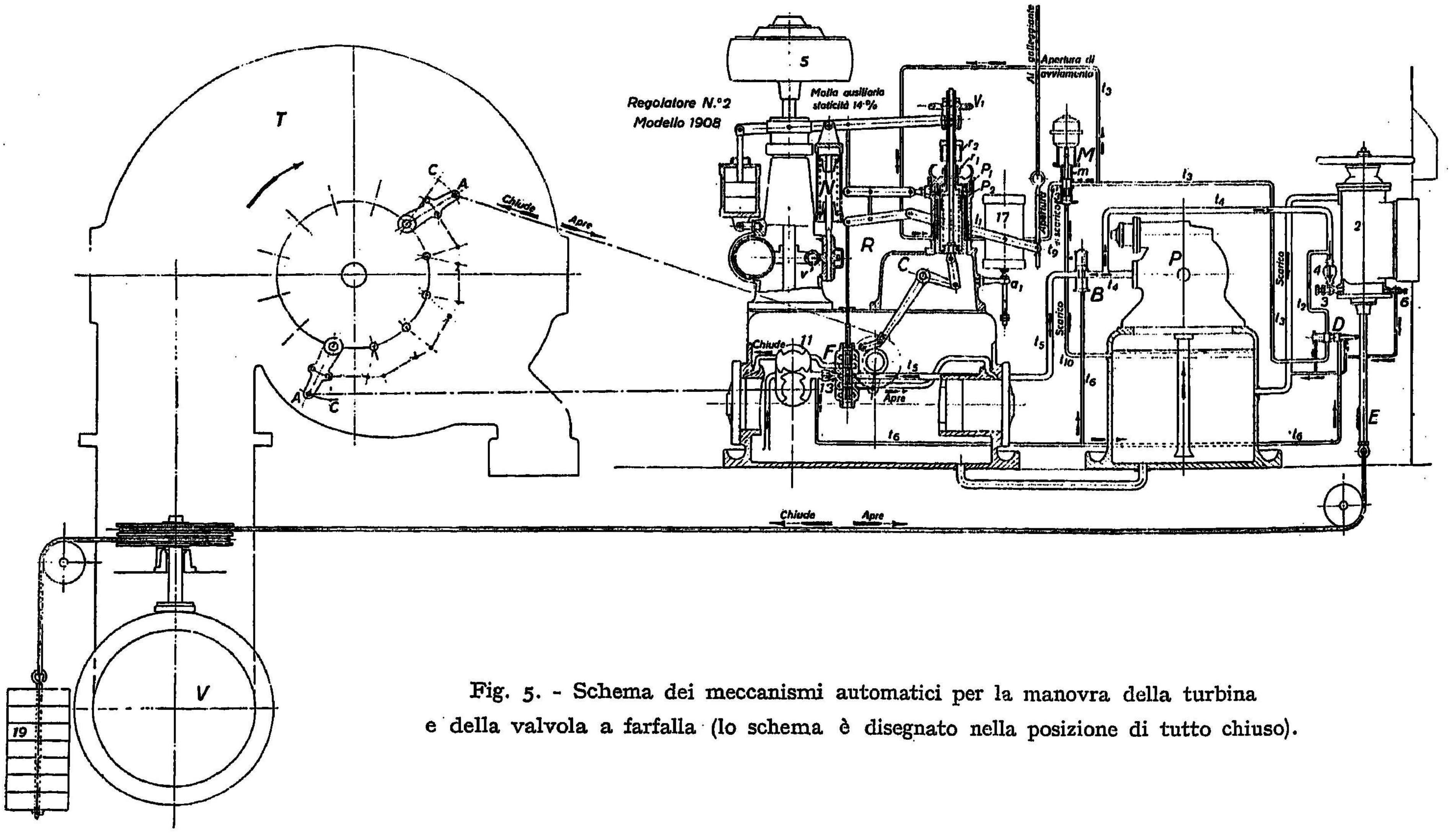



Fig. 5. - Schema dei meccanismi automatici per la manovra della turbina e della valvola a farfalla (lo schema è disegnato nella posizione di tutto chiuso).

vite di registro [3] serve a regolare l'afflusso dell'olio e quindi il tempo che il servomotore [2] impiega ad aprire la valvola a farfalla. Contemporaneamente il pistone del servomotore *B*, spinto da una molla verso il basso, permette, in queste condizioni, il passaggio dell'olio dal tubo $t_4$ nel tubo $t_5$ che lo porta alla parte centrale del cassetto distributore *F*. La valvola di ritegno [13] impedisce all'olio di scaricarsi attraverso la pompa [11] e quindi, trovandosi il distributore *F* come abbiamo detto, nella posizione di chiudere, l'olio passa nel servomotore regolatore dalla parte della chiusura, chiudendo il distributore della turbina se questo è aperto. L'asta dello stantuffo del servomotore [2] della valvola a farfalla, porta il rialzo o camma *E*, la quale, prima della fine corsa del pistone, spinge verso sinistra il pistoncino del servomotore *D*, permettendo all'olio in pressione di passare dal tubo $t_2$ al tubo $t_3$. L'olio in pressione che arriva mediante il tubo $t_3$ nella colonnetta idraulica relais *C*, va ad agire sulla testa del pistone $P_1$ che si abbassa trasportando $P_2$ ed il volantino, fino a che l'anello $r_1$, solidale al pistone $P_1$, va a scontrare la parte fissa della colonnetta-relais. Il volantino $V_1$ si abbassa dunque di tanto quanto l'anello $r_1$ lo consente. L'anello $r_1$ è regolato in modo che la turbina si apra di quel tanto che occorre per lo spunto e si porti ad un numero di giri non eccessivamente discosto da quello di regime. Mettendosi in marcia la turbina, va in pressione la pompa [11] del regolatore e mediante il tubo $t_4$ l'olio si porta ai servomotori *D* e *B*. In *D* l'olio della pompa [11] mantiene verso destra il pistone e quindi permane la comunicazione fra $t_2$ e $t_3$; nel servomotore *B*, invece, l'olio spinge in alto il pistone comprimendo la molla ed intercettando la comunicazione fra i tubi $t_4$ e $t_5$, in modo che al distributore *F*, attraverso la valvola di ritegno [13], arriva solo l'olio in pressione della pompa [11]. La turbina rimane così sotto il controllo del regolatore che tende a portarla ai giri normali. Il motorino *M* (fig. 4), mosso dal ricercatore di parallelo, mediante la vite senza fine $v'_t$ e la molla intermediaria *N* (staticità 14%) (v. fig. 5) va ad agire sulla leva del regolatore in maniera da portare la macchina in sincronismo. All'atto della chiusura dell'interruttore di parallelo, si mette in tensione la bobina dell'intercettatore *M* (fig. 5) e, vincendosi l'azione della molla *m*, si alza il pistone e si stabilisce così la comunicazione fra i tubi $t_3$ e $t'_3$. Quest'ultimo tubo porta l'olio in pressione sul pistone $P_2$, abbassando il volantino $V_1$ di tanto quanto lo permette l'anello registrabile $r_2$, in maniera da aprire completamente il distributore della turbina quando la leva $l_1$ è nella posizione che le compete per il livello massimo normale dell'acqua nel bacino. Quando il galleggiante è nella posizione corrispondente al livello suddetto, il peso [17] applicato all'estremità della leva $l_1$, appoggia contro l'arresto $a_1$; quando il livello dell'acqua diminuisce ed il galleggiante si abbassa, il peso [17] si solleva ed il distributore si sposta nel senso di chiudere.

È così realizzata la regolazione dell'apertura della turbina in funzione del livello dell'acqua nella vasca di carico.

Se l'interruttore di parallelo si apre, viene a mancare tensione alla bobina dell'intercettatore *M* e allora la molla spinge in basso il pistone di questo e viene a mancare la pressione sul pistone $p_2$ della colonnetta-relais del regolatore, in quanto il pistone di *M*, abbassandosi, mette $t'_3$ in comunicazione con lo scarico.

La macchina, nelle condizioni suaccennate, tende ad aumentare di giri, ma interviene il pendolo, il volantino $V_1$ si alza e tutto rimane nelle condizioni necessarie per il parallelo. Se, invece, viene a mancare la tensione in linea, la pompa pilota *P* si ferma ed allora i pesi [19] chiudono la valvola a farfalla e riportano in basso il pistone del servomotore [2]. L'olio contenuto in questo servomotore non può scaricarsi per il tubo $t_4$ a causa della valvola di ritegno [4] e si scarica mediante il tubo $t_6$, al quale l'olio arriva regolato dalla vite di registro [6], mediante la quale, dunque, si può regolare la velocità di chiusura della valvola a farfalla. Nelle condizioni suddette si verifica anche la mancanza della pressione dell'olio sopra il pistone $P_1$ e la turbina si chiude completamente, restando pronta per un nuovo avviamento.

Se durante il funzionamento della macchina vien meno la pressione della pompa del regolatore, ne deriva mancanza di pressione nel tubo $t_4$ ed allora il pistone del servomotore *B* si abbassa per azione della molla ed al distributore *F* arriva l'olio in pressione della pompa pilota. Inoltre la molla del servomotore *D* spinge verso destra il pistone, intercettando così la comunicazione fra il tubo $t_2$ e il tubo $t_3$; viene con ciò a mancare la pressione sopra i pistoni $P_1$ e $P_2$ ed il distributore *F* si sposta nel senso di chiudere, mentre l'olio in pressione che arriva per il tubo $t_5$ fa chiudere la turbina. Qualora nell'avviamento, dopo che la camma *E* ha spinto verso sinistra il pistone del servomotore *D* e la turbina ha cominciato a girare per l'avvenuta apertura di avviamento, la pompa del regolatore non funzioni, non appena la camma *E* è passata, il pistone del servomotore *D* torna verso destra ed il distributore si chiude.

Mi auguro di aver dato, con questa breve esposizione, una chiara idea del funzionamento della centrale automatica di Fioritella. Le modifiche inerenti alla automatizzazione furono ultimate nel gennaio del corrente anno e la Centrale entrò subito in servizio. Il funzionamento del complesso non ha dato luogo, a tutt'oggi, ad inconvenienti di sorta.

ING. S. RUBERTI.

ING. LUIGI PASSERINI
SOCIETÀ GENERALE ITALIANA EDISON DI ELETTRICITÀ

# Le corrosioni nei refrigeranti dei trasformatori

Questo secondo studio, dedicato alle corrosioni, è un resoconto dei risultati conseguiti nei quattro anni che seguirono all'applicazione dei provvedimenti descritti nel fascicolo II, volume VI (febbraio 1929) de « *L'Energia Elettrica* », nonchè un ampliamento di quelle parti che allora vennero appena accennate e che, nel prosieguo del tempo, si rivelarono fondamentali.

Se ad esse possiamo dare oggi maggior sviluppo lo dobbiamo anche e sopratutto alla cortesia dell'Ing. Busacchi di Oristano e del Prof. Ulick Evans dell'Università di Cambridge, che contribuirono con una buona raccolta di studi, estesa dal campo antico, ma sempre interessante, degli acquedotti, a quello più recente di elettrochimica.

All'egregio Collega ed all'illustre Maestro ripetiamo qui i nostri più vivi ringraziamenti.

***

Al manifestarsi di processi corrosivi, cento volte su cento si aprono le discussioni sulla natura dell'acqua o sulla presenza di eventuali correnti elettriche vaganti, anche quando i detti casi disgraziati capitino in centrali isolate dal mondo della trazione elettrica o siano alimentate da acque purissime di sorgenti o di ghiacciai, prive di ogni inquinamento pericoloso.

E si vanno a cercare, senza esito alcuno, le dispersioni di corrente della batteria di accumulatori, preposta al servizio delle manovre, ed a quelle dei conduttori dell'eccitazione.

In quanto all'acqua poi si trova che più pura non potrebbe essere.....

Diciamo subito che l'esame dell'acqua di solito nei nostri casi non viene eseguito col concetto informatore della ricerca delle sue facoltà distruttive, come tante volte venne fatto per gli acquedotti.

Il nostro tecnico ha un problema più limitato da risolvere e non vuol istituire processi interminabili per una questione che gli preme di condurre a termine nel più breve tempo e con la minor spesa.

Le nostre macchine infatti non chiedono accessori che resistano come l'acquedotto di Versaglia, vecchio di quasi tre secoli e pur vegeto tuttavia.

D'altra parte ricerche chimiche, eseguite direttamente da noi elettricisti, non avrebbero che poche probabilità di riuscita, specie in questo campo, in cui occorre una scienza ed un metodo che non si possono improvvisare.

Fortuna vuole che non nelle acque risieda per lo più la ragione fondamentale dello svilupparsi delle corrosioni, come lo studio e l'esperienza sembrano ormai dimostrare, diversamente l'uso dei refrigeranti sarebbe inevitabilmente condannato alla eliminazione, ad onta del notevole vantaggio economico complessivo da esso portato all'adozione delle grandi unità trasformatrici.

Un esempio di tutto ciò fu infatti quanto avvenne in una centrale. Nel 1929 si misero in attività 4 refrigeranti ordinati nel 1926 e costituiti da tubi di rame e di lega, privi di particolari pretese di incorrodibilità; la messa in opera avvenne con le cure illustrate nel nostro precedente studio e tali refrigeranti sono tuttora in servizio, senza aver dato noie di sorta.

Più tardi, nel 1931, vennero posti in servizio nello stesso impianto quattro refrigeranti di costruzione nuova per altre unità; l'acqua per essi venne derivata dalla stessa conduttura dei 4 refrigeranti precedenti, ma nessuna cura speciale venne adottata nell'installazione per ciò che concerne la protezione contro le corrosioni, dato che si parlava d'incorrodibilità dei materiali.

Ebbene, dopo pochi mesi di servizio, per questi ultimi cominciarono le forature, le perdite d'olio e le noie.

In impianti, viceversa, dove prima si ebbero forature in taluni refrigeranti, adottati i nostri provvedimenti e facendo sempre uso della stessa acqua e degli stessi materiali, da quattro anni non si ebbe più il menomo disturbo.

La nostra fiducia in essi ha così acquistato un giusto valore e merita che da parte nostra si torni ad illustrare quelle parti che, nella prima relazione, furono appena accennate.

***

Abbiamo detto che non nella qualità delle acque per lo più si nasconda l'insidia. Sarebbe però una presunzione assurda il nasconderne totalmente il pericolo e svolgere un tema sulle corrosioni, senza considerare, sia pur brevemente, l'elemento entro il quale esse si manifestano.

Nella elencazione bibliografica, riportata alla fine di questa nota, sono indicati alcuni studi del passato particolarmente dedicati a questo argomento. Scorrendoli si rilevano subito le enormi difficoltà contro le quali si trovarono a lottare dirigenti d'acquedotti ammalati, per controverse questioni d'ordine incerto tra il fisico-chimico ed il biologico, questioni che misero consulenti insigni a dura prova.

Si tratta qui di acque chimicamente potabili ma che, o fin dall'inizio della loro raccolta od in tempi successivi, si infestarono di microrganismi, ostruendo tubazioni ed apparecchi.

Caratteristico, per citarne uno, il caso dell'acquedotto di Lilla, le cui acque nel 1882 divennero così disgustose che perfino i cavalli dei trams le rifiutavano.

E più istruttivo ancora quello di una città tedesca (Bamberg 1896) che ad un certo punto subì la stessa sorte e dopo qualche anno guarì da sè, come aveva mostrato di sperare il Direttore del servizio, che non volle prendere provvedimenti di sorta contro il male.

In entrambi questi casi ed in alcuni altri fu accertata la presenza della *crenothrix polyspora* o *kühniana*, o di altri microfiti assimilatori del ferro (*cladothrix*, *leptothrix*, ecc.).

Si tratta di alghe inferiori, ponte di mezzo tra le alghe ed i funghi, le quali, assimilando il ferro o nella guaina (*crenothrix*) o nel protoplasma, assumono talvolta sviluppo considerevole, fino a formare ammassi, tubercoli ed ostruzioni, colle loro spoglie mortali impastate con idrossido di ferro e materie terrose.

L'acqua ne assume un colore ocraceo ed un peggioramento nei caratteri organolettici, mentre tutto l'impianto perde in prestazione, appunto per causa delle ostruzioni.

Il fenomeno però è tutt'altro che facile a precisare nelle sue origini, nè a classificarsi nei suoi reali termini senza l'ausilio di esperimentati cultori di microbiologia.

Basti dire che la famosa *crenothrix kühniana*, scoperta da Kühn nel 1870, era già stata scoperta, classificata e divulgata quasi trent'anni prima dal Conte Trevisan di Padova sotto il nome di *beggiatoa alba* e che solo nel 1898 il Prof. Gasperini notò l'identità della specie.

Per un po' di tempo, dopo queste scoperte, si imputarono senz'altro le formazioni tubercolari alla presenza dei microfiti; ma poi cominciarono i dubbi.

Caratteristica in questo senso la relazione del Prof. Binaghi dell'università di Cagliari, venuta nel periodo in cui ferveva, per così dire, la moda dei microfiti, a dimostrare praticamente che invece le formazioni tubercolari sono occasionate dalla presenza dell'ossigeno e dell'anidride carbonica nell'acqua.

L'anidride carbonica, che è in grado di agire anche da sola, sebbene meno intensamente, avrebbe una funzione catalitica (impropriamente, se si vuole) in quanto agisce e si ricostituisce senza consumarsi mai, (v. nota di appendice).

Secondo questa teoria dunque le deposizioni avverrebbero anche senza la presenza dei microfiti e per puro processo fisico-chimico.

Naturalmente, se gli esseri inferiori cominciano a prender piede in un ambiente già predisposto per abbondanza d'idrossido di ferro, si spiega come si sviluppino abbondantemente e cooperino al fenomeno delle deposizioni con le loro spoglie.

Mentre stavamo raccogliendo le presenti note, ci capitò di smontare dei refrigeranti di vecchio tipo, costituiti da due lastre di lamiera di ferro ondulata, racchiudenti una serpentina di rame per l'olio (v. fig. 1): l'acqua in essi cammina tra la lamiera ed il tubo di rame.

Ogni anno tali refrigeranti dovevano venir smontati e riordinati, perchè i depositi finivano con l'ostruire il passaggio dell'acqua.

Questo fatto, che costringeva ogni volta ad un prolungato immobilizzo dei gruppi serviti, ci consigliò a sostituire tali refrigeranti con altri più appropriati.

Era convinzione che ad ostruire il passaggio dell'acqua fosse la portata solida dovuta alle torbide autunnali del fiume; ma all'ultimo smontaggio si constatò che la cosa era invece dovuta a formazioni tubercolari. E, cosa interessantissima, si notò che sopra alcuni di tali tubercoli erano visibili gocce lucide di olio di lino cotto, spremute dalla guarnizione, nel riordino dell'anno precedente.

I tubercoli si erano dunque formati per corrosione della lamiera sollevando la vernice, cosa che, del resto, era pure confermata dalla presenza di intaccature sotto la loro base, intaccature che invece non c'erano nelle zone vicine, dove il minio aveva resistito ed il limo ocraceo non aveva steso che una leggera patina uniforme.

Il processo era stato ovviamente forzato dalla disposizione irrazionale del refrigerante, in cui l'acqua scorreva tra una superficie di ferro ed una di rame, intaccando la prima come in una pila elettrica.

In un altro caso, in cui si sarebbero dovute temere corrosioni e tubercoli per la natura dell'acqua, non si ebbero invece manifestazioni di sorta: si trattava dell'acqua di un pozzo profondo una cinquantina di metri, proveniente da una falda torbosa.

Attorno alle vasche di spia esala in certe giornate un gas di odore cattivo, che impressiona la carta all'acetato di piombo, come fa precipitare in nero la soluzione di solfato di rame: caratteristiche queste che sono notoriamente da ascriversi all'idrogeno solforato.

Dai refrigeranti l'acqua cade nelle vasche alquanto arrossata, mentre alle pareti di queste si raccolgono ed oscillano masse

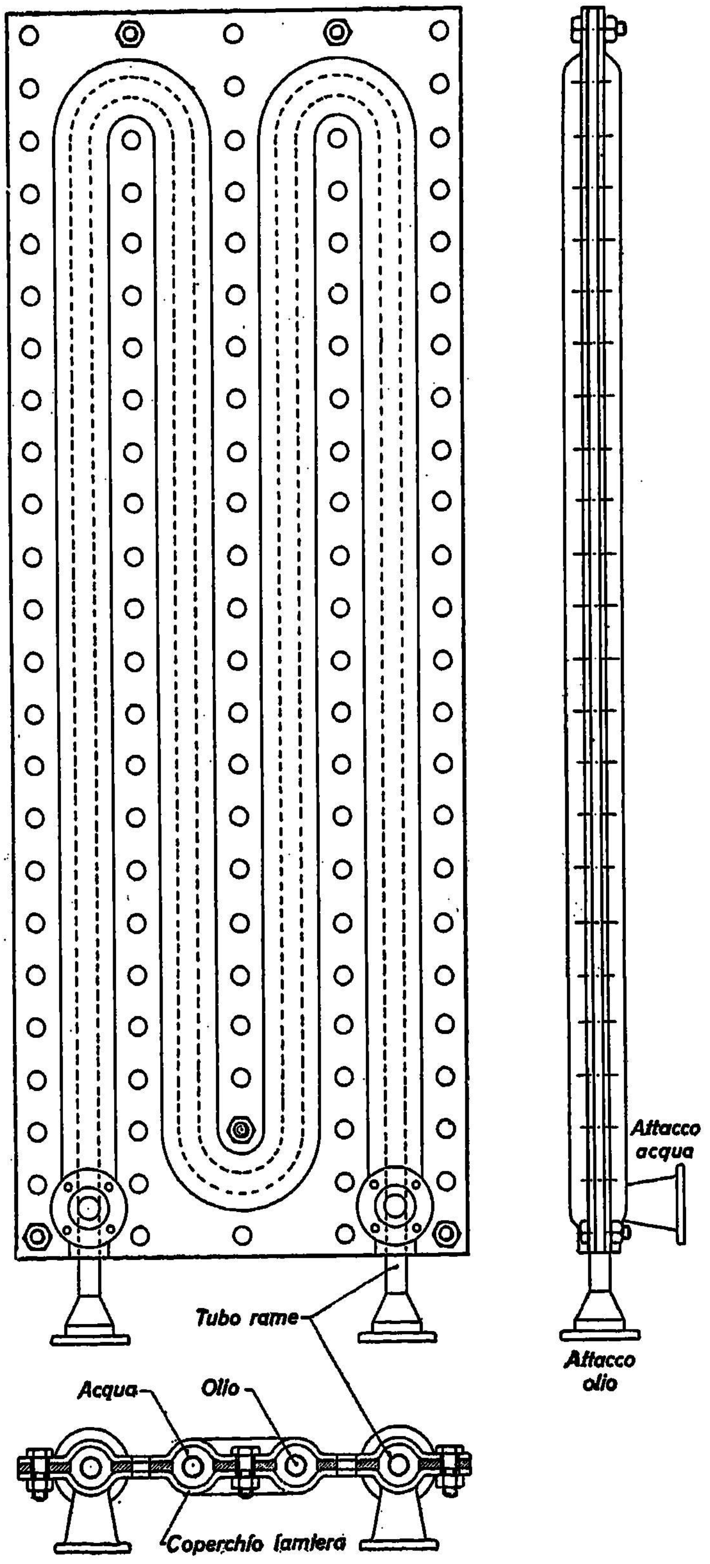



Fig. 1. - Refrigeranti di vecchio tipo, per trasformatori.

filamentose di colore incerto tra il giallastro ed il clorofillare, lunghe circa 1 cm, che fanno pensare male a chi ha letto la descrizione degli ambienti in cui fu rilevata la *beggiatoa alba* ed altre oscillarie.

L'analisi chimica ci sconsigliò l'uso di quest'acqua per i refrigeranti e la dichiarò non potabile per eccesso di sostanze organiche.

Gli ammassi lanosi vennero però imputati semplicemente a precipitazione d'idrossido di ferro e l'odore a sviluppo di ammoniaca.

Non avendo possibilità di far di meglio, si continuò ad usarla, raddoppiando la sorveglianza. Tuttavia dopo quasi quattro anni di esercizio, nessun inconveniente si ebbe a verificare.

In quanto alle discrepanze tra l'analisi e le proprietà dell'ambiente non è da escludere che, una volta chiusa nella bottiglia, l'acqua, privata dell'aereazione e del movimento, abbia a

cambiare proprietà: si legge infatti che per lo sviluppo dei nostri microrganismi è conveniente il moto ed il ricambio.

In un'officina, in cui l'acqua è pure attinta dal sottosuolo con pozzo molto profondo, si ha uno sviluppo di alghe clorofillari quasi incredibile, e la sabbia, che il moto energico della pompa solleva e trascina più o meno con sè, ha la proprietà di aderire facilmente e di segnare punti d'attacco sul metallo.

Per questa ragione l'acqua prima dell'uso viene raccolta in un vascone, per separarvi l'aria e la sabbia trascinata dalle pompe.

Senonchè le alghe, che nel bacino facilmente allignano, se non vengono impedite nello sviluppo e frequentemente scaricate, facilmente scendono nelle tubazioni, che ingorgano, quando non si arrestano sulle piastre tubiere superiori dei refrigeranti.

Qui si è notato talvolta che, per quanto in oscurità, si mantengono in vita, distribuendosi con un certo ordine, mentre qua e là i ciuffi assumono colorazioni biancastre sospette, come di fatti locali causati dall'assimilazione di sali del metallo delle piastre tubiere.

È noto infatti come nelle radici le piante abbiano ghiandole secernenti acido cloridrico, mercè il quale riescono a rendere solubile quanto incontrano di attaccabile per la via.

Per le piastre tubiere, molto spesse, ciò non costituisce oggetto di preoccupazione, ma per gli esili tubicini, in cui tali alghe possono trattenersi, non è la stessa cosa; tanto più che, come vedremo più avanti, esse possono esercitare pericolose azioni di schermo.

L'acqua viva dei nostri fiumi (non quella dei colatori), che si sappia, non ha dato finora manifestazioni del genere, mentre il limo glaciale, che facilmente questa trasporta, non ha particolare adesività e non porta con sè altro disturbo che di scaricare di tanto in tanto le calotte dei refrigeranti con la semplice manovra dei rubinetti.

Naturalmente non è che i fenomeni osservati succedano ovunque siansi scavati pozzi: trivellazioni poco profonde e di portata ridotta hanno anzi dato acque ottime sotto ogni rapporto.

In complesso, avendo cura d'intonacare la ghisa delle calotte con malta di cemento, sì che non avvenga l'ossidazione del ferro e la caduta del carbonio grafitico, si è certi di essere completamente al riparo dalle possibilità dello sviluppo dei tubercoli e da indirette forature dei tubicini di rame, come venne spiegato nella precedente nota.

Meglio poi se i costruttori dei refrigeranti vorranno sperimentare la smaltatura a fuoco di tali calotte o la sostituzione della ghisa con metallo meno pericoloso, come si è visto recentemente fare da alcuni.

***

Su tutto il problema che ci interessa, il motore primo è l'ossigeno, non solo in quanto esso può causare processi chimici svariati e dar vita a colture, ma anche, e soprattutto, perchè agisce direttamente alle condizioni ordinarie.

E sarebbe un vero disastro se contro questa azione i metalli non fossero in grado di reagire, immunizzandosi per un periodo più o meno lungo ed in ogni caso rallentando la velocità di reazione del potente distruttore.

In che cosa consiste questa reazione auto protettiva che consente ad esempio di usare senza ambagi il ferro nella costruzione di recipienti per acido solforico concentrato?

Nel discorrere di stato di passività dei metalli fino a non molto tempo addietro si facevano ipotesi più o meno sottili, quale quella dell'esistenza di pellicole a due dimensioni: concetti che, senza dubbio, a noi pratici riescono un po' oscuri ed incomprensibili.

E molto a proposito il Prof. Evans ha scritto in « Colloid Chemistry », la memoria intitolata « *The properties of thin films on metals* », che serve a dimostrare come dalle idee astratte, operando nel campo dell'estremamente piccolo, gli scienziati siano arrivati a materiare di prove inconfutabili, l'esistenza di ciò che la mente, prima della vista, aveva scoperto.

Vediamo di riassumere i concetti fondamentali.

L'argento metallico, esposto a vapori di iodio, si copre di uno strato superficiale di joduro e l'ispessimento della pellicola, dapprima rapido e poi via via più lento, passa per l'ordine di grandezza atto a presentare alla luce le frange d'interferenza, come sappiamo avvenire alla superficie delle bolle di sapone o sull'acqua leggermente velata da tracce d'olio.

Così opera il rame se, all'aria, viene investito da idrogeno solforato.

La maggior parte dei metalli usuali tuttavia, se esposta all'aria asciutta, non subisce variazione di colore, a meno che non venga favorito il processo di ossidazione, aumentando la temperatura.

Ad onta di questa apparente stabilità alle condizioni ordinarie, l'ossidazione avviene; solo che, per sottile che sia il velo d'ossido che si forma a questa temperatura, è sufficiente ad impedire il passaggio di altro ossigeno verso il metallo, talchè questo velo si mantiene di uno spessore così piccolo che, paragonato alla lunghezza d'onda dei raggi luminosi, non è sufficiente a presentare il fenomeno d'interferenza.

Invisibili finchè restano a contatto col metallo riflettente, questi veli divengono visibili una volta distaccati, come quelli più spessi, che fanno mutare colore ai corpi.

Il Prof. Evans, Freundlich, Patscheke, Zöcher, Auley, Bastows, con metodi diversi, hanno controllato l'esistenza della esile membrana di ossido, per la cui formazione, anche a temperatura ambiente, bastano pochi secondi di esposizione.

Per di più essi sono giunti a staccarla dal metallo.

Constable ha misurato gli spessori delle pellicole maggiori, quelle che causano il cambiamento di colore, trovando che al bleu corrisponde una grossezza di 720 Ångstrom (un Ångstrom è un decimilionesimo di mm, cioè circa la dimensione dell'atomo dell'idrogeno), al giallo paglia 460 Å.

Al disotto di 400 Å la pellicola non dà più variazione di tinta percettibile.

Queste pellicole, tanto sottili da non essere in grado di provocare cambiamenti di colore nemmeno per interferenza, sono le più protettive, precisamente perchè esse, già dall'inizio di formazione, hanno una compattezza ed un'impermeabilità così grandi, da impedire il passaggio di altro ossigeno verso il metallo.

I corpi che meglio resistono all'attacco, sono quelli sui quali si sono rilevate le membrane più sottili.

Così per le superfici speculari di acciaio, il cui film è stato valutato dell'ordine di 10 Å, dimensione che, si dice, sia dell'ordine di grandezza delle molecole.

Non è quindi esatta nel senso teorico la designazione pratica di « acciaio inossidabile » per qualificare quell'acciaio il quale, grazie all'alto tenore di cromo (metallo passivo per eccellenza), è caratterizzato dall'inattaccabilità da parte dell'ossigeno.

***

Quali sono le condizioni di intangibilità della pellicola passiva?

Secondo Pilling e Bedworth (vedi: *The passivity of metals* di Hoar e Evans) hanno pellicola protettiva solo quegli ossidi, il cui volume di formazione è maggiore di quello del metallo, da cui derivano.

I seguenti numeri, che costituiscono appunto il rapporto tra i due volumi, spiegano come il cromo abbia la resistenza ben nota:

| | |
|---|---|
| magnesio | 0,84 |
| zinco | 1,59 |
| ferro | 2,06 |
| manganese | 2,07 |
| cromo | 3,92 |

Nel caso del ferro il primo ossido che si forma è l'ossido idrato ferroso, il quale, essendo solubile, si allontana dalla parete metallica, finchè incontra altro ossigeno che lo ossida ulteriormente in ossido idrato ferrico, facendolo precipitare.

Se però il liquido è in movimento ed è molto ossidante, l'ossido idrato ferrico anzichè formarsi lontano dalla parete metallica, si forma direttamente a contatto di essa (a contatto fisico o molecolare) costituendo la pellicola protettiva.

Stesa sopra un corpo perfettamente levigato, la pellicola protettiva, che in genere risulta di peso specifico minore del metallo, cioè di volume unitario maggiore, presenta una compattezza e una costipazione elevatissime, e questa costrizione uniforme spiega l'assenza di punti deboli, nei quali più facile possa riuscire il distacco o la screpolatura, precisamente come una colonna perfettamente rettilinea maggiormente sostiene il carico assiale di una che già presenti inflessioni d'asse od eccentricità.

Stesa sopra un corpo rugoso, la costrizione laterale avrà come prima manifestazione il distacco e la lacerazione, cui seguirà il riformarsi di altro processo d'attacco nei vani aperti ed una finale disuguaglianza o disuniformità, sempre fonti di debolezza o d'insidia da parte degli elementi esterni.

Questo come causa propria di fragilità, mentre agenti esterni possono provocare rotture, come sforzi di lavorazione nel metallo oppure, per altro verso, l'azione distruttiva dei cloruri.

E torniamo a ricordare che la vita vegetale è potente in ciò, come dimostra l'esperienza della esile pianticella coltivata in sabbia su lastra di marmo, alla superficie del quale le radici rapidamente tracciano solchi ed infossature a loro bell'agio.

Più avanti vedremo da vicino come avvenga il procedimento dell'attacco; in questo capitolo arrestiamoci a studiare le condizioni di possibilità probabile di esso, come il Prof. Evans con altra memoria, pubblicata nel 1930 in « Transactions of the American Electrochemical Society », ci insegna sotto il titolo « *Reproducibility in corrosion work* ».

* * *

Dalla nozione dell'esistenza della pellicola di passività e dalla cognizione che l'attività d'attacco corrosivo di una causa uniformemente distribuita sulla superficie si manifesti attraverso i varchi di questa difesa, appare come la ricerca di una legge, atta a definire con certezza la localizzazione delle corrosioni, non si possa stabilire se non attraverso la probabile distribuzione di queste rotture iniziali.

Il concetto di probabilità matematica è tuttavia in questo caso alquanto compromesso dalla reazione elettrochimica delle zone di attacco, le quali agiscono con forze effettive sulla superficie circostante, forze che sono dirette nel senso di immunizzare quest'ultima.

L'approssimazione di un calcolo non può quindi che riuscire minore di quella, ad esempio, sulla quale l'artigliere può contare nel coprire la rosa di tiro.

Tutto ciò pur facendo astrazione dalle rotture volontarie della pellicola protettiva, quali si hanno con lavorazioni difettose del materiale o con precedenti vicende di parziali corrosioni.

Nell'ipotesi dunque della superficie perfetta, dell'assenza di forze antagoniste, dell'esistenza cioè della sola casualità probabile, supponiamo di tagliare da una lamina grande un rilevante numero di laminette minori di ugual superficie e di assoggettarle alla corrosione in condizioni identiche.

Sia $N$ il numero medio dei punti di attacco sopra ciascun campione e sia $n$ il numero vero di punti d'attacco sopra ciascun esemplare.

Ovviamente $n$ in alcune lamine sarà maggiore di $N$, mentre in altre sarà minore e solo eccezionalmente potrà coincidere.

La probabilità di ottenere per $n$ un certo valore è data dalla formula di Poisson:

$$P_n = \frac{N^{.n} e^{-N}}{N\,!}$$

Così, se supponiamo che in una certa esperienza la media sia di 20 punti d'attacco (cioè $N = 20$), in uno qualunque degli esemplari avremo un numero $n$ di rotture, che si aggirerà intorno al 20, senza peraltro coincidervi.

La tabella I dà in tale caso per ogni valore di $n$ la corrispondente probabilità di riuscita sopra uno dei 21 saggi sottoposti alla prova.

TABELLA I.

| $N = 20$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $n$ | $P_n$ | | $n$ | $P_n$ | |
| 10 | 0,006 | | 21 | 0,085 | 0,263 |
| 11 | 0,011 | | 22 | 0,077 | 0,567 |
| 12 | 0,018 | | 23 | 0,067 | |
| 13 | 0,027 | | 24 | 0,056 | |
| 14 | 0,039 | | 25 | 0,045 | |
| 15 | 0,052 | | 26 | 0,034 | |
| 16 | 0,065 | | 27 | 0,025 | |
| 17 | 0,076 | | 28 | 0,018 | |
| 18 | 0,084 | 0,567 | 29 | 0,013 | |
| 19 | 0,089 | 0,263 | 30 | 0,008 | |
| 20 | 0,089 | | | | |

La probabilità 1 (cioè $P_n = 1$), rappresenta ovviamente la certezza.

Dallo specchio si vede che la probabilità di avere esattamente 20 rotture (cioè $n = N$) è solo dell'89‰, mentre la probabilità composta di avere un valore di $n$ compreso tra il 19 ed il 21 sale al 262‰, cioè a circa un quarto della certezza.

Così per $n$ approssimato del 15% al valore medio $N$ ($n$ oscillante tra 17 e 23), si ha una probabilità di ben 567‰, cioè di più della metà.

Facendo uso di campioni di maggiori dimensioni, che diano un valore medio $N$ più grande, la probabilità è maggiore; così con $N = 100$, si ha già la probabilità del 50% circa per valori di $n$ approssimati dell'8%.

Una variazione di $N$ si può anche ottenere variando la natura del liquido, anzichè l'estensione della lamina.

Vi sono liquidi, come il cromato di potassio, che esercitano un'azione protettiva, riducendo $N$; ve ne sono altri, come l'acido cloridrico, che cooperano ad aumentare il numero delle rotture.

Così pure agisce il tempo o durata dell'azione.

TABELLA II.

| Concentr. gr. equiv./l | Numero di gocce che segnarono la corrosione dopo ore: | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 24 | 48 |
| 0,10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 0,07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 6 |
| 0,06 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 8 | 10 |
| 0,05 | 0 | 1 | 4 | 8 | 9 | 9 | 10 | 11 | 12 | 12 |
| 0,04 | 0 | 3 | 9 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 0,03 | 0 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 0,02 | 0 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 0,01 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |

La tabella II riassume i risultati medi conseguiti contemporaneamente con 120 lamine uguali di acciaio, sopra ognuna

delle quali Evans aveva lasciato cadere una goccia di carbonato di sodio a 10 diverse concentrazioni.

Sotto la riga indicante le ore di esposizione viene riportato il corrispondente numero di lamine, su cui la goccia nel tempo indicato ha dato luogo a formazione di ruggine per le diverse concentrazioni di soluzione.

A dimostrare la grande incertezza di questo studio, ed a riprova che esso serve a spiegare le corrosioni, ma non ad assicurarne la riproducibilità sperimentale, diremo infine come il Prof. Evans abbia osservato che, lasciata cadere una goccia di una stessa soluzione sopra tre lamine uguali, ritagliate da una stessa lastra, in capo ad un certo tempo una sola delle tre lastre presentava l'intaccatura sotto la goccia, mentre le altre non avevano subito variazioni di sorta.

Una ragione di ciò naturalmente ci deve essere, non fosse altro che la goccia, che ha corroso, sia caduta per caso in un punto della lamina dove la pellicola passiva, non visibile ad occhio nudo, presentava una soluzione di continuità.

Ma poco di utile ai fini pratici si potrebbe forse ritrarre da tutto ciò se, in ordine alla riproducibilità, non si fossero avverati altri studi, come quelli di Aston e di Evans, già accennati nel nostro precedente elaborato e che ora metteremo in particolare rilievo.

***

Nel 1916 le contingenze belliche della marina misero in primo piano le difficoltà inerenti alle corrosioni dei condensatori, difficoltà che crearono imbarazzi perfino alla scuola inglese, in questo campo certamente più di tutti navigata.

Risale a quell'epoca l'idea di Aston, che passò purtroppo non col risalto che meritava, rappresentando essa la chiave fondamentale del problema: quell'idea che l'ing. Francesco Mossa invocava, quasi intuendola, sette anni prima, nella sua appassionata critica alla relazione Casagrandi, come si rilegge nel bollettino del Collegio degli Ingegneri ed Architetti della Sardegna di quei tempi (1909-'10).

Diversamente dalle opinioni che circolavano, Aston attribuì l'ulteriore corrosione del ferro nei punti già intaccati e coperti da ruggine spugnosa, all'azione di setto poroso da questa esercitata, mercè la quale viene impedito il libero accesso dell'ossigeno al metallo, ma non la possibilità d'imbibimento da parte dell'acqua.

E per provarlo sperimentalmente, immerse due lamine di ferro, delle quali una arrugginita, in elettrolito ben aereato, e le collegò con un conduttore metallico esterno attraversante un istrumento di misura: la corrente elettrica, che in tali condizioni nasceva, accusava il segno anodico (—) alla lamina già arrugginita, indicando che essa era la preferita dall'ulteriore corrosione.

Evans più tardi riprese quest'idea e la elaborò per tutta una serie di metalli, mettendo in evidenza che ferro, zinco, cadmio e piombo hanno lo stesso comportamento, in base al quale la corrosione si manifesta con intensità particolarmente intensa in quei recessi in cui l'ossigeno ha la minor libertà di entrata.

È un paradosso, se si vuole, ma è così e ne daremo la dimostrazione sulla scorta delle nozioni usuali d'elettrochimica.

Sperimentalmente Evans ha condotto le sue indagini immergendo due lastre esattamente uguali in un unico elettrolito e soffiando dell'aria su una lastra e non sull'altra (fig. 2).

Un conduttore, attraversante un istrumento di misura, collegava esternamente le due lastre ed indicava il senso della corrente elettrica che, per questo fatto, si stabiliva nell'insieme.

Se l'elettrolito è acqua potabile le azioni sono così piccole da non prestarsi a misura con istrumenti usuali.

Agli effetti delle corrosioni ciò ha un valore limitato, perchè il tempo vi rimedia.

Basti pensare che un Ampère-anno è sufficiente a provocare l'asportazione di 9,200 kg di ferro oppure di 34 kg di piombo, per rendersi conto del lavorio che queste correnti, concentrandosi su determinate parti, possono produrre.

Un tempo si cercava di soddisfare col calcolo la curiosità circa i valori della f.e.m., non potendo arrivarvi con gl'istrumenti.

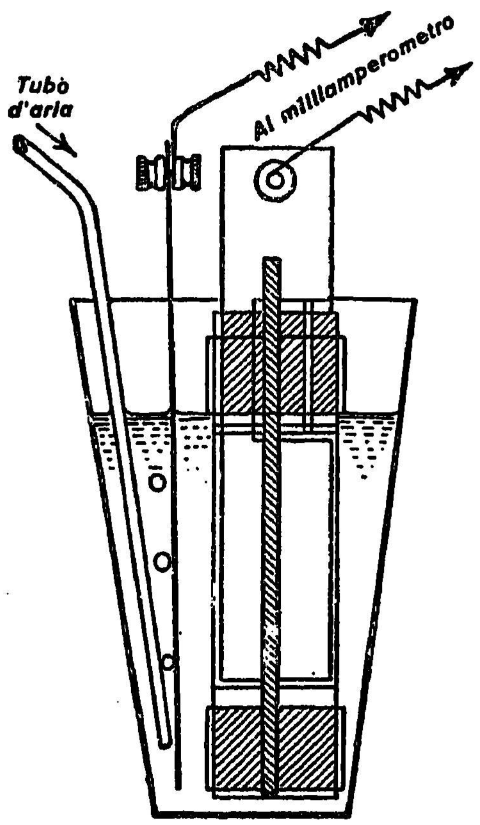



Fig. 2.

Così Nourtier, a pag. 10 del suo lavoro, si basa sul calore di combinazione dei corpi che entrano in gioco.

Mentre per la decomposizione dell'acqua con anodo inattaccabile trova essere necessaria una d.d.p. di

$$E = \frac{4{,}17 \times 34{,}5}{96} = 1{,}49 \text{ V} ,$$

ove 96 sono i Coulomb al cui passaggio si decompongono 9 grammi d'acqua in 1 d'idrogeno e 8 d'ossigeno;

4,17 Joule che corrispondono ad una caloria;

34,5 sono le piccole calorie che si sviluppano nella ricomposizione del detto quantitativo d'acqua.

Nel caso dell'anodo attaccabile trova per $E$ l'espressione:

$$E = \frac{4{,}17\,(S - S')}{96}$$

ove $S$ è il calore di combinazione dell'acido o del sale decomposto, $S'$ quello del sale che si forma per effetto dell'attacco dell'anodo. Se $S'$ è minore, uguale o maggiore di $S$, la f.e.m. necessaria a compiere l'elettrolisi deve essere rispettivamente positiva, nulla o negativa.

Quest'ultimo è il nostro caso, poichè, senza alcuna f.e.m. ausiliaria d'intervento esterno, avviene l'elettrolisi con circolazione spontanea di corrente.

Più direttamente Evans ed Hoar, nella loro recente memoria: « *Velocity of corrosion from the electrochemical standpoint* », ci portano allo scopo, esponendo lo schema a ponte con triodo (v. fig. 3), dimostratosi il mezzo più adatto per lo studio di queste piccole f.e.m. che si aggirano sui 5/100 di V.

Tale mezzo venne controllato con altri sistemi con la conclusione che esso è attendibile per larghi limiti di variazione nel titolo delle soluzioni, mentre così non era con gli altri sistemi.

Stralciamo dallo studio le tre curve della fig. 4:

$A$ del potenziale anodico,

$C$ del potenziale catodico,

$E$ della d.d.p. tra anodo e catodo (cioè differenza tra $A$ e $C$),

rilevate per una certa qualità di ferro posta in una soluzione di cloruro di potassio di concentrazione via via crescente da 0,00 *N* a 0,2 Normale.

Come si vede le curve *A* e *C* sono discendenti col crescere della

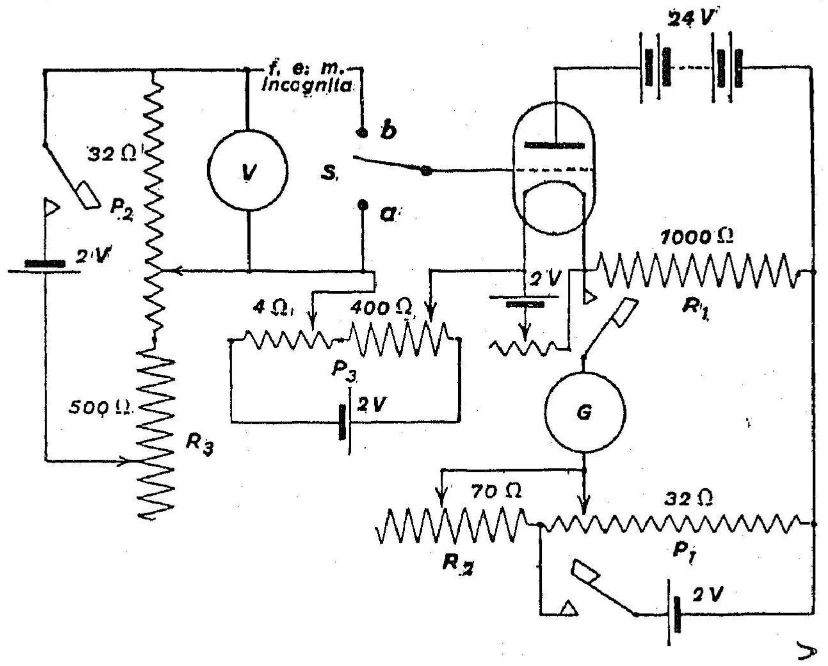



Fig. 3. - Ponte di misura con triodo.

concentrazione e tendono a sovrapporsi, cosa che provoca una rapida caduta della curva risultante *E*.

Questa caduta è dovuta all'aumentare della intensità della corrente elettrica, conseguenza diretta della migliore conduttività delle soluzioni concentrate, interposte tra anodo e catodo.

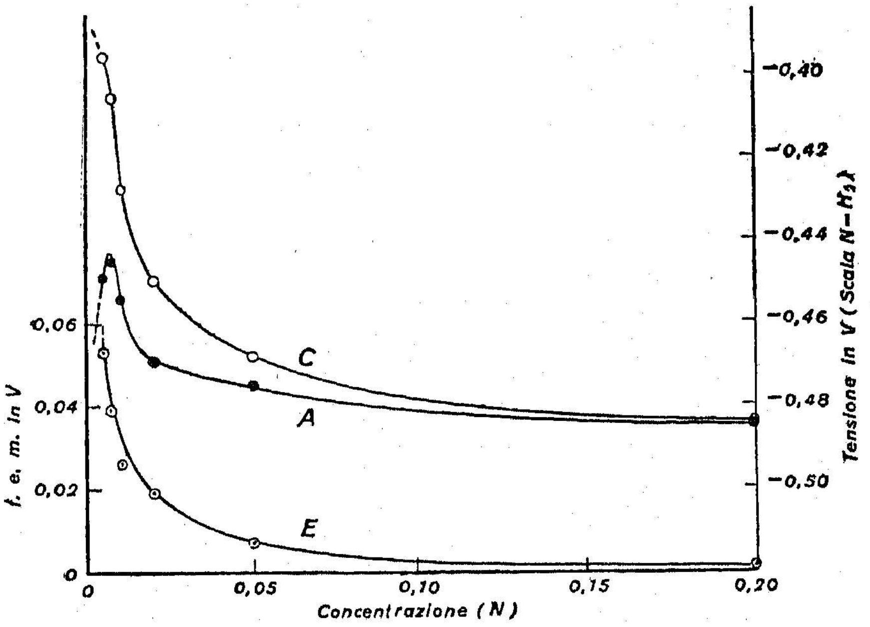



Fig. 4. - Diagrammi del potenziale anodico (*A*), catodico (*C*) e della d.d.p. tra anodo e catodo (*E*).

L'applicazione del principio Aston-Evans per spiegarci la forma craterica delle forature è ora immediata.

Sia *s* lo spessore (fig. 5) di un tubo, *c* il cratere di corrosione che si apre sotto il deposito dei prodotti di ossidazione, come il foro del tarlo si cela sotto la raschiatura di trapanazione.

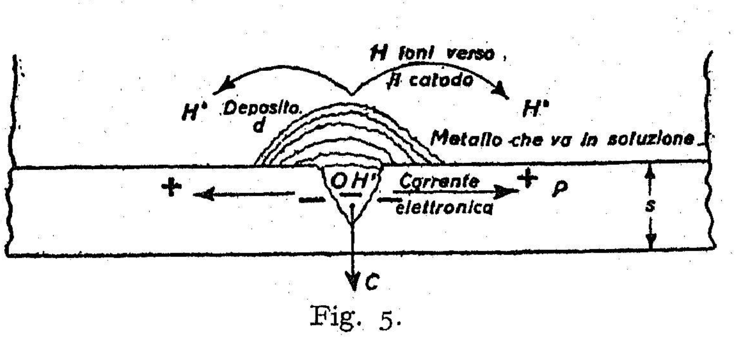



Fig. 5.

Tale deposito *d* è il vaso poroso della nostra pila, che lascia entrare nel cratere una certa quantità di liquido senza peraltro concederle un facile rinnovo, mentre all'esterno l'acqua, ricca di ossigeno sciolto, passa e si ricambia con successione continua.

L'acqua alle condizioni ordinarie di temperatura (25° *C*) presenta un numero di molecole dissociate secondo la costante:

$$1{,}1 \cdot 10^{-14} = [H^{\bullet}] \cdot [O\,H']$$

I cationi *H*, che possono deporre la loro carica sul metallo, si liberano e si combinano con l'ossigeno in isvolgimento dal liquido contro la parete.

Questa adunque assume il segno + e, mano a mano che il suo potenziale sale, reagisce alla deposizione di altri cationi, rallentando il processo.

Il liquido per contro, se fermo, assumerebbe il segno opposto ed anch'esso reagirebbe contro il fenomeno.

Senonchè nella cavità *c*, protetta dall'ingresso dell'acqua aereata, nella quale quindi riesce difficile al catione *H* di trovare *O* disciolto con cui combinarsi, come avviene ovunque all'esterno, nessuna difficoltà incontrano gli anioni *O H* a scaricarsi, quando il metallo sia di natura facile ad ossidarsi.

In seno al liquido il movimento degli ioni avviene dunque secondo un naturale orientamento, nel senso che gli idrogenioni vanno a scaricarsi su tutta la superficie libera battuta dall'ossigeno, mentre gli ossidrilioni tendono a neutralizzarsi ed a combinarsi col metallo all'interno del cratere.

Nello spessore della parete, dunque, si ha un richiamo di corrente elettronica verso la zona catodica a partire dal centro di trapanazione. E poichè nel piccolo cratere si ha la concentrazione della chiamata di tutta la vasta superficie libera circostante, si intuisce con quale energia il lavorio debba avvenire.

L'insieme si comporta come una pila in corto circuito in cui l'elettrodo positivo sia molto grande rispetto a quello negativo e, non potendo il primo polarizzarsi per la sua stessa vastità, ne risulta una rapida distruzione del secondo.

Tutto sta a che il cratere possa iniziarsi, ed a questo possono cooperare croste di ossido o di ruggine porosa, formatesi precedentemente per cause accidentali o per l'azione di schermo esercitata sulla superficie da oggetti cadutivi sopra.

Peggio poi se questi oggetti creano una coppia voltaica locale, come precedentemente abbiamo visto possibile tra carbonio grafitico e rame.

Un esempio luminoso di questo fenomeno lo abbiamo ripetutamente osservato nelle turbine Francis della Centrale di Vigevano: funzionando esse permanentemente a piena apertura, le pale distributrici non si muovono che raramente rispetto agli scudi laterali, contro i quali esse sono quasi aderenti coi loro fianchi; ecco allora che le vene d'acqua passano per le rispettive luci, aereando abbondantemente il metallo, mentre negli interstizi tra pale distributrici e scudi si ha un ricambio piuttosto scarso per non dire nullo. Questi interstizi corrispondono al cratere della figura 5, per cui avviene che, mentre il ragionamento semplicista imputerebbe le corrosioni alla portata solida (sabbie), l'esperienza dimostra che esse si sviluppano invece decisamente tra pale distributrici e scudi, dove le sabbie non passano.

Ed è interessantissimo allo smontaggio constatare come, con l'andar del tempo, sulle corazze le pale distributrici incidano la loro impronta, nella posizione ove esse si mantengono quasi tutto l'anno a turbina marciante.

È dunque l'azione schermatica quella che, provocando una disuniforme aereazione del metallo, attiva il fenomeno di Aston con tutte le sue conseguenze, sia che essa venga considerata per spiegare la forma di penetrazione delle corrosioni come episodio locale, sia che essa entri in campo tra due intere superfici differentemente aereate, per provocare una circolazione di corrente elettrica in senso più vasto, atta a cimentare il complesso della superficie meno aereata.

In una soluzione stagnante a specchio libero poi, il fenomeno non richiede nemmeno la presenza di uno schermo per manifestarsi.

È stato infatti osservato che la maggior difficoltà che l'aria, sciogliendosi, incontra a scendere negli strati bassi del liquido, è condizione sufficiente a che una lamina, in questo verticalmente immersa, si trovi esposta ad una differenza di aereazione tra le parti alte e le parti basse.

Evans ha effettuato misure anche in questo campo (v. « *Velocity of corrosion, ecc.* »), ritagliando la lamina secondo la linea demarcante approssimativamente la separazione della zona anodica da quella catodica e ricomponendo il complesso con interposto isolante, come nella fig. 6.

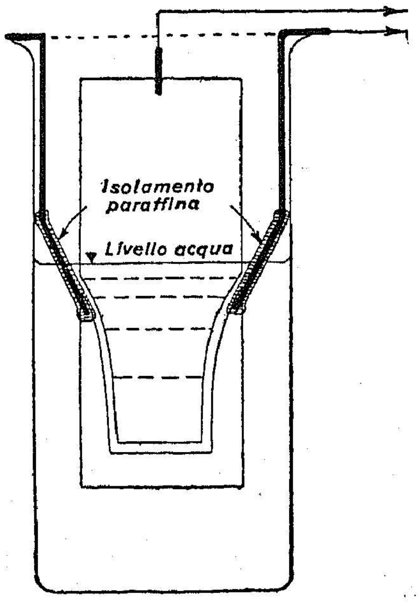



Fig. 6.

L'inserzione del sistema di misura tra le due parti di lamina gli ha permesso le osservazioni che lo interessavano.

Nella generalità dei casi il tecnico deve dunque preoccuparsi di cercare l'aria.

A volte, operando col rame, potrà capitargli che le correnti girino in senso inverso: a questo fatto s'è già accennato nella relazione di qualche anno fa, spiegando come il rame dia per attrito con bolle o getti d'aria correnti elettriche opposte ed a volte più intense di quelle dovute al fenomeno Aston-Evans.

Mc. Kay con un getto d'aria soffiato sopra una piastra di rame dello spessore di 6 mm, posta in una soluzione di acido solforico al 6%, l'ha forata proprio sotto il getto. Così pure con alcune leghe del rame, come lo stesso monel metal.

Con prove molto accurate però si è appurato che anche il rame va soggetto alla disuniforme aereazione, come gli altri metalli, cosa che spiega la forma pure craterica della maggior parte delle forature che si manifestano nella pratica.

Ai costruttori di refrigeranti, che recentemente hanno messo in commercio apparecchi veramente accurati nella forma, rimane pertanto da raccomandare la costante preoccupazione di evitare disegni che permettano la formazione interna di tasche d'aria: vano sarebbe per il tecnico eliminare l'aria dell'acqua in arrivo, se poi in punti interni insospettati si formassero spontanee bolle pericolose.

Giunti a questo punto giudicheremmo svolto il nostro compito se, parlando delle corrosioni, non ci sentissimo un po' in obbligo di accennare almeno sommariamente al comportamento specifico di alcuni dei più comuni metalli.

Sceglieremo pertanto qua e là qualche cognizione dall'opera maggiore di Evans, rimandando ad essa o ad altre, chi volesse maggiori schiarimenti.

Il ferro in acqua neutra, libera da ossigeno libero ed in quiete, viene attaccato con velocità decrescente, mano a mano che aumenta l'alcalinità provocata dall'idrossido di ferro in formazione.

L'attacco è accompagnato da sviluppo di idrogeno e cessa quando questo ha raggiunto la concentrazione $P_H = 9{,}4$ ca.

Perchè il fenomeno prosegua, è necessario che avvenga il ricambio del liquido oppure la somministrazione di ossigeno, che provveda alla ossidazione dell'idrogeno.

In recipiente aperto l'ossigeno si scioglie lentamente dall'aria attraverso la superficie libera, e perciò la velocità dell'attacco finisce col diventare una funzione di quest'altro processo.

In recenti esperienze, eseguite con l'apparecchio a circolazione continua di soluzione di soda (fig. 7), si ebbe campo di osservare che tra le due canne di ferro *A*, *B* la d.d.p., spontanea e stabile con liquido circolante, richiedeva una stasi di una decina di giorni per scendere completamente a zero.

Nel caso di lamine immerse verticalmente in liquido stagnante, la parte attaccata (anodica) è alquanto sotto il livello libero e tra essa e quest'ultimo si presenta la parte catodica (fenomeno già spiegato): se però la lamina fosse molto allungata in basso, al disotto della zona anodica, torna a presentarsi una superficie meno attaccata.

Ciò dipende dai rapporti di distanza liquida, cioè di resistenza ohmica, dei vari punti dalla zona catodica.

Parlando genericamente di tutti i metalli è errato prendere semplicemente la loro posizione nella scala delle tensioni rispetto all'idrogeno, per giudicare della loro attitudine a cacciare questi dall'elettrolito, sciogliendosi, e questo facendo astrazione dai fenomeni di passività.

L'elemento fondamentale, di cui bisogna tener conto, è la concentrazione degli ioni metallici alla superficie bagnata del provino.

Così il rame è dalla parte positiva rispetto all'idrogeno ed in soluzione normale ha un potenziale di 0,3469 V.

Ma se la concentrazione dei suoi ioni (cupriioni) non è maggiore di $10^{-12}$ *N* (oppure $10^{-8}$ *N* se cuproioni), esso caccia l'idrogeno, sciogliendosi.

Infatti il suo potenziale con una concentrazione di $10^{-12}$ *N* è già:

$$+ 0{,}3469 - 12 \times 0{,}029 = - 0{,}001 \text{ V}$$

ed è quindi sufficiente per dare svolgimento d'idrogeno.

In pratica, salvo i casi in cui sciogliendosi il rame si formano anioni complessi e non cationi, come con l'ebullizione in soluzione concentrata di *HCl*, la concentrazione degli ioni del rame

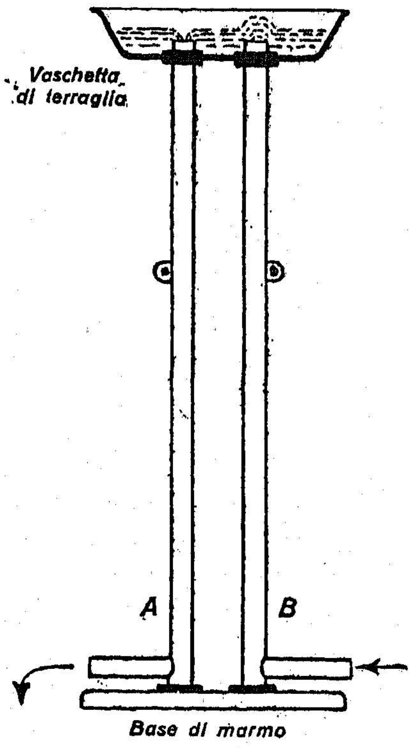



Fig. 7.

si mantiene sempre maggiore dei detti limiti e lo svolgimento dell'idrogeno non può avvenire.

Il piombo si trova nella scala dei potenziali vicinissimo all'idrogeno e da parte negativa, con un potenziale di — 0,132 V (in soluzione normale).

Ebbene esso caccia è vero l'idrogeno dal liquido, scioglien-

dosi, ma, non appena la concentrazione dei suoi ioni alla superficie metallica sorpassa $10^4$ *N*, il fenomeno cessa.

Per tale valore il potenziale del piombo diviene infatti:

$$-0{,}132 + 4 \times 0{,}029 = -0{,}016 \text{ V},$$

che rappresenta il limite, oltre il quale, con $10^5$ *N* si ha:

$$-0{,}132 + 5 + 0{,}029 = +0{,}013 \text{ V}.$$

Nessuna soluzione così fortemente concentrata si conosce, però, relativa al piombo, per cui se non si avvera in pratica con continuità la dissoluzione di questo metallo, che è anzi ritenuto uno dei più resistenti, è in grazia della facilità con la quale diviene passivo.

Analogamente avviene per lo stagno e pel nichel, pure vicini all'idrogeno e da parte negativa.

Per le leghe le azioni sono molto più complesse. Tra l'altro i prodotti di reazione anodica dei componenti più corrodibili, di solito piuttosto voluminosi, si stendono e si costipano anche nelle parti catodiche contigue, creando un velo passivo uniforme e compatto, che è la causa prima della buona conservazione del materiale.

In « *Passivity of metals* » di Evans ed Hoar, è spiegata la funzione altamente protettiva dei cromati nel ferro, quando la loro presenza nella soluzione superi una certa concentrazione (al disotto della quale possono essere più di danno che di vantaggio).

Ripetiamone qui le conclusioni:

1) i cromati sono depolarizzatori ossidanti e favoriscono la formazione di prodotti catodici così vicino ai punti anodici, da precipitare i sali di ferro a contatto fisico del metallo (contatto molecolare);

2) dissimilmente da altri ossidanti, i cromati possono precipitare completamente i sali ferrosi anodici « in situ », indipendentemente dal contributo degli alcali formantisi al catodo;

3) dissimilmente dall'azione depolarizzante di altri ossidanti, quella dei cromati involve la precipitazione di una seconda sostanza, l'ossido cromico idrato;

4) la mistura di tali ossidi ha il carattere gelatinoso, che il Roetheli ha indicato come particolarmente favorevole per la protezione;

5) la pellicola primaria dell'acciaio al cromo contiene appunto la mistura di entrambi gli ossidi, di cromo e di ferro;

6) misture di ossido ferrico con manganese o vanadio non sono protettive; infatti gli acciai al manganese od al vanadio non sono resistenti alle corrosioni.

A seconda delle caratteristiche di codesti prodotti, che dovrebbero essere protettivi, si possono però avere anche manifestazioni pericolose, quali quella della dezincatura, che si manifesta con gli ottoni.

Bengough sostiene che il fenomeno della dezincatura non sia semplicemente un fenomeno di dissoluzione dello zinco, ma piuttosto di soluzione del rame, accompagnato da riprecipitazione di esso per la presenza dello zinco; cosa che spiega l'aspetto poroso e friabile che l'ottone in molti casi assume quando viene attaccato.

Comunque oggi negli apparecchi marini si ha un po' la tendenza ad abbandonare o quanto meno a ridurre lo zinco di tali leghe, tanto più che è stato notato che, specie col metallo Muntz, si hanno troppo frequenti forature di tubi quando le navi sostano nei porti, nei bracci di mare o nelle vicinanze dello sbocco di fiumi.

Perks attribuisce tutto ciò alle variazioni di salsedine, che farebbero trovare nello stesso apparecchio contemporaneamente parti di liquido ad una concentrazione e parti ad altra concentrazione.

La riduzione della percentuale di zinco nell'ottone, percentuale che comunemente era del 30% contro il 70% di rame (nel metallo Muntz tali cifre sono rispettivamente del 40% e del 60%), viene spesso accompagnata da aggiunta di stagno o di piombo in ragione dell'1% e del 2% rispettivamente, cosa che porta a dei prodotti di reazione anodica più aderenti e protettivi.

Così la marina da guerra inglese usa la lega:

70% di rame, 29% di zinco e 1% di stagno.

La marina tedesca ha fatto uso alternativamente delle seguenti:

| | | |
|---|---|---|
| 60% di rame, | 40% di zinco, | |
| 70% » » | 30% » » , | |
| 70% » » | 29% » » | e 1% di stagno, |
| 62% » » | 38% » » ; | |

delle quali l'ultima venne impiegata spesso anche in Inghilterra.

Moore e Beckinsale, occupatisi particolarmente delle forature dovute a sollecitazioni interne residue per difetti di lavorazione per i tubi di apparecchi marini, hanno trovato conveniente una ricottura per mezz'ora ad una temperatura da 280° a 300° C.

In complesso, ripetiamo, si cerca di ridurre la percentuale dello zinco od addirittura di annullarla.

La lega contenente 1% di stagno o 2% di piombo (l'ottone dell'Ammiragliato ha l' 1% di stagno) è più resistente; ma ha l'inconveniente di costare di più di quella 70/30 e di essere soggetta a gravi pericoli di corrosioni, se contiene traccie di arsenico. Negli Stati Uniti pertanto si è adottata con buoni risultati la lega 80% di rame e 20% di nichel.

Bengough ha inoltre constatato che la percentuale 70% di nichel e 30% di rame (monel metal) è di una resistenza eccezionale contro le corrosioni in acqua di mare trascinante aria.

Per le nostre acque dolci non occorre tanto, avendo dato buona prova anche semplici tubi di rame, purchè si abbia cura di evitare il trascinamento di bolle d'aria od azioni schermatiche.

Potrebbe sorgere il timore che i refrigeranti ad asse orizzontale possano essere suscettibili di maggiori pericoli, per l'accumularsi di aria liberantesi dall'acqua nella fase di riscaldamento; ma questo timore ad onta dell'installazione da quattro anni in qua di numerosi refrigeranti ad asse orizzontale, non ebbe alcuna sanzione.

Metalli più economici del rame non riteniamo di consigliare, in vista dell'importanza del servizio.

Tanto più che il Christie espose bensì la speranza di poter adottare tubi di ferro, quando al refrigerante (od al condensatore) venga applicata la protezione Cumberland (il polo negativo di una batteria d'accumulatori al fascio ed il polo positivo a due piastre isolate in testata); ma il costo d'esercizio di tale sistema, senza tener conto di quello d'impianto, nella migliore delle ipotesi, annullerebbe ogni vantaggio.

È notorio d'altronde che, dopo le prime esperienze, il metodo Cumberland ebbe i suoi insuccessi, per cui non è prudente affrontare rischi e noie per un'applicazione che solo circostanze particolarissime potrebbero giustificare (la Germania fece prove del genere con tubi d'acciaio in tempo di guerra).

Non si potrebbe entrare in maggiori particolari, senza uscire dai limiti naturali delle nozioni che volevamo esporre, mentre l'andare più oltre, significherebbe rifare meno bene ciò che altri, con scienza vera, hanno saputo dare alla luce della vita.

All'opera di questi si rivolgano coloro che sono animati dalla sete divina del sapere.

## APPENDICE

Dalla relazione del prof. Binaghi riproduciamo la reazione catalitica corrosiva dell'acido carbonico

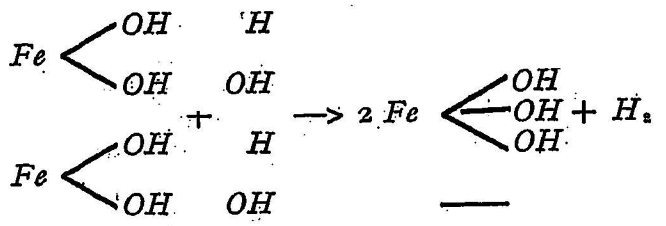
« L'acido carbonico dell'acqua reagisce sul ferro formando carbonato ferroso con sviluppo d'idrogeno, o meglio, il ferro decompone l'acqua mettendo in libertà idrogeno e formando carbonato ferroso.

« Il carbonato ferroso in eccesso di acido carbonico si trasforma in bicarbonato ferroso, il quale per scissione idrolitica si sdoppia in idrato ferroso e anidride carbonica in quantità pari a quella che è stata necessaria per formare il carbonato primitivo. L'acido carbonico libero reagisce su nuovo ferro e così ricomincia il ciclo della reazione.

« Intanto l'idrato ferroso, composto non saturo, si ossida passando a idrato ferrico, il quale si mantiene allo stato colloidale, e mette in libertà idrogeno.

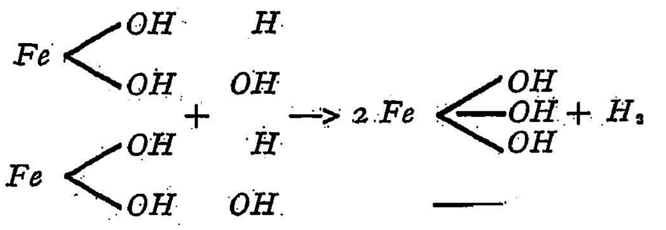
« Si ha cioè:

$$Fe + HOH + CO_2 \longrightarrow FeCO_3 + H_2$$
$$FeCO_3 + HOH + CO_2 \longrightarrow Fe(HCO_3)_2$$
$$Fe(HCO_3)_2 \longrightarrow Fe \begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix} + 2CO_2$$



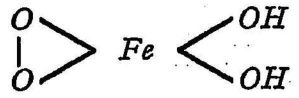
Il Binaghi spiega inoltre la presenza riscontrata di acqua ossigenata in tracce, ricorrendo alle teorie sulle auto-ossidazioni del bicarbonato ferroso in soluzione nell'acqua. Cioè:

« L'idrogeno messo in libertà in seguito alle trasformazioni dell'idrato ferroso in ferrico è probabile si unisca con una molecola di ossigeno per formare acqua ossigenata:

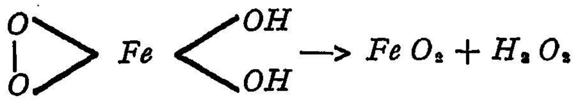


$$H_2 + O_2 \longrightarrow H_2O_2$$

« Oppure, secondo Engler o Bredig, l'idrato ferroso addiziona una molecola di ossigeno, formando il monossido od il perossidato:



il quale, essendo labile, si decompone in acqua ossigenata e nel perossido $FeO_2$ o $Fe_3O_4$:



## BIBLIOGRAFIA

PROF. DEL TORRE: *Sopra la formazione di tubercoli ferruginosi nelle condutture delle acque potabili.* – Stazione Chimico-Agraria sperimentale, Roma, 1883.

PROF. A. VOLTA: *Il circuito elettrico male isolato* (1888).

DOTT. GUSTAVO GASPERINI (del Laboratorio d'Igiene del Municipio di Pisa):

a) *Sulla cosidetta* crenothrix kühniana *o* polyspora, *in rapporto alla sorveglianza igienica delle acque potabili* (1898).

b) *Di alcuni microrganismi filamentosi in rapporto alla ferrogenesi ed alla presa, conduttura e distribuzione delle acque* (1911).

DOTT. PELLEGRINI: *Sulla genesi dei tubercoli ferruginosi delle condutture.* – (Torino, tip. Pozzo, 1899).

ING. NOURTIER: *Corrosions électrolytiques.* – (Dunod et Pinat, Parigi, 1906).

ING. F. MOSSA: *Sui pericoli nell'uso della ghisa per le condotte d'acqua.* – (Bollettino del Collegio degli Ingegneri ed Architetti della Sardegna N. 30, 31 e 32, Cagliari, 1909 - '10).

ING. FAUSTO BONDOLFI: a) *Tubi di ghisa, tubi di acciaio, tubi di cemento armato.* – (Tip. Marsano, Genova, 1913).

b) *Ancora dei tubi di ghisa e dei tubi di acciaio* (replica alla Soc. Tubi Mannesmann). – (Marsano, Genova, 1914).

PROF. CASAGRANDI e PROF. BINAGHI (Istituto d'igiene della R. Università di Cagliari, anno 1913): *Tubazioni in ghisa ed altri materiali contenenti ferro studiati in rapporto alla formazione di tubercoli ferruginosi e al rammollimento del materiale delle condutture.* – (Genova, tip. Palagi, 1914).

PROF. ULICK EVANS (Cambridge) Hoar ecc.

a) *The corrosion of metals.* – (Edward Arnold, Londra, 1926).

b) *The properties of thin films on metals.*

c) *Reproducibility in corrosion work* (1930).

d) *Velocity of corrosion from the electrochemical standpoint.* – (Proc. of the Royal Society, 1932).

e) *The passivity of metals.* Parte VII. - *The specific function of chromates* (Journal of the Chemical Society, settembre 1932).

(Nelle pubblicazioni dell'Evans sono contenute copiose citazioni dei lavori sperimentali e d'indagine più recenti).

Ing. LUIGI PASSERINI.

*Novara*, 1° ottobre 1932 - X.

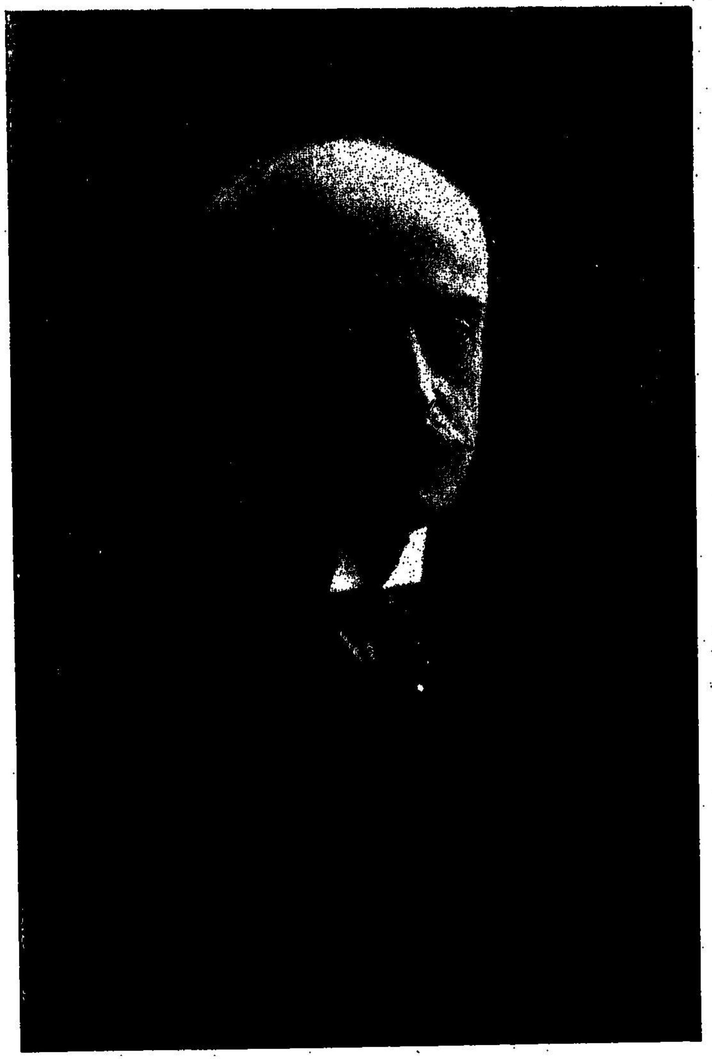
# L'Ing. Giovanni Battista Pirelli

Il 20 ottobre è morto il Senatore Ing. Giov. Battista Pirelli.

Nato a Varenna il 27 dicembre 1848, stabilitosi in Milano nel 1863, studiò all'Università di Pavia negli anni 1865-1867.

Prese parte alla campagna del Trentino nel 1866, volontario Garibaldino, e nel 1867 a quella di Roma prendendo parte al combattimento di Mentana.

Nel 1870 uscì ingegnere industriale dall'Istituto Tecnico Superiore di Milano, guadagnandosi il Premio Kramer per un viaggio di perfezionamento all'estero.



Visitò nel 1870-1871 vari paesi d'Europa nell'intento di porsi in grado di introdurre in Italia l'industria, che non vi esisteva, della lavorazione del caoutchouc e nel 1872 quale Gerente e Direttore Tecnico di una modesta Società « Pirelli & C. » fondava in Milano il primo stabilimento italiano del genere costruito sui di Lui piani e sotto la di Lui personale direzione.

Potè dare presto a questa industria notevole sviluppo così che abbracciasse ogni categoria di prodotti di gomma elastica e di guttaperca. Nel 1880 estendeva la produzione al ramo — pur nuovo in Italia — dei conduttori elettrici isolati di ogni specie e nel 1886 creava in seno alla stessa Società l'industria dei cavi telegrafici sottomarini — primo saggio completo di tale industria fuori d'Inghilterra — erigendo un'apposita officina a S. Bartolomeo di Spezia e facendo costruire l'apposita nave posacavi « Città di Milano ». Il primo cavo sottomarino fu quello fra Massaua e Perim (Aden).

Intanto sotto la Sua guida l'Azienda Pirelli si sviluppava fino a comprendere importanti stabilimenti ausiliari nell'industria del cotone e nell'industria chimica, e dava vita anche a piantagioni di caoutchouc nell'Estremo Oriente. Nel ventennio ultimo, l'indirizzo dato dal Senatore Pirelli alla propria industria, fu quale le nuove esigenze richiedevano, e cioè spiccatamente internazionale. Intorno alla Pirelli & C. prima, e di poi alla Società Italiana Pirelli, sorsero, sempre collegate colla Casa originaria e con unicità nella Superiore Direzione, fiorenti Società Consorelle. Di queste alcune, oltrechè curare la diffusione dei prodotti della Società Italiana, producono a lor volta, e pertanto il gruppo Pirelli ha tre stabilimenti in Inghilterra, due stabilimenti in Spagna, due a Buenos Aires, uno a S. Paolo del Brasile ed uno vicino a Lione.

Per la sua importanza e per la grande varietà di prodotti, la Pirelli è fra le cinque o sei più grandi imprese mondiali del genere; numerose sono le affermazioni di particolare valore della stessa, nel campo tecnico industriale; oggi il Gruppo Pirelli comprende 26 stabilimenti situati in sei diversi Paesi.

Altra nuova industria l'Ing. Pirelli fondò in Italia: quella del *Linoleum*, che ha il proprio stabilimento a Narni.

Il Sen. Pirelli seguì sempre con amore lo sviluppo dell'industria elettrica. Favorì gli studi elettrotecnici pei quali istituì importanti laboratori presso i proprii stabilimenti. Sono noti i successi ottenuti dai suoi Tecnici nella costruzione di cavi in olio ad altissima tensione, anche agli Stati Uniti.

Fu Presidente della « Edison » dalla morte del Senatore Prof. Colombo fino al 1930, epoca nella quale la grave età e la malferma salute lo obbligarono ad abbandonare tale carica.

Ebbe cariche importanti in aziende industriali e bancarie e fu il primo Presidente della Confederazione dell'Industria. Membro del Consiglio della Cassa Nazionale Infortuni, sino dall'origine della stessa, fu anche uno dei Delegati del Senato nel Consiglio Superiore del Lavoro. Fece parte dei Consigli e delle Direzioni di molte associazioni tecniche, scientifiche e filantropiche e fra di esse per oltre 50 anni del Consiglio della Società d'Incoraggiamento d'Arti e Mestieri presso la quale fu anche Insegnante. Appartenne a varie Commissioni, fra queste alla Commissione Reale per l'Incremento Industriale di Napoli, dai cui lavori scaturì la Legge per Napoli del 1904; fu infine chiamato a rappresentare gli Industriali nella Commissione Reale del 1905 e del 1906, per la giurisdizione e procedura in materia di infortuni sul lavoro e nel 1917 a far parte della Commissione per lo studio del regime economico doganale e dei trattati di commercio. Fu nominato Cavaliere del Lavoro con Decreto del 18 luglio 1902 e Senatore il 4 aprile 1909.

Sparisce con Lui una mente geniale, un propugnatore del progresso scientifico, un amante delle Belle Arti. Ebbe intimità con artisti e letterati come Boito e Giacosa, amico e collaboratore di finanzieri ed economisti come Stringher e Lupalli.

L'Industria elettrica italiana Lo ricorderà sempre fra coloro che più ne hanno favorito la nascita e l'incremento: l'Italia conserverà il ricordo del Patriota, del Tecnico, dell'Industriale intelligente e coraggioso che ha portato il nome della Patria in primissima linea in tutto il mondo accanto a quello delle maggiori nazioni.

Ai Figli, che mostrano di esser degni del Genitore, vada col sincero nostro compianto l'augurio che essi possano continuare la nobilissima opera.

*L'E. E.*

# Congresso Internazionale di Elettricità

## (Parigi, 4-12 Luglio 1932)

Il Congresso organizzato dalla *Société Française des Electriciens*, dalla *Société Française de Physique*, dal *Comité Electrotechnique Français* e dall'*Union des Syndicats de l'Electricité*, sotto gli auspici della *Commissione Elettrotecnica Internazionale*, è veramente riuscito una degna commemorazione del 1° congresso internazionale di elettricità tenutosi nel 1881 a Parigi. Da questo può dirsi sia nata l'industria elettrica. Negli anni immediatamente successivi sono state costruite le prime centrali, tutte a corrente continua, per la distribuzione di energia elettrica. Cinquant'anni di costante e rapido progresso hanno fatto scomparire, salvo in talune speciali applicazioni, la corrente continua; oggi, proprio mentre si celebra la ricorrenza di quel lontano congresso, sembra che essa debba tornare in onore per merito di quell'ampolla a tre elettrodi che è destinata a portare profonde modificazioni in tutti i rami della nostra tecnica.

Numerosi paesi (Australia, Austria, Belgio, Brasile, Cina, Colombia, Egitto, Giappone, Gran Bretagna, Irlanda, Italia, Libano, Lituania, Norvegia, Territorio della Saar, U.R.S.S.) erano rappresentati al Congresso da Delegazioni Ufficiali. La Delegazione Italiana, presieduta dal Sen. Corbino, oltre al segretario ing. Melli, comprendeva 14 membri designati rispettivamente dai Ministeri dell'Aeronautica, delle Comunicazioni, delle Corporazioni, dell'Educazione Nazionale, della Guerra e della Marina, dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (Comitati per la Chimica, la Fisica, l'Ingegneria e Comitato Radiotelegrafico), dalla Società Italiana di Fisica, dall'Associazione Elettrotecnica Italiana, dal Comitato Elettrotecnico Italiano, dal Sindacato Nazionale Fascista Ingegneri, dall'Unione Nazionale Aziende Elettriche Municipalizzate e dall'Unione Nazionale Fascista Industrie Elettriche.

Gli iscritti al Congresso erano complessivamente *1088*, così ripartiti tra i *40* paesi rappresentati:

Argentina *1*, Australia *1*, Austria *10*, Belgio *62*, Bermude *1*, Brasile *3*, Canadà *2*, Cecoslovacchia *8*, Cina *2*, Città del Vaticano *1*, Colombia *2*, Danimarca *4*, Egitto *3*, Finlandia *1*, Francia *562*, Germania *66*, Giappone *31*, Giava *1*, Gran Bretagna *40*, Irlanda *2*, Italia *43*, Libano *2*, Lituania *5*, Malesia *1*, Norvegia *7*, Paesi Bassi *18*, Perù *1*, Polonia *34*, Portogallo *4*, Rumenia *16*, Saar *1*, Spagna *12*, Stati Uniti *74*, Svezia *9*, Svizzera *38*, Sud Africa *1*, Ucraina *1*, Ungheria 1, U.R.S.S. *14*, Yugoslavia *3*. A questi vanno aggiunte ancora *188* persone, principalmente signore, che accompagnavano i congressisti.

Fra i convenuti si notavano molte fra le personalità più in vista del mondo scientifico internazionale. Fra gli italiani ricorderemo ancora, oltre al Direttore della nostra Rivista, le LL. EE. Fermi e Vallauri. I membri del congresso erano distinti in tre categorie: Benefattori, il cui contributo doveva essere di almeno 1000 franchi, membri aderenti che pagavano un contributo di 250 franchi, e membri aderenti donatori, i quali pur essendo esonerati dal pagamento del contributo, perchè facenti parte di delegazioni ufficiali, o di amministrazioni pubbliche o dell'ufficio di presidenza o perchè erano stati designati dalla presidenza a presentare un rapporto, avevano ciò nonostante versato il contributo di 250 franchi per dar prova dell'interesse che portavano al Congresso. La somma così raccolta sorpassò la cifra di 1 800 000 franchi: di questi 800 000 franchi rappresentavano il contributo del Ministero dell'Educazione Nazionale, 200 000 quello del Municipio di Parigi (1).

Le sedute hanno tutte avuto luogo nelle magnifiche sale Pleyel, rue du Faubourg St. Honoré 252, salvo quella inaugurale solenne, presieduta dal signor Lebrun, Presidente della Repubblica, che si tenne nell'anfiteatro della Sorbona. Il mattino del giorno 5 si ebbe la seduta plenaria di apertura nella quale, su proposta del Prof. Lombardi, Paul Janet fu acclamato presidente del Congresso. Tra i vicepresidenti, che secondo il regolamento del Congresso dovevano essere tutti stranieri, fu eletto per l'Italia il Sen. Corbino. A coprire la carica di delegato generale fu scelto il signor de Valbreuze, che del Congresso era stato l'infaticabile animatore ed organizzatore.

Nel corso del Congresso furono eletti fra gli Italiani a presiedere singole sedute delle varie sezioni S. E. Fermi (sez. 1ª), il Prof. Lombardi (sez. 2ª e 3ª), l'ing. Roncaldier (sez. 4ª), il prof. Scarpa (sez. 7ª) e S. E. Vallauri (sez. 9ª).

Subito dopo ebbero inizio le sedute di lavoro. Nel pomeriggio dello stesso giorno ebbe luogo la seduta inaugurale suaccennata nella quale oltre all'allocuzione del Presidente della Repubblica, pronunciarono discorsi Paul Jannet, il Ministro dell'Educazione Nazionale de Monzie ed il Prof. M. A. Abraham. A tutti rispose con una commossa improvvisazione, in nome degli intervenuti stranieri, Oscar von Miller, decano dei congressisti ed unico superstite presente della schiera di pionieri che avevano partecipato al Congresso del 1881: un altro dei partecipanti a quello storico Congresso, d'Arsonval, impedito da motivi di salute, aveva inviato un cordiale telegramma di omaggio ed auguri.

Nei giorni successivi continuarono con larga partecipazione e molta animazione le sedute di lavoro, inframmezzate da visite ai monumenti della città, ad impianti e stabilimenti industriali, da escursioni nei dintorni, da un ricevimento in Municipio, da una serata musicale al teatro Sarah Bernhardt e da uno spettacolo di gala all'Opéra. Il giorno 7, sotto la presidenza del Signor Gourdeau, Sottosegretario ai Lavori Pubblici, che sostituiva il Ministro dell'Educazione Nazionale, impedito, si ebbe un banchetto di oltre 500 coperti al Palais d'Orsay. In due riunioni comuni con i partecipanti al contemporaneo congresso dell'UNIPEDE (2) tenute presso la sede della « Société des ingenieurs civils de France » fu dato ascoltare rispettivamente una conferenza del Sen. Ginori Conti sugli impianti geotermici della

(1) A titolo di rimborso delle spese di soggiorno a Parigi il Comitato organizzatore ha versato la somma di 2 000 franchi a tutti coloro che avevano presentato dei rapporti.

(2) V. *L'Energia Elettrica*, luglio e agosto 1932.

Toscana e tre comunicazioni sulla integrazione della produzione di energia mediante accumulazione idraulica. Alla seduta di chiusura del 12 luglio Paul Janet riassunse rapidamente i lavori del Congresso: per incarico ed in nome delle delegazioni straniere prese la parola il Sen. Corbino che espresse la soddisfazione degli intervenuti per l'ottima organizzazione ed i cospicui risultati raggiunti nonchè la loro gratitudine per la signorile accoglienza ricevuta. A lui si vollero ancora associare con brevi discorsi i rappresentanti della Polonia, della Rumenia, e della U.R.S.S.

Materia di discussione al Congresso era tutto quanto il campo dell'elettricità, dalle più astratte teorie della fisica alle applicazioni. Opportunamente il Comitato organizzatore aveva incaricato personalità di ben nota ed indiscussa competenza a presentare rapporti sopra argomenti ben definiti. Si è così evitato il pericolo di quell'autoesibizionismo che appesantisce assai spesso il lavoro dei congressi con la ripetizione pedisseque di cose già dette e stampate altrove le mille volte. Era inoltre molto giudiziosamente prescritto dal regolamento che i rapporti dovessero restare sul terreno strettamente scientifico o tecnico, all'infuori di ogni considerazione industriale e commerciale. Nelle sale di riunione erano sparsi a profusione dei cartelli che raccomandavano agli intervenuti di osservare questa prescrizione anche nelle discussioni. Salvo sporadiche eccezioni essa è stata rispettata, cosicchè si è evitato di assistere a quella réclame commerciale che quasi sempre infastidisce chi assiste alle sedute.

Il valore degli autori e lo zelo da questi messo nello stendere i rapporti hanno fatto sì che il loro complesso rappresenti una completa messa a punto della scienza dell'elettricità, indispensabile per chi voglia oggi orientarsi rapidamente in uno qualunque dei rami di quella. Oltre ai rapporti propriamente detti ai partecipanti era concessa la collaborazione diretta mediante la presentazione di brevi « comunicazioni » relative ad argomenti particolari strettamente limitati. Di questa facoltà è stato però fatto uso con molta parsimonia.

L'ampiezza del campo che costituiva argomento del Congresso ha reso necessaria la suddivisione di questo in 13 sezioni, di cui 4 o 5 tenevano in generale contemporaneamente le loro sedute, cosicchè ad una sola persona era impossibile seguire tutti i lavori del Congresso. D'altra parte però il valore di questo consisteva essenzialmente nei rapporti presentati più che nelle discussioni, sempre monche in casi simili per deficienza di tempo e di preparazione: è esperienza comune che questioni di dettaglio finiscono per essere oggetto di animate discussioni, mentre problemi fondamentali passano completamente sotto silenzio. Diamo qui l'elenco delle sezioni, con l'indicazione del numero dei rapporti e delle comunicazioni:

*1ª sezione*: Scienza dell'elettricità e del magnetismo - Teorie generali - Isolanti, conduttori, radioattività, corpi magnetici (36 rapporti, 7 comunicazioni).

*2ª sezione*: Misure elettriche.
- 1ª sottosezione: Unità e campioni. Misure elettriche assolute (12 rapporti, 5 comunicazioni).
- 2ª sottosezione: Misure di laboratorio. Misure industriali e prove delle macchine (19 rapporti, 2 comunicazioni).

*3ª sezione*: Produzione e trasformazione dell'energia elettrica (37 rapporti, 12 comunicazioni).

*4ª sezione*: Trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica (23 rapporti, 5 comunicazioni).

*5ª sezione*: Trazione elettrica. Applicazioni meccaniche (16 rapporti, 3 comunicazioni).

*6ª sezione*: Illuminazione elettrica - Fotometria (8 rapporti, 5 comunicazioni).

*7ª sezione*: Elettrochimica - Elettrometallurgia - Pile ed accumulatori ((16 rapporti, 7 comunicazioni).

*8ª sezione*: Telecomunicazioni con filo (10 rapporti, 2 comunicazioni).

*9ª sezione*: Fenomeni di alta frequenza;
- 1ª sottosezione: Radioelettricità (8 rapporti, 9 comunicaz.).
- 2ª sottosezione: Radiocomunicazioni (6 rapporti, 4 comunicazioni).

*10ª sezione*: *A* - Radiobiologia (4 rapporti, 3 comunicazioni).
*B* - Elettrobiologia (5 rapporti, 2 comunicazioni).

*11ª sezione*: Elettricità atmosferica - Magnetismo terrestre (9 rapporti, 11 comunicazioni).

*12ª sezione*: Applicazioni diverse dell'elettricità (18 rapporti, 10 comunicazioni).

*13ª sezione*: Storia ed insegnamento dell'elettricità (19 rapporti, 2 comunicazioni).

Rapporti e comunicazioni, tutti redatti in lingua francese, ed in numero rispettivamente di *246* ed *89*, si ripartiscono come segue tra i vari paesi (con *r* indichiamo un rapporto, con *c* una comunicazione):

Argentina (1 *r*), Austria (4 *r*, 4 *c*), Belgio (6 *r*, 4 *c*), Brasile (1 *r*), Canadà (2 *r*), Cecoslovacchia (2 *r*, 4 *c*), Danimarca (2 *r*), Francia (84 *r*, 20 *c*), Germania (39 *r*, 4 *c*), Giappone (4 *r*, 16 *c*), Gran Bretagna (15 *r*), Italia (16 *r*), Norvegia (1 *r*), Paesi Bassi (7 *r*), Polonia (5 *r*, 6 *c*), Rumenia (2 *r*, 3 *c*), Spagna (1 *r*), Stati Uniti (37 *r*, 24 *c*), Svezia (4 *r*), Svizzera (9 *r*), U.R.S.S. (1 *r*, 4 *c*), Yugoslavia (1 *r*).

Vi sono inoltre un rapporto in collaborazione fra Italia e Francia ed uno fra Stati Uniti e Francia.

Facciamo seguire l'elenco dei rapporti presentati da congressisti italiani:

A. Barbagelata: *Le misure di laboratorio a corrente alternata* (2ª sezione).

G. Bianchi: *Lo sviluppo della trazione elettrica a corrente continua a 3000 Volt* (5ª sezione).

G. Bianchi: *I motori di trazione ad alta tensione* (5ª sezione).

G. Cerillo, B. Focaccia, L. Selmo: *La messa a terra del neutro nelle reti a media, alta ed altissima tensione* (4ª sezione).

B. Cerretelli: *Trasformatori per forni elettrici* (3ª sezione).

L. Emanueli: *I cavi ad alta tensione* (4ª sezione).

G. Fauser: *Stato attuale dei processi elettrochimici per la sintesi dell'acido nitrico* (7ª sezione).

E. Fermi: *Stato attuale della fisica del nucleo atomico* (1ª sezione).

P. Lo Balbo: *La trazione elettrica ad accumulatori* (5ª sezione).

F. Lori: *L'insegnamento dell'elettrotecnica in Italia* (13ª sezione).

G. Pession: *La misura del campo irradiato dalle stazioni radioelettriche* (9ª sezione).

A. Roncaldier: *La marcia in parallelo e l'interconnessione* (4ª sezione).

U. Ruelle: *L'utilizzazione delle lampade a più elettrodi per le misure in laboratorio diverse da quelle della telegrafia senza fili* (2ª sezione).

O. Scarpa: *Le corrosioni dei materiali metallici prodotte dalle correnti elettriche* (7ª sezione).

B. Usigli: *Le misure di corrente continua di fortissima intensità* (2ª sezione).

F. Vecchiacchi: *Tipi diversi di oscillazioni realizzabili mediante le lampade termoioniche* (9ª sezione).

F. Vecchiacchi in collaborazione con C. Florisson: *Le applicazioni degli ultrasuoni* (12ª sezione).

Basta il titolo di quelli presentati dai congressisti italiani per far comprendere che i rapporti di questo congresso mal si prestano ad essere riassunti. Essi miravano difatti, come abbiamo accennato più sopra, non già a rendere noti i risultati di qualche indagine particolare, di carattere scientifico o tecnico, od a riassumere le conclusioni di commissioni nominate per lo studio di qualche problema, ma piuttosto a dare un quadro dello sviluppo raggiunto dalla scienza e dalla tecnica dell'elettricità nell'ultimo cinquantennio. L'aver poi bandita ogni considerazione di carattere economico dalle questioni trattate nei rapporti e nelle discussioni, ha reso l'argomento del congresso un po' estraneo a quelli che sono i fini della

nostra Rivista. Ci limiteremo quindi ad un rapido esame dei lavori di quelle sezioni e del contenuto di quei rapporti che riteniamo possano avere un interesse più immediato per i nostri lettori.

Se si fa eccezione da alcuni rapporti di carattere teorico sulle coordinate simmetriche e sui metodi di analisi delle armoniche, gli altri lavori presentati alla sez. 4ª hanno tutti un interesse notevole in quanto rendono conto dei metodi seguiti nei vari paesi per risolvere molti dei problemi tecnici che il distributore di energia elettrica deve affrontare nella pratica quotidiana.

Un primo gruppo di rapporti si riferisce al calcolo delle linee in generale. *Lavanchy* (che è autore di un pregevole trattato sull'argomento) espone i metodi analitici classici di calcolo delle linee (equazione telegrafica) ed i vari metodi grafici che ne sono stati dedotti (abbachi di *Kennelly*, di *Blondel* ecc.), *Blondel* descrive un metodo grafico semplificato. Possiamo ancora classificare in questo gruppo una comunicazione di Bekku sopra l'inversione del senso di rotazione delle fasi in un sistema trifase, causata dall'interruzione di una delle fasi. Il fenomeno era già stato osservato su linee con neutro isolato. Petersen e Rüdenberg ne avevano anche data la spiegazione in questo caso particolare (risonanza del trasformatore collegato alla fase interrotta). L'A. ha però notato che lo stesso fenomeno si produceva in una linea avente il neutro a terra attraverso una reattanza (bobina Petersen) ed estende quindi a questo caso la dimostrazione.

Un secondo gruppo di rapporti si occupa di particolari problemi relativi al trasporto di energia. *Rüdenberg* («I problemi fondamentali del trasporto dell'energia elettrica a grande distanza» - 30 pag.), prendendo le mosse dai progetti di rete europea spuntati negli anni scorsi (e dei quali fortunatamente da un po' di tempo non si parla più), studia la loro realizzazione dal punto di vista tecnico, ossia le difficoltà, ed i mezzi per superarle, del trasporto a grandi distanze. Dopo avere accennato alle nuove possibilità create in questo campo dagli invertitori a vapori di mercurio, l'A. passa in rassegna i problemi relativi al materiale costituente i conduttori ed alla forma di questi (acciaio-alluminio, conduttore cavo, conduttori frazionati e schermati), alla disposizione dei conduttori sui pali ed accenna anche all'impiego dei cavi in olio fluido sotto pressione. Tratta poi della trasformazione dell'energia, delle variazioni e della regolazione della tensione in linea, della potenza massima trasmissibile, della potenza reattiva e dei mezzi per effettuarne la compensazione, della stabilità dinamica dei trasporti, della marcia in parallelo e della regolazione delle centrali, della messa a terra del neutro e delle correnti di terra, dei corti circuiti e della loro interruzione, per concludere con alcuni dati di costo, che qui riproduciamo in sintesi. Sul costo d'impianto del trasporto di grandi masse di energia per lunghe distanze, la linea propriamente detta incide per il 70% circa, le sottostazioni di «accoppiamento» per il 30%. La costruzione di una linea a due terne a 200 kV costa circa 275 000 L/km, quella di una centrale da 100 000 kW, compresi i trasformatori elevatori a 200 kV, circa 1400 L/kW se termica e 2300 L/kW (?) se idraulica. Le spese di esercizio della linea sono costituite essenzialmente dalle perdite di energia. Ora per una linea a 200 kV ed una distanza di 1000 km bisogna fare assegnamento nei momenti di carico massimo su una perdita del 30%, perdita che si riduce circa alla metà portando la tensione a 400 kV. La perdita media nell'anno può ritenersi raggiunga circa i 2/3 delle cifre indicate. A queste perdite vanno aggiunte quelle in centrale (che per i generatori si possono assumere del $3 \div 6\%$, per i trasformatori del $2 \div 3\%$) e nelle sottostazioni di accoppiamento (2 a 5% per i condensatori rotanti, 0,2 a 1% per quelli statici e per le bobine di self). Se la trasmissione si facesse a corrente continua e per la conversione si facesse uso di convertitori rotanti, bisognerebbe ancora aggiungere *due volte* le perdite di questi (che già per una sola macchina non sono inferiori a $5 \div 10\%$); questa fonte di perdite verrebbe grandemente ridotta con l'applicazione degli invertitori a vapore di mercurio, che presentano perdite di assai inferiori al 0,5%. L'A. afferma che basandosi su questi dati, si arriva a calcolare in circa 9 cent/kWh il costo di produzione ed in ca. $4{,}5 \div 7$ cent/ kWh il costo del trasporto, rispettivamente a 1000 km se la tensione è di 200 kV ed a 2000 km se essa è di 400 kV. Sono queste ultime le cifre, almeno come ordine di grandezza, del progetto di rete europea presentato dal dott. Oliven alla Conferenza Mondiale dell'Energia (Berlino, 1930) e dopo quanto è stato scritto in merito su queste colonne non pare sia il caso di dilungarsi a dimostrare che il trasporto dell'energia a così grande distanza, sotto forma di energia elettrica, non è allo stato attuale della tecnica conveniente. Si noti che il relatore, il quale è oggi indubbiamente una delle maggiori competenze nel campo della tecnica delle alte tensioni, ed in particolare dei trasporti a grande distanza (egli ha collaborato alla costruzione della linea a 200 kV della Renania), ha posto a base dei suoi calcoli un costo di costruzione della linea, comprese le sottostazioni di accoppiamento, che è inferiore alla metà di quello indicato nel progetto Oliven.

*Ewans* e *Wagner* tracciano nel loro rapporto sulla «Stabilità dei sistemi di trasmissione di energia elettrica» (pag. 25) la storia del problema dal suo primo presentarsi fino al giorno d'oggi e descrivono i metodi introdotti negli Stati Uniti per accrescere la stabilità nei riguardi della marcia in parallelo delle macchine sincrone. La più importante delle misure prese negli ultimi tempi consiste nell'adozione di interruttori e relais ultrarapidi. L'eccitazione rapida e l'impiego di generatori a debole reattanza sono limitati di preferenza ai trasporti a grande distanza. Sullo stesso argomento è stato presentato alla sez. 3ª da *Kryloff* e *Bogoliuboff* un esauriente studio («Ricerche sulla stabilità statica e dinamica delle macchine sincrone» - 27 pag.), che estende al caso di un numero qualunque di macchine la soluzione teorica già nota per il caso di due macchine in parallelo. Della stabilità nei riguardi dell'interconnessione si occupa *Roncaldier* («La marcia in parallelo e l'interconnessione» - 24 pag.), che studia le condizioni di stabilità statica, dinamica ed in regime perturbato, nonchè la regolazione della tensione e del carico nel caso di reti interconnesse rigidamente od elasticamente. Egli passa poi ad esaminare quali sono gli sviluppi futuri probabili concludendo che la corrente continua rappresenterebbe il mezzo ideale per i grandi trasporti e che noi assisteremo al trionfo di questo sistema di trasmissione il giorno in cui potremo trasformare facilmente ed in modo reversibile la corrente alternata ad alta tensione in corrente continua. L'invertitore a vapore di mercurio sembra risolvere in modo soddisfacente questo problema. Esso inoltre presenta alcune altre caratteristiche preziose (trasformazione e regolazione *statica* della frequenza e della tensione) che lo rendono particolarmente adatto quale organo di collegamento fra reti diverse, permettendo di realizzare un accoppiamento perfettamente elastico in quanto tensione e frequenza dei singoli centri produttori o consumatori risulterebbero indipendenti ed il flusso di energia in ambo i sensi attraverso l'apparecchio potrebbe regolarsi a piacimento agendo semplicemente sui dispositivi di controllo della griglia. *Grieb* nel suo rapporto («L'accoppiamento elastico delle reti» - 25 pag.), riferendosi all'esauriente studio di *Santuari* sui convertitori a rapporto di frequenza variabile comparso su *L'Energia Elettrica*, Vol. VI, pag. 359, spezza una lancia in favore dei metodi classici di accoppiamento delle reti (classici non per antichità, perchè anzi molti fra essi sono recentissimi, ma rispetto ai nuovi metodi di conversione statica) e descrive sommariamente quelli più interessanti. Un problema particolare è trattato da *Cerillo, Focaccia* e *Selmo* nel loro rapporto su «La messa a terra del neutro nelle reti a media, alta ed altissima tensione» - 32 pag.). Dopo aver rilevato le origini relativamente recenti della pratica di mettere il neutro a terra

ed aver studiato i problemi principali a questa connessi, gli AA. giungono alle seguenti conclusioni: 1) Le sovratensioni dovute agli archi intermittenti a terra sono sensibilmente ridotte dalla messa a terra del neutro, sia franca che con interposizione di una debole resistenza, e totalmente eliminate con l'impiego di una bobina di risonanza. Nessun beneficio sensibile essa arreca invece rispetto alle sovratensioni dovute a scariche atmosferiche, dirette ed indirette, a manovre di apertura e chiusura degli interruttori ed a fenomeni di risonanza. 2) La messa a terra del neutro introduce grandi complicazioni nel calcolo delle sovracorrenti. 3) Per converso essa semplifica molto il problema della protezione selettiva, con l'impiego di schemi più semplici e di relais meno costosi e di funzionamento più sicuro. 4) Nel caso di regime perturbato, aumentano la probabilità e la frequenza di correnti indotte pericolose nelle linee di telecomunicazione. Però anche il neutro isolato non permette di evitarle del tutto vista la possibilità di doppi cortocircuiti a terra. 5) La messa a terra del neutro, franca o con l'interposizione di debole impedenza, aumenta la probabilità e la frequenza del formarsi di gradienti di potenziale pericolosi alle persone, in seguito a contatti accidentali della linea col suolo. 6) Allo stato attuale della tecnica la messa a terra del neutro non consente di realizzare economia alcuna nei costi d'impianto delle linee. Nell'ultima parte del rapporto vengono passate in rassegna le tendenze e le applicazioni pratiche da questa avute nei paesi più importanti. Può affermarsi che non esista in proposito unità di indirizzo: comunque sembra giustificata soltanto la conclusione che la pratica oggi più diffusa è quella di mettere il neutro francamente a terra nei grandi elettrodotti ad altissima tensione, mentre le reti a tensione media hanno quasi senza eccezione il neutro isolato. Una ricchissima bibliografia chiude l'interessante relazione. — Due rapporti ed una comunicazione si riferiscono ai cavi. *Emanueli* (« I cavi ad alta tensione » - 16 pag.), dopo aver rilevato che il progresso dei cavi ad altissima tensione è dovuto quasi esclusivamente allo studio dell'impregnazione del dielettrico, rende conto dei risultati delle esperienze istituite per mettere in evidenza la diversità di comportamento in esercizio fra un dielettrico perfettamente impregnato ed uno contenente delle bolle gasose. Anche il problema della variazione della pressione sul dielettrico è esaminato in base ad interessantissime esperienze di laboratorio. La variazione della rigidità dielettrica dovuta all'applicazione di campi elettrici, trova essa pure la sua spiegazione nella teoria delle bolle gasose: questa, piuttosto che l'ipotesi spesso avanzata di sollecitazioni tangenziali pericolose, rende infine anche ragione dei guasti verificatisi in cavi trifasi ad altissima tensione. *Delon* (« Evoluzione della tecnica dei cavi sotterranei » - 16 pag.) descrive, come indica il titolo del rapporto, le successive modificazioni avvenute nella costruzione dei cavi, sia nei riguardi della disposizione dei conduttori e nell'armamento che dei materiali isolanti adoperati, soffermandosi in modo particolare sui tipi più moderni e sopratutto sui cavi in olio fluido sotto pressione, i quali ideati dall'ing. Emanueli e costruiti per la prima volta nello stabilimento Pirelli hanno nel giro di pochi anni conquistato il mercato mondiale e vengono fabbricati dai principali costruttori di cavi su licenza della Soc. Pirelli. L'A. infine mette in evidenza come il comportamento dell'isolante in corrente continua sia molto più favorevole che in corrente alternata, cosicchè per es. potrebbe utilizzarsi sotto la tensione continua di 200 000 V un cavo costruito per la tensione alternata di 60 000 V e ricorda come sulla linea a corrente continua esistente sin dal 1905 tra Moutiers e Lione sia inserito un tratto di cavo di 10 km di lunghezza. Orbene, nei periodi di pieno carico (l'impianto suddetto è, come è noto, del tipo in serie), il cavo è soggetto ad una tensione tra conduttore e piombo superiore a 100 000 V, senza aver mai presentato guasto alcuno in questo ormai lunghissimo periodo di esercizio. L'A. termina col pronostico che in avvenire, una volta risolto definitivamente il problema della conversione *reversibile* della corrente continua in alternata e reso così possibile l'uso della corrente continua per il trasporto di ingenti masse di energia elettrica a grande distanza, si giungerà alla sostituzione delle linee aeree mediante cavi sotterranei poichè questi offrono una soluzione più semplice dal punto di vista tecnico e più economica del problema del trasporto. Sull'argomento dei cavi vi è infine una breve comunicazione di *Kitagawa* (« Prove sui cavi in olio fluido » - 6 pag.), il quale indica per quali modalità le prove di collaudo sui cavi in olio fluido debbano diversificarsi da quelle sui cavi ordinari e si intrattiene a descrivere i metodi seguiti in proposito in Giappone, ove cavi di questo tipo per tensioni fino a 154 kV sono ormai da parecchio tempo in regolare esercizio. Chiude la serie dei rapporti del secondo gruppo la memoria di *Chase*, *Lewis*, *Simmons* e *Woodrow*: « Trasporto e distribuzione dell'energia elettrica negli Stati Uniti d'America » (38 pag.). Dopo un rapido sguardo alla evoluzione subita, particolarmente nell'ultimo decennio, dalla tecnica delle trasmissioni (aumento della tensione, moltiplicarsi delle interconnessioni, distanze fra i conduttori, franco al disotto della linea, isolamento, sovratensioni, trasporti in cavo metallizzato e in olio fluido ecc.) ed aver posto in rilievo le principali divergenze dalla pratica europea (palificazioni in legno, cavi non armati posati entro cunicoli ed altre) gli AA. descrivono i tipi di distribuzione più diffusi negli S. U. ponendoli giustamente in relazione colle caratteristiche dell'utenza. Essi si soffermano in particolare sui tipi di reti a maglie, già descritti a più riprese in questa rivista. Questo tipo di rete applicato dapprima alla sola distribuzione secondaria, sembra oggi vada introducendosi anche per la distribuzione primaria. Esso però risulta economicamente conveniente soltanto ove la densità del carico accusi dei valori assai elevati. Il rapporto termina con un breve accenno ai sistemi in serie di illuminazione pubblica prevalenti negli S. U. ed ai mezzi di comando automatico dell'accensione e dello spegnimento (orologi, correnti ad alta frequenza, cellule fotoelettriche) che vanno sempre più diffondendosi, nonchè alla collaborazione fra imprese elettriche ed imprese di telecomunicazione e radiodiffusione per tentare di eliminare del tutto le interferenze fra le reti di trasporto dell'energia delle prime e gli impianti delle seconde. È interessante rilevare che appena il 31% dei disturbi degli apparecchi radioriceventi è imputabile agli impianti di trasporto dell'energia e di questo 31% la parte maggiore è dovuta agli apparecchi dei circuiti di illuminazione in serie.

Vi è poi un terzo gruppo di due rapporti molto interessanti sulle scariche atmosferiche, dovuti rispettivamente a *Peek* (« Il fulmine » - 58 pag.) ed a *Fortescue* (« Il fulmine ed i suoi effetti sulle linee aeree » - 65 pag.). Secondo *Peek* l'oscillogramma dell'onda migrante originata in una linea di trasmissione da una scarica atmosferica è in grado di fornire indicazioni complete sulle caratteristiche della scarica stessa. L'altezza e la lunghezza della fronte non deformata dell'onda di tensione indotta permettono di determinare approssimativamente l'altezza della nube e la grandezza della carica di questa, mentre la pendenza della coda dell'onda caratterizza la durata e le modalità della scarica. Partendo da questi risultati è possibile stimare con buona approssimazione corrente e tensione di una scarica. Ecco i valori numerici così ricavati:

Altezza delle nubi: da m 152,5 a m 1067,5 (media m 457,5)
Durata della scarica: da $\mu$s 5 a $\mu$s 500 (media $\mu$s 30)
Gradiente in prossimità del suolo: kV/m 328
Intensità di corrente: da A 10 000 ad A 500 000.

La maggior parte delle perturbazioni provocate dai fulmini proviene da nubi negative.

L'A. indica poi alcune formule semplici per calcolare le sovratensioni nelle linee di trasmissione, dovute sia a fenomeni di induzione sia a fulminazione diretta. Per quanto esista la possibilità della formazione di sovratensioni elevate per induzione, tuttavia la loro probabilità non è grande, cosicchè il

maggior numero dei casi in cui si verificano scariche sugli isolatori di linee ben isolate è da imputarsi a fulminazioni dirette. L'importanza delle tensioni indotte va però aumentando al diminuire dell'isolamento. Il filo di guardia costituisce un mezzo efficace per ridurre a valori inoffensivi sia le tensioni indotte che quelle dovute a fulminazione diretta. Per la protezione contro queste ultime è inoltre essenziale che sia molto piccola la resistenza dei collegamenti dei fili di guardia con la terra. Il rapporto è ricco di tabelle, diagrammi e ricerche analitiche sull'argomento delle sovratensioni, che vengono studiate anche nelle loro ripercussioni sui trasformatori e sugli apparecchi utilizzatori. Chiude la memoria una breve bibliografia, relativa però quasi esclusivamente alle ricerche effettuate nei laboratori della G. E. C. Più completo è il rapporto di *Fortescue*, che passa in rassegna gli studi e le teorie sviluppate nel passato sulla formazione delle nubi e sul prodursi delle scariche atmosferiche. L'A. dopo aver esposti i risultati delle ricerche fatte sulla fulminazione degli isolatori e sull'innescarsi dell'arco in seguito all'applicazione brusca di una differenza di potenziale, rileva quale enorme progresso abbia rappresentato rispetto al clidonografo l'applicazione del tubo catodico per la registrazione di oscillazioni di breve durata. Lo studio sistematico dei fenomeni di origine atmosferica condotto negli ultimi anni in collaborazione fra le grandi case costruttrici e le società esercenti gli impianti con il nuovo mezzo di indagine, ha condotto ai seguenti risultati:

1) La velocità con cui la sovratensione si produce può raggiungere 15 000 kV/μs e l'ampiezza massima può teoricamente raggiungere anche 15 000 ÷ 20 000 kV se non si producono scariche sugli isolatori. La massima tensione registrata è stata però di 5 000 kV, dopo che una prima scarica era avvenuta sopra un palo in legno situato alla distanza di 6,5 km circa.

2) La corrente prodotta dalla scarica in un parafulmine può arrivare fino a 200 000 Amp.

3) Lo smorzamento è molto rapido per tensioni superiori a quella critica dell'effetto corona.

4) I guasti prodotti sulle linee elettriche ad alta tensione sono dovuti esclusivamente a fulminazioni dirette.

5) I fili di guardia offrono una protezione efficace contro le scariche dirette, sopra tutto se i pali hanno una debole resistenza di terra.

6) Due fili di guardia sono sempre più efficaci agli effetti della protezione che uno solo.

Segue un riassunto delle ricerche effettuate sulle linee americane utilizzando onde prodotte artificialmente, ricerche che avevano per iscopo la determinazione di alcuni valori caratteristici delle linee, quali l'impedenza, l'induzione mutua e lo smorzamento. Nella seconda parte del rapporto l'A. mostra come sia andata prendendo piede la teoria che sostiene essere tutti i guasti di origine atmosferica verificantisi sulle linee aeree ad alta tensione dovuti a fulminazioni dirette ed espone una propria teoria relativa alla formazione ed al percorso del fulmine. Nell'ultima parte infine dopo aver descritto gli effetti prodotti dal fulmine sulle linee aeree ed esposto un metodo per calcolare le sovratensioni che possono prodursi su linee protette e non protette da fili di guardia, egli tratta della protezione delle sottostazioni. Negli allegati è indicato il modo di determinare alcune grandezze interessanti: tensioni dovute ad onde indotte; impedenza dei pali a traliccio; sovratensioni dovute alla fulminazione di un palo oppure di un conduttore nella mezzaria fra due pali; impedenza d'onda, induzione mutua e velocità di propagazione quando si tenga conto dell'effetto corona. Chiude l'interessantissimo rapporto un breve elenco bibliografico, se non più ricco, indubbiamente però più eclettico del precedente. All'argomento delle scariche atmosferiche si riallaccia una serie di rapporti presentati alla sez. 11ª, nei quali è reso conto delle ricerche a carattere puramente scientifico eseguito negli ultimi anni, ricerche che hanno condotto a risultati molto interessanti anche per gli esercenti di linee elettriche. Ecco l'elenco di questi rapporti:

1) *Bogoiavlensky* e *Chatelain*: « Dell'influenza di qualche fattore geofisico sulla locazione dei punti colpiti dal fulmine » (10 pag.).

2) *Dauzère*: « Le scariche elettriche atmosferiche » (18 pag.)

3) *Kodaira* e *Takasawa*: « La previsione dei temporali nel Giappone » (6 pag.).

4) *Mathias*: « Il lampo » (19 pag.).

5) *Norinder*: « Ricerche oscillografiche sul meccanismo di scarica dei fulmini » (18 pag.).

Ciò che determina sopratutto il percorso del fulmine è la conducibilità elettrica dell'aria, la quale trae origine in prossimità del suolo dai costituenti radioattivi delle roccie. Se si compila una tabella nella quale i vari tipi di roccia sono disposti per ordine di radioattività decrescente e si confronta questa tabella con i risultati delle osservazioni sul terreno, si trova che son proprio i terreni costituiti dalle roccie più radioattive quelli sui quali i fulmini (e la grandine) si abbattono con maggiore frequenza. Vi è quindi uno stretto rapporto tra i punti di caduta del fulmine e la costituzione geologica del terreno. Nel corso della discussione *Rüdenberg* ha pienamente confermato in base alla esperienza fatta su una importante rete della Germania i risultati delle osservazioni eseguite sistematicamente su questo argomento in Francia e sopratutto nella U.R.S.S.

In un quarto gruppo porremo i quattro rapporti dovuti rispettivamente a *Lewis* (« Protezioni contro le sovratensioni nelle reti » - 17 pag.), *Genzim* (« Protezione selettiva delle reti dai guasti accidentali » - 18 pag.), *Gross* (« Protezione selettiva delle reti ad alta tensione col neutro a terra » - 9 pag.) e *Schleicher* e *Huldschiner* (« Complesso di metodi e dispositivi per la condotta e la sorveglianza delle reti ad alta tensione in regime normale e perturbato » - 40 pag.). Tutti questi rapporti, come è indicato chiaramente dai titoli, si occupano sopratutto di apparecchi di protezione ben noti ai nostri lettori, senza apportare alcun nuovo contributo di importanza sostanziale.

Lo stesso può dirsi dell'ultimo gruppo di rapporti relativo all'apparecchiatura, dei quali ci limitiamo a riportare i titoli:

1) *Josse*: « Evoluzione nella costruzione delle sottostazioni ad alta tensione » (12 pag.).

2) *Drouin*: « L'evoluzione della tecnica degli sisolatori » (30 pag.).

3) *Slepian*: « L'arco elettrico negli interruttori » (31 pag.).

4) *Prince*: « Il principio dell'estinzione dell'arco mediante getto d'olio » (32 pag.).

5) *Kopeliowitch*: « Interruttori ad alta tensione per corrente alternata. Evoluzione e stato attuale » (35 pag.).

6) *Roth*: « Interruttori ad alta tensione per corrente alternata. Funzionamento e costruzione » (20 pag.).

7) *Lundholm*: « L'impiego dei condensatori negli impianti per distribuzione di energia » (9 pag.).

In quest'ultimo rapporto è posto in rilievo come grazie ai grandi progressi nei metodi di fabbricazione, il condensatore abbia ormai raggiunto un alto grado di sicurezza d'esercizio e possa esser messo sul mercato ad un prezzo tollerabile, anche per alte tensioni. Sembra così che il condensatore permetta oggi di risolvere in modo semplice gran numero di problemi che prima erano di soluzione difficile. L'A. si riferisce sopratutto alla compensazione del fattore di potenza, alla regolazione ed alla trasformazione della tensione ed alla protezione contro le sovratensioni, che vengono brevemente illustrate.

Trattandosi di argomento del quale la nostra rivista ha avuto occasione di occuparsi in passato, ricorderemo ancora che il rapporto presentato da *Pfleiderer* (« L'elettrolisi dell'acqua » - 21 pag.) alla sez. 7ª ha suscitato una vivace discussione

tra sostenitori (tra i quali il relatore) ed oppositori dell'elettrolisi sotto pressione. L'intervento del Prof. *Scarpa* ha posto il problema nei suoi veri termini. Può darsi benissimo che il consumo specifico di energia decresca con l'aumentare della pressione alla quale l'elettrolisi si effettua: non risulta però che siano stati costruiti fino ad oggi degli elettrolizzatori ad alta pressione *industrialmente utilizzabili*. E questo, aggiungiamo noi, è veramente peccato poichè in un opuscolo uscito di recente in Germania (1) è spiegato con grande lusso di dettagli come l'idrogeno sotto pressione risolverebbe istantaneamente la crisi mondiale. Alla stessa sezione il Prof. *Scarpa* aveva presentato un interessantissimo ed esauriente rapporto su « Le corrosioni dei materiali metallici dovute alle correnti elettriche » (31 pag.). Ci limitiamo qui a riportarne le conclusioni, in quanto interessano la nostra industria: 1) secondo le teorie moderne quasi tutte le corrosioni dei metalli sono dovute a fenomeni elettrochimici; 2) le corrosioni che dipendono dall'aerazione differenziale danno luogo talvolta ad apparenze analoghe agli effetti prodotti dalle correnti vagabonde; 3) in tutti quei casi in cui esistono anche correnti vagabonde l'importanza delle corrosioni è accresciuta e può, in condizioni appropriate, avere una gravità eccezionale; 4) gli effetti più gravi son prodotti dalla corrente continua ma, in condizioni speciali, anche le correnti alternate possono avere un'azione nociva; 5) nessun mezzo pratico è in grado di impedire completamente la dispersione di corrente dalle rotaie dei tram. Esistono però dei mezzi atti a ridurre la dispersione ed i fenomeni di corrosione che ne sono la conseguenza; 6) l'uso di cavi di ritorno di sezione appropriata, l'impiego di devoltori ed il frazionamento del carico fra parecchie sottostazioni costituiscono i mezzi più efficaci per diminuire le correnti vagabonde; 7) per diminuire per quanto possibile i danni procurati dalle correnti vagabonde non è sufficiente stabilire le differenze di tensione tollerabili tra i vari punti della rete, ma si deve tenere anche conto delle differenze di potenziale tra le rotaie e le canalizzazioni metalliche sotterranee. A tal uopo occorre riferirsi ai valori medi o, meglio, ai valori minimi della resistività del terreno nella zona considerata; 8) l'omogeneità dei metalli e l'assenza di certe impurità sono anche condizioni necessarie per diminuire le corrosioni. Il Prof. *Scarpa* ha poi presentato un campione di rivestimento di protezione per tubazioni metalliche ideato dall'ing. *Rocca*; questi, su invito del Presidente, ha brevemente illustrato la costituzione ed il metodo di fabbricazione del rivestimento.

Ricorderemo ancora che alla sez. 5ª hanno suscitato grande interesse, in particolare fra i tecnici inglesi, i due rapporti dell'ing. Bianchi sull'elettrificazione delle nostre ferrovie.

W. M.

(1) Lawaczek-Technik u. Wirtschaft im Dritten Reich, Monaco di B., 1932.

# La XXVII Riunione Annuale dell'A. E. I.

## Firenze, 25 Settembre - 1° Ottobre 1932 - X

L'A. E. I. ha voluto scegliere per il programma tecnico della sua Riunione di quest'anno, un tema di grande attualità e di altissimo interesse; ha voluto cioè dedicare buona parte delle sedute tecniche, frequentate sempre da un numero considerevole di soci, alle «*Nuove applicazioni industriali delle correnti ioniche ed elettroniche*». Due sedute invece, alle quali presenziò anche l'On. Motta, furono tenute sotto la presidenza di S. E. Serpieri nella sede dell'Accademia dei Georgofili, messa gentilmente a disposizione per l'occasione, e trattarono dei «*Diagrammi di consumo delle applicazioni elettroagricole*».

Il contributo di memorie presentate alla Riunione, concernenti i due argomenti, fu assai notevole. Le memorie, comprese le poche già pubblicate nel corso dell'anno sull'*Elettrotecnica*, superano la cinquantina; di queste quattro svolgono il tema interessante le applicazioni elettroagricole.

Le rimanenti offrono allo studioso un materiale tecnico cospicuo e passano in rassegna molti degli svariati impieghi industriali, nei quali la tecnica delle correnti forti e delle correnti deboli si è valsa, si vale e si prevede potrà valersi in avvenire delle valvole ioniche ed elettroniche, tanto per risolvere in modo più sicuro ed economico molti problemi già risolti con altri mezzi, quanto per affrontare e risolvere problemi affatto nuovi o almeno rimasti tuttora presso che insoluti per le insufficienze dei mezzi finora a disposizione.

Buona parte delle relazioni parlano di possibilità di applicazioni future, mentre scarseggiano piuttosto le memorie che mettono in luce quelle già messe in pratica, in prima linea l'impiego dei comuni raddrizzatori a vapori di mercurio per forti potenze e tensioni elevate. Impianti di questo genere sono assai diffusi nel nostro Paese, che fu uno dei primi a sperimentare nell'esercizio i nuovi apparecchi raddrizzatori per la tensione di 4000 V su una rete di trazione a corrente continua. È quindi da deplorare che i nostri tecnici abbiano voluto essere troppo reticenti nel riferire sulle loro esperienze e sui risultati raggiunti.

La Riunione venne inaugurata con l'intervento di *S. E. Puppini*, Sottosegretario alle Finanze, e di altre eminenti personalità della politica e della tecnica. Dopo una brillante prolusione del Presidente Generale dell'A.E.I., *Prof. U. Bordoni*, il *Sen. Prof. A. Garbasso* della R. Università di Firenze tenne il discorso inaugurale, letto in sua assenza dal *Prof. B. Rossi*, su «Firenze e la Fisica».

Seguirono nei giorni successivi le sedute tecniche, che ebbero luogo nel Palazzo di Parte Guelfa, messo cortesemente a disposizione dei Congressisti.

### I. – Questioni Generali.

Sulle *Questioni Generali* ha riferito anzitutto il prof. *G. Valle* nel suo rapporto «*Ioni e mezzi ionizzati. Leggi e processi di ionizzazione*». Egli espone i risultati dell'indagine sperimentale e teorica moderna che costituiscono la base della teoria del passaggio dell'elettricità nei mezzi ionizzati, in particolare nei gas e dei fenomeni che l'accompagnano. La relazione è corredata di un esauriente elenco bibliografico.

Il *prof. B. Rossi* parla dell'«*Effetto termoionico e leggi relative.*». Quest'effetto consiste nella emissione da un metallo di quegli elettroni che giungono alla sua superficie con una componente normale dell'energia critica sufficiente a vincere le forze antagoniste, che ne ostacolano la fuoruscita. L'A. espone e sviluppa una formula dell'emissione in pieno accordo colla esperienza. L'azione delle impurità superficiali viene ricondotta alla formazione di un doppio strato elettrico, che facilita o ostacola la fuoruscita degli elettroni, secondo che la sua faccia positiva è rivolta verso l'esterno o l'interno del metallo.

Il *prof. O. Scarpa* ricostruisce la genesi de «*I raddrizzatori elettrolitici*» e ne esamina il funzionamento. Esposte brevemente le tre teorie fondamentali ideate per spiegare la generazione della resistenza unidirezionale, svolge più ampiamente la teoria chimico-elettronica che consente una più completa rappresentazione dei fenomeni.

Della «*Ionizzazione e rigidità dielettrica dell'aria negli impianti ad alta tensione.*», parla l'*ing. F. Motti.* Accenna ai principi della conducibilità nel vuoto e nei gas rarefatti e descrive sulla base di essi il meccanismo della scarica pura nell'aria. Svolge in seguito considerazioni pratiche sulla forma e polarità degli elettrodi, sulla differenza tra scarica pura e arco, sulla loro estinzione. Seguono brevi cenni sulle scariche atmosferiche, spiegate sulla base dei principii esposti e sui loro effetti sugli impianti elettrici.

Assai estesa ed esauriente è la lucida relazione del *Comandante C. Matteini* sui «*Recenti progressi nella costruzione dei tubi elettronici.*». L'A. parla dei tubi elettronici ad alto vuoto usati nella tecnica delle comunicazioni. Ricordatane la evoluzione verificatasi coll'aggiunta di nuovi elettrodi, espone i progressi attuati nel campo dei catodi e accenna ai particolari più salienti di costruzione dei tubi riceventi e trasmittenti. Ricorda i progressi compiuti nei riguardi dei tubi ad anodo raffreddato di potenza elevata e descrive particolari costruttivi di triodi di potenza fino a 300 kW. Accenna brevemente ai tubi multipli a comando esterno e descrive infine i progressi realizzati nei tubi a vapore di mercurio a catodo incandescente.

L'*Ing. U. Tiberio* riassume nella sua relazione «*La legge dell'induzione ed i gas ionizzati*» le ricerche sperimentali circa il problema di calcolare le azioni elettromeccaniche e le f.f.e.e.m.m. indotte quando il conduttore sia formato da gas ionizzato e viene alla conclusione che, pure esistendo le une e le altre, non si sanno ancora determinare con esattezza, nè se ne conosce bene la natura fisica.

### II – Applicazioni Industriali.

a) *Trasmissione e conversione dell'energia.*

È l'argomento di interesse maggiore per l'industria elettrica.

Il *prof. Revessi* presentò una relazione di carattere generale su «*Ioni ed elettroni: nuovi orizzonti nella tecnica delle correnti intense.*», nella quale, accennato alla benefica influenza esercitata dalla concezione dei fenomeni fisici introdotti dalle moderne teorie, esamina quando e quanto giovi per la tecnica delle correnti intense la loro sostituzione alle teorie classiche finora applicate. Discute poi l'influenza che le teorie stesse hanno avuto e si prevede possano avere in avvenire nel campo della produzione industriale e della distribuzione dell'energia elettrica e in quello degli apparecchi di utilizzazione.

L'*ing. V. De Martini*, che aveva già esposto nella primavera di quest'anno in una relazione riassuntiva pubblicata su

« L'Elettrotecnica » « *I recenti sviluppi dei convertitori statici di corrente continua in alternata* » un sunto sugli ultimi perfezionamenti apportati da una casa costruttrice (B. B. C.) ai raddrizzatori a vapore di mercurio coll'applicazione di griglie di controllo, presentò alla Riunione un'altra memoria, che integra e completa la prima, su « *I progressi nella costruzione delle valvole a vapore di mercurio di grande potenza. Recenti risultati delle prove sui commutatori con griglie di controllo.* ». Nella prima parte espone la evoluzione dei raddrizzatori a vapore di mercurio privi di griglie di controllo propriamente dette e le applicazioni più importanti di convertitori statici di grande potenza. La seconda parte è dedicata alle valvole a mercurio munite di griglie controllate e alle loro possibili utilizzazioni industriali: trasporto di energia a corrente continua, motori reversibili in collegamento Lèonard, ricupero sulle linee di trazione a corrente continua, impiego nella trazione elettrica. Accenna infine agli ultimi risultati sperimentali ottenuti che promettono nuove possibilità di controllo dell'arco a mercurio nel senso di estenderlo anche allo spegnimento dell'arco.

L'*ing. A. Righi* ha voluto poi riferire su «*Recenti esperienze su apparecchi a vapore di mercurio a griglia polarizzata.* », alle quali ebbe occasione di assistere nelle officine di una grande casa costruttrice germanica (A.E.G.). La memoria ha più che altro carattere descrittivo e serve a mettere al corrente il lettore sugli esperimenti effettuati nelle officine suddette su apparecchi industriali e specialmente su gruppi statici di conversione alla presenza di numerosi invitati, fra i quali alcuni ingegneri italiani. Gli esperimenti sono stati preceduti da una esposizione di carattere didattico, corredati da un complesso di schemi e di circuiti funzionanti con tubi di scarica di piccola potenza. Molto opportunamente l'ing. Righi fa seguire la sua relazione da un raffronto tecnico-economico fra i vari sistemi di conversione impiegabili per gli impianti di trazione elettrica.

Notizie sulla diffusione sempre maggiore delle installazioni di raddrizzatori a vapore di mercurio nell'America Settentrionale vengono date dagli *ingg. E. M. Bill* e *R. Lombradi* nel loro rapporto: «*L'applicazione pratica dei raddrizzatori a vapore di mercurio nel Canadà e negli Stati Uniti d'America* ». Accennato brevemente alla storia del raddrizzatore, gli AA. analizzano le ragioni che hanno reso possibile il suo rapido sviluppo ed esaminano i vari perfezionamenti apportati nella tecnica della saldatura, nella costruzione delle pompe a vuoto, dei giunti e nell'applicazione delle griglie anodiche, che hanno reso più sicuro il funzionamento di quest'apparecchio. Le griglie poi hanno esteso il campo d'impiego dei raddrizzatori che possono così venire utilizzati per risolvere svariati e importanti problemi.

Da un confronto economico svolto nel rapporto appare evidente la superiorità del raddrizzatore per i differenti pregi che esso offre in molte applicazioni. La memoria chiude colla descrizione sommaria di alcune installazioni tipiche americane.

Il rapporto che segue, presentato dagli ingg. *H. D. Brown* e *R. Lombardi* completa il precedente e riguarda i «*Raddrizzatori a vapore di mercurio a griglie controllate.* ». Descrive le proprietà delle griglie anodiche tanto dal punto di vista del miglioramento del servizio dei comuni raddrizzatori quanto da quello della loro applicazione alla soluzione di diversi problemi e precisamente della regolazione della tensione sul lato a corrente continua di un raddrizzatore, della soppressione degli archi di ritorno, dell'inversione di funzionamento e della conversione di frequenza. Il rapporto si riferisce a tipiche costruzioni della G.E.Co.

« *Due nuovi tubi elettronici a gas ionizzato* (*Fanatron e Thyratron*) » pure di costruzione della G.E.Co descrive nella sua memoria l'*ing. P. Lecchi.* Essi appartengono ai tubi elettronici a catodo caldo, dei quali l'A. enuncia le proprietà caratteristiche specialmente per quanto concerne le loro applicazioni industriali nella conversione statica. L'A. mette in evidenza quelle proprietà che li differenziano non solo dai raddrizzatori a vaschetta di mercurio, anche dalle comuni valvole termoioniche e accenna alle possibili applicazioni industriali dei nuovi tubi e sopra tutto a quelle che allo stato attuale della tecnica non sembrano realizzabili coi raddrizzatori a vaschetta.

I raddrizzatori a vapore di mercurio in ampolle di vetro vengono ormai costruiti anche per potenze considerevoli ed elevate tensioni e possono spesso, in virtù della loro semplicità di costruzione e di esercizio, competere vittoriosamente con quelli in recipienti di ferro.

Di un importante particolare costruttivo dei raddrizzatori in ampolle di vetro si occupa la relazione dell'*ing. O. L'Eplattenier* sui « *Dispositivi di accensione per raddrizzatori di corrente a vapore di mercurio con catodo liquido in ampolla di vetro* ». Dopo alcune considerazioni generali sull'accensione e sulle proprietà richieste da un dispositivo di accensione automatica, l'A. discute e descrive i diversi dispositivi proposti e costruiti per ottenere l'accensione a mano e automatica dell'arco e ne esamina i pregi e gli inconvenienti relativi alla costruzione e all'esercizio.

L'*ing. R. Savagnone* riferisce su « *Studi sul controllo magnetico dell'arco a mercurio e sulla trasformazione statica della corrente continua in alternata.* ». L'A. ha avuto campo di svolgere, nel Laboratorio di Elettrotecnica della R. Scuola d'Ingegneria di Padova, una indagine sistematica sull'applicazione del controllo magnetico ai tubi ionici allo scopo precipuo di realizzare la trasformazione statica della corrente continua in trifase. La memoria, dopo avere esposto e discusso il principio sul quale questo controllo si basa, svolge alcune considerazioni sulle cause della modulazione dell'arco e sul suo spegnimento magnetico, stabilisce un confronto tra griglia polarizzata e campo magnetico per controllo dell'arco e tratta della instabilità della marcia in parallelo di due archi a mercurio e del modo di controllarli magneticamente. Passa quindi all'argomento principale, cioè alla conversione statica di corrente continua in alternata, e descrive il metodo seguito dando ragguagli particolareggiati, corredati da numerosi oscillogrammi, sugli incoraggianti risultati ottenuti su apparecchi di esigua potenza, mostrando che la progressiva modulazione consentita dal controllo magnetico dell'arco permette di ottenere delle tensioni praticamente sinusoidali sul lato a corrente alternata, mentre la griglia polarizzata manca di questa importante prerogativa. L'A. conclude esprimendo l'opinione che si possano ottenere importanti miglioramenti se si pone l'arco di mercurio contemporaneamente sotto il controllo magnetico ed elettrostatico.

Un pregevole contributo ai metodi di collaudo dei raddrizzatori a vapore di mercurio è apportato dalla esauriente relazione del *prof. L. Lombardi* e dell'*ing. A. Asta* sulla « *Determinazione di perdite e di rendimento sopra un gruppo di conversione a vapore di mercurio* ». Gli AA. riassumono i principali metodi di misura delle perdite e del rendimento dei gruppi di conversione a vapore di mercurio e sottopongono ad una prova sperimentale quelli suggeriti recentemente dagli ingegneri di due importanti case costruttrici, americana ed europea. I rilievi eseguiti su un gruppo di 565 kVA sono corredati da una lucida relazione e da numerosi diagrammi e oscillogrammi.

Uno dei pionieri nell'installazione di raddrizzatori di potenza elevata in Italia, l'*ing. C. Leidi*, tratta in una relazione eccessivamente succinta, se pure densa di dati e indicazioni, del « *Collaudo dei raddrizzatori* ». Egli espone alcune proposte che ritiene possano servire di base per la compilazione di norme per il collaudo dei raddrizzatori di grande potenza con speciale riferimento al loro rendimento, isolamento e alle modalità di esercizio.

Una delle applicazioni più allettanti delle valvole a vapore di mercurio a griglia polarizzata è quella atta a sostituire il commutatore delle macchine a collettore, tanto a corrente continua che a corrente alternata. Gli *ingg. G. Someda* e *G. De Fassi* espongono « *Qualche osservazione sui gruppi motori-raddrizzatori* » esaminando succintamente alcuni aspetti del comportamento delle valvole a vapore di mercurio funzionanti da commutatori nelle

macchine a corrente continua e alternata monofase. L'analisi è limitata al solo lato generale del problema senza entrare in discussione sulla convenienza tecnica ed economica di queste nuove costruzioni.

b) *Apparecchi e misure.*

Inconveniente comune a tutti i raddrizzatori e convertitori statici a valvole elettroniche è quello di determinare una deformazione più o meno accentuata delle onde di tensione e corrente. La lucida relazione del *Prof. Barbagelata*: « *Sulla misura delle grandezze non sinusoidali di frequenza industriale* » presentata alla Riunione di Firenze è parsa opportuna quanto mai ad inquadrare questo importante problema. L'A. colla consueta chiarezza, riassume la situazione odierna nei riguardi delle misure ordinarie con grandezze periodiche non sinusoidali di frequenza industriale. Esamina il comportamento con tali grandezze dei principali tipi di strumenti a lettura diretta, espone e discute le diverse proposte avanzate intese ad estendere il concetto di potenza reattiva alle grandezze non sinusoidali, mettendo in luce la difficoltà intrinseca del problema. Risolto esso per i sistemi a due fili, tale sarebbe anche per quelli a tre fili.

Il *ten. U. Ruelle* e il *dott. F. Vecchiacchi* colla relazione su « *Le applicazioni dei tubi termoionici nel campo delle misure elettriche industriali e di laboratorio* » classificano ed esaminano, sopra tutto in considerazione delle possibilità di impiego pratico, schemi, istrumenti e metodi di misura che si valgono dell'impiego di tubi termoionici. La relazione ha un valore pratico notevole perchè indica i limiti di applicabilità dei vari metodi e le approssimazioni da essi consentite ed è corredata da indicazioni e dati pratici per la realizzazione degli schemi proposti.

Di un sensibilissimo istrumento, prezioso nelle indagini dei fenomeni transitori ultraveloci, che ha consentito di estendere il campo delle cognizioni dei tecnici in un campo che fino a pochi anni fa sembrava precluso alle ricerche sperimentali, tratta l'*ing. P. Peterlongo* nella sua memoria su « *L'oscillografo a raggi catodici e le sue possibilità d'impiego, con particolare riguardo ad un modernissimo tipo adatto anche alle registrazioni di fenomeni transitori.* ». Egli si riferisce all'oscillografo a catodo freddo e precisamente al modello che è stato sviluppato e costruito in Isvizzera dall'A.S.E. in collaborazione del dott. K. Berger. Accenna brevemente ai singoli problemi che si dovettero risolvere nella costruzione dell'apparecchio e ne espone le varie soluzioni. Tratta poi della misura, della sensibilità e precisione dell'istrumento e della moderna tecnica di presa dei fenomeni imprevisti. Mette infine in evidenza le possibilità di un simile istrumento, illustrandole colla riproduzione di una serie di oscillogrammi di fenomeni transitori provocati da cause di diverso genere.

L'*ing. S. De Francesco* parla de « *Il rilievo oscillografico delle caratteristiche dei tubi elettronici* », descrivendo un ingegnoso metodo da lui ideato che si vale della sostituzione di uno specchio oscillante allo specchio rotante di moto uniforme di un oscillografo magnetico. Esso si presta al rilievo della curva corrente-tensione di un apparecchio che non segue la legge di Ohm. Espone la realizzazione pratica del metodo e la sua applicazione al rilievo delle caratteristiche dei tubi elettronici.

Sull'argomento « *Amplificatori termoionici* » riferisce il *prof. E. Denina.* Egli presenta nuovi montaggi, traccia un quadro generale, nel quale essi rientrano a colmare lacune esistenti e riassume i principali risultati sperimentali ottenuti. Studia anzitutto gli amplificatori aperiodici a resistenza negativa e a compensazione. Il montaggio a compensazione generalizza in certo qual modo i circuiti a reazione e realizza una risonanza ideale, ricollegandosi così ai circuiti accordati. Accenna infine ai principali montaggi a risonanza sperimentale e tecnica esponendo la loro trattazione teorica vettoriale.

L'*ing. L. A. Finzi* esamina nel suo rapporto « *Regolatori a flussi elettronici* » i caratteri delle valvole a flussi elettronici, quando ad esse venga affidata la funzione vera e propria di regolatori. Fin da oltre una decina d'anni le caratteristiche spiccate di sensibilità e prontezza di queste valvole avevano indotto i tecnici a studiarne l'impiego per la regolazione automatica di una delle grandezze fisiche relative al funzionamento di una determinata macchina (tensione, potenza, velocità ecc.). L'A. compendia questi studi nella sua memoria e, partendo dai problemi più semplici e generali, entra a trattare delle realizzazioni messe in pratica finora tanto mediante l'impiego di valvole termoioniche a vuoto quanto di valvole a riempimento a gas, riportando esempi di diverse applicazioni tipiche.

L'*ing. G. Picker* descrive un «*Istrumento a valvole termoioniche per il comando automatico secondo un programma prefisso.* » destinato a regolare secondo un programma prefisso un procedimento fisico qualunque soggetto a variazioni nel tempo e che si presti a venire misurato con istrumenti elettrici scriventi, entrando in particolari costruttivi e accennando al campo di applicazione dello strumento.

L'*ing. F. Motti* enuncia parecchi « *Esempi di applicazioni industriali dei tubi elettronici a flusso controllato.* ». Accennato ai principi della conduttività nel vuoto elevato e nei gas rarefatti, l'A. classifica i tubi elettronici industriali a flusso controllato in cinque categorie: tubi fotoelettrici nel vuoto, tubi fotoelettrici nel gas, tubi elettronici a griglia nel vuoto, tubi elettronici a griglia nel gas a catodo freddo e tubi elettronici a griglia nel gas a catodo caldo. Espone le caratteristiche di ogni categoria e indica e descrive infine numerosi esempi di applicazioni industriali di questi apparecchi.

Il rapporto dell'*ing. E. Ortensi* su « *La deionizzazione degli spazi d'arco spontanea e a mezzo di gas* » compendia le moderne concezioni sulla natura di un arco elettrico e ne spiega il comportamento nelle diverse condizioni di stabilità o instabilità in cui esso può trovarsi. Si sofferma in modo particolare ad esaminare le condizioni di instabilità di un arco a corrente alternata in ambiente gassoso di diversa natura. Descrive infine alcuni artifizi messi in pratica per provocare tale instabilità accennando al loro impiego industriale nella costruzione degli interruttori a deionizzazione in aria ed in olio.

c) *Comunicazioni con o senza fili.*

Una trattazione sistematica « *Sulla moderna tecnica dei centri radiotrasmittenti di grande potenza* » è svolta dall'ing. *V. Gori* nella sua memoria. Esaminate le proprietà caratteristiche delle onde lunghe e delle onde corte, l'A. pone in evidenza l'orientamento attuale della radiotecnica moderna per quanto riguarda i trasmettitori di grande potenza adibiti al servizio commerciale. Dimostrata la necessità di una frequenza di emissione rigorosamente costante, l'A. studia i vari tipi di trasmettitori comandati e si sofferma particolarmente sul tipo a quarzo mettendone in rilievo pregi e inconvenienti. Illustra il trasmettitore italiano di grande potenza per il servizio radiotelefonico commerciale transoceanico, accenna ai più recenti metodi di stabilizzazione delle frequenze mediante lunghe linee di alimentazione. Passa poi a descrivere i vari tipi di sistemi irradianti direttivi, discute le proprietà caratteristiche delle linee d'alimentazione degli stessi e conclude dando un rapido cenno sui dispositivi di equilibramento.

De « *Le onde cortissime e il loro impiego nelle radiocomunicazioni* » parla il *prof. N. Carrara.* Premessa una rassegna storica delle ricerche e risultati ottenuti nel campo delle onde ultracorte, descrive i dispositivi sperimentali derivati dalle prime esperienze di Barkhausen e Kurz per la produzione di oscillazioni elettroniche di altissima frequenza nell'interno dei triodi. Espone i fondamenti delle principali teorie di tali oscillazioni elettroniche e descrive apparecchi per radiocomunicazioni mediante onde ultracorte. Particolare rilievo viene dato alle ricerche eseguite

presso il R. Istituto Elettrotecnico e delle Comunicazioni della Marina di Livorno.

Dei «*Radioricevitori*» tratta l'*ing. M. Boella*. Rilevate brevemente le necessità di differenziazione tra i vari tipi di radioricevitori, l'A. passa in rassegna i più recenti sviluppi di quelli per i servizi di radiodiffusione e di quelli per i servizi di comunicazione telegrafica e telefonica, trattando prima ampiamente delle varie disposizioni di circuito e accennando quindi alle particolarità inerenti alla realizzazione pratica degli apparecchi.

«*Il centro radiomarittimo di Coltano* (1929-1932)» viene descritto dettagliatamente da *G. Pession, G. Montefinale* e *A. Marzoli*. Ricordati i precedenti del Centro transcontinentale di Coltano, gli AA. enunciano le ragioni che ne promossero la trasformazione in Centro radiomarittimo di media e grande portata, illustrano i criteri seguiti nella scelta degli apparecchi e nell'organizzazione del servizio. Descrivono ampiamente l'impianto principale ad onde corte da 14 kW, quello ausiliario ad onde corte da 2 kW, gli impianti ad onda media di tipo normale e la stazione ricevente duplex di Nodica. Accennano all'impianto radiotelefonico e riportano alcune misure eseguite. Espongono infine alcune norme sulla regolazione del complesso stabilizzatore di frequenza e dei vari amplificatori a ponte che costituiscono gli speciali circuiti dei trasmettitori ad onde corte.

L'*ing. A. Banfi* tratta di «*Alcune espressioni della moderna tecnica costruttiva dei trasmettitori radiofonici*» in una relazione nella quale espone lo sviluppo notevole assunto in questi ultimi tempi dalla radiotecnica e in modo speciale dalla tecnica costruttiva dei trasmettitori radiofonici di grande potenza, che ha richiesto la soluzione di numerosi nuovi problemi di varia natura. Di alcuni di questi problemi si occupa l'A.

L'*ing. G. Bourelly* descrive invece le «*Recenti applicazioni delle onde convogliate*» e mette in luce le possibili vie sulle quali potrà avvenire l'ulteriore sviluppo di queste applicazioni citando qualche caso di pratica realizzazione già messo in opera. Tratta quindi dei comandi a distanza, della telegrafia e delle trasmissioni di misure a distanza mediante onde convogliate, attuate queste ultime mediante sistemi a frequenza d'impulso, a durata d'impulso e a variazione di frequenza. Espone quindi i criteri sui quali si basa la protezione selettiva delle reti mediante correnti ad onde convogliate che scinde in due categorie: di sistemi normali e di sistemi ad onde di controllo. Chiude la sua relazione parlando di alcune misure che occorre eseguire sugli impianti ad onde convogliate.

«*L'isolamento ed il coefficiente di attenuazione nelle linee telefoniche ad onde convogliate*» formano l'argomento della relazione presentata dall'*ing. G. Crivellari*. Illustrate le relazioni che regolano la trasmissione delle correnti portanti ad alta frequenza sulle linee telefoniche ordinarie, l'A. espone alcuni dati sperimentali di conduttanza superficiale ad a.f. a secco, umido e sotto pioggia, di alcuni tipi di isolatori telefonici, ponendo in evidenza l'influenza pratica, a frequenza crescente, della conduttanza delle linee telefoniche sul valore dell'attenuazione totale. Conclude auspicando ulteriori studi di carattere tecnico-economico sulla convenienza che può aversi a modificare gli attuali tipi di isolatori telefonici per migliorarne l'isolamento sotto pioggia ad alta frequenza.

De «*La valvola ionica nella tecnica della telefonia*» parla *R. Regnoni*. L'A. espone i più recenti perfezionamenti apportati alle valvole ioniche in genere ed a quelle applicate agli amplificatori telefonici in ispecie e le economie realizzabili nell'impianto e nell'esercizio delle stazioni amplificatrici principalmente coll'adozione delle lampade costruite secondo i criteri più recenti. Accenna alla connessione in relais per mezzo di cavi telefonici delle stazioni adibite al servizio della radiodiffusione ed agli speciali accorgimenti necessari per rendere i cavi adatti alle trasmissioni musicali. Descrive infine sommariamente due esempi di applicazione delle valvole ioniche come apparecchi di misura di recente costruzione e di grande utilità nella tecnica telefonica.

d) *Varie.*

Il rapporto del *prof. E. Pugno Vanoni* descrive le svariate «*Applicazioni radiologiche dei tubi ionici ed elettronici*». Le valvole rettificatrici, sia ioniche che termoioniche, vengono usate negli apparecchi rettificatori ad altissima tensione. I tubi generatori di radiazioni Roentgen divisi nelle due grandi categorie di tubi ionici e termoelettronici, vengono studiati dettagliatamente nelle diverse forme che assumono per servire tanto agli scopi medici (diagnostica e terapia), quanto a quelli fisici (metallografia e cristallografia). Particolare rilievo viene dato alla parte relativa ai moderni tubi autoprotetti contro la radiazione e i pericoli di elettricità ed a quella che riguarda i modernissimi tubi in istudio atti a funzionare sino a tensioni di due milioni di Volta. La relazione si chiude con dati relativi ai tubi ad effetto autoelettronico e a quelli per raggi lenard.

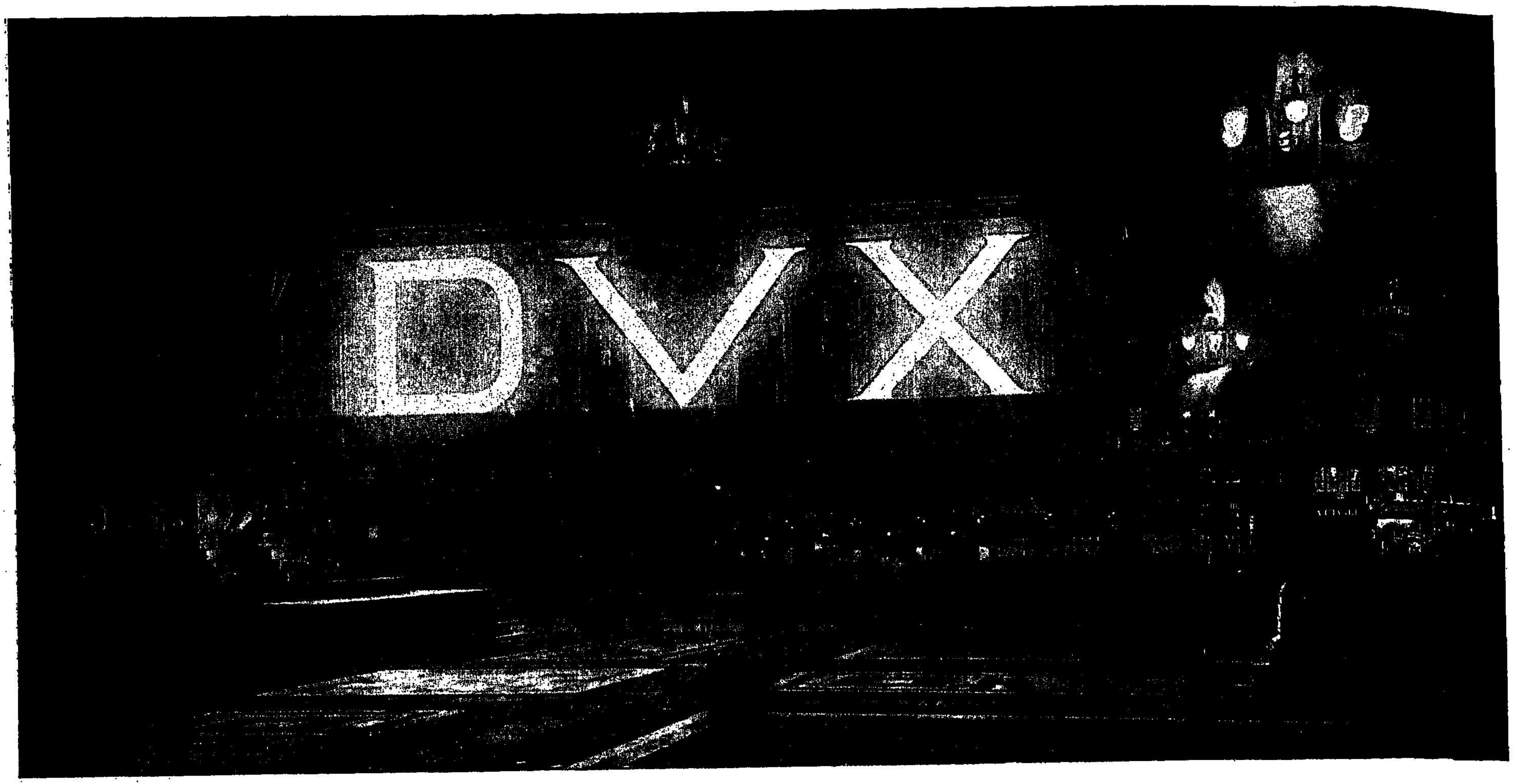
Le «*Applicazioni delle lampade a luminescenza*» vengono illustrate da *G. Sacerdote*. Queste lampade trovano principale impiego a scopi di illuminazione decorativa e pubblicitaria; recenti ricerche fanno prevedere un loro prossimo importante sviluppo nel campo dell'illuminazione normale. Particolari tipi di lampade vengono usati per la televisione, la telefotografia e la registrazione fotografica dei suoni. Altre applicazioni delle lampade a luminescenza vengono fatte per apparecchi di misura e tipi particolari sono stati studiati come regolatori di tensione. Il fenomeno della differenza fra tensione di innesco e disinnesco della scarica viene utilizzato per costruire semplici oscillatori a rilassamento che trovano svariate applicazioni; le lampade a scarica con griglia di controllo funzionano da relais sensibilissimi.

Il *prof. dott. G. Todesco* riferisce invece sulle «*Applicazioni tecniche delle correnti fotoelettriche*» e considera i vari tipi di cellule oggi esistenti in commercio, che si basano sulla razionale utilizzazione dell'effetto fotoelettrico nelle sue varie manifestazioni (effetto esterno, interno, misto). Riporta alcuni dati caratteristici di funzionamento per ciascun tipo di cellula e descrive quindi le principali applicazioni tecniche delle correnti fotoelettriche, con particolare riguardo ai dispositivi già entrati nell'uso corrente dei vari rami dell'industria (analizzatori fotoelettrici di colore, colorimetria e dosaggio fotoelettrico delle soluzioni, controllo fotoelettrico della illuminazione stradale e di ambienti, contatori fotoelettrici, sbarramenti fotoelettrici, indicatori fotoelettrici della torbidità dei fluidi, scelta e separazione fotoelettrica di oggetti).

L'*ing. C. Calosi* illustra una particolare «*Applicazione di una cellula fotoelettrica a una ricerca fotometrica*» e descrive un dispositivo sperimentale per la determinazione dell'ampiezza delle variazioni di temperatura e intensità luminosa di un filamento di lampada ad incandescenza alimentata a tensione alternata. Il dispositivo si serve di una cellula al potassio, la cui corrente, opportunamente amplificata, viene analizzata all'oscillografo. Espone un procedimento per la lettura degli oscillogrammi che consente di amplificare in misura diversa la componente unidirezionale e quella oscillatoria della corrente fotometrica, ottenendo così maggior precisione.

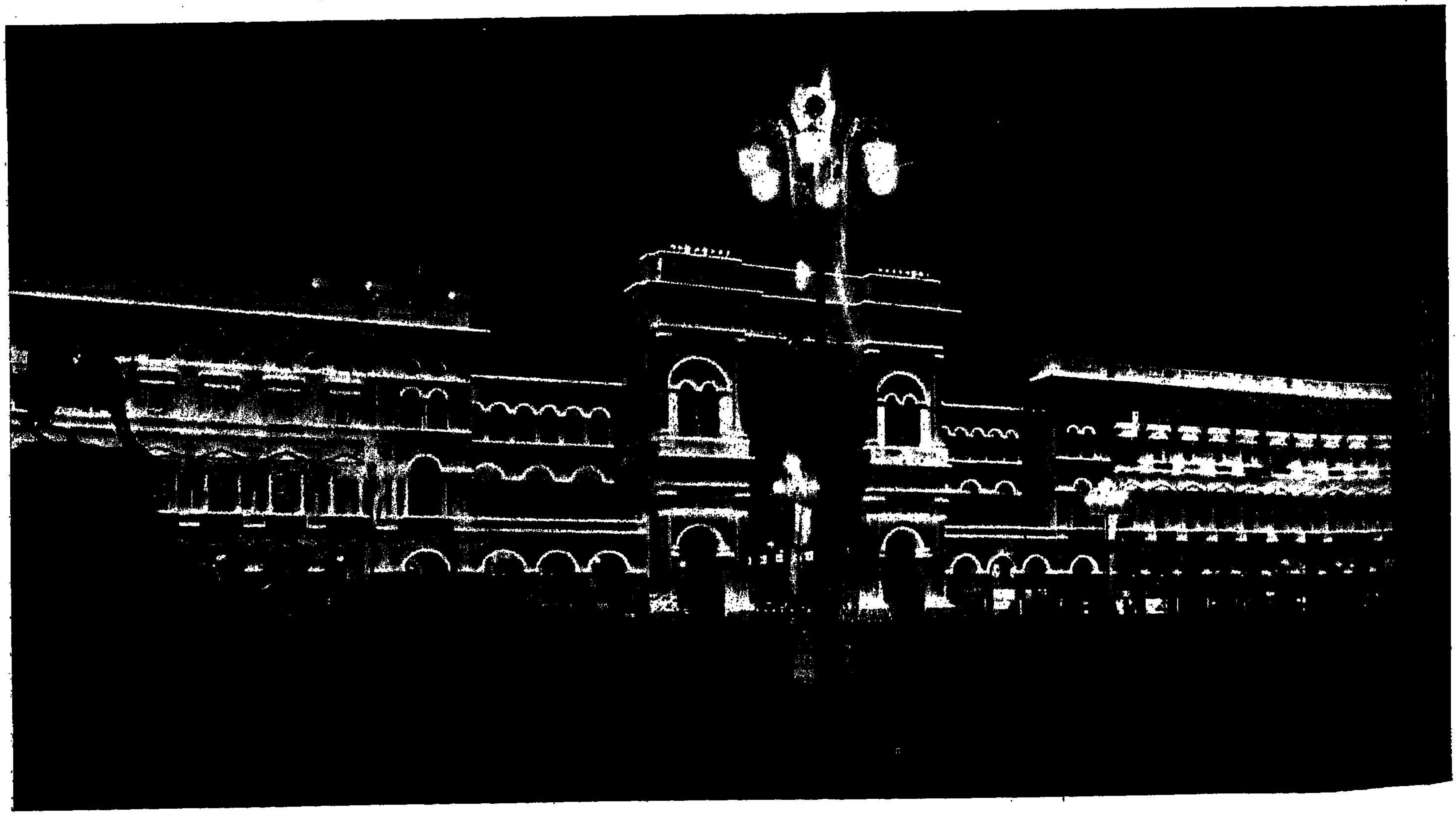
***

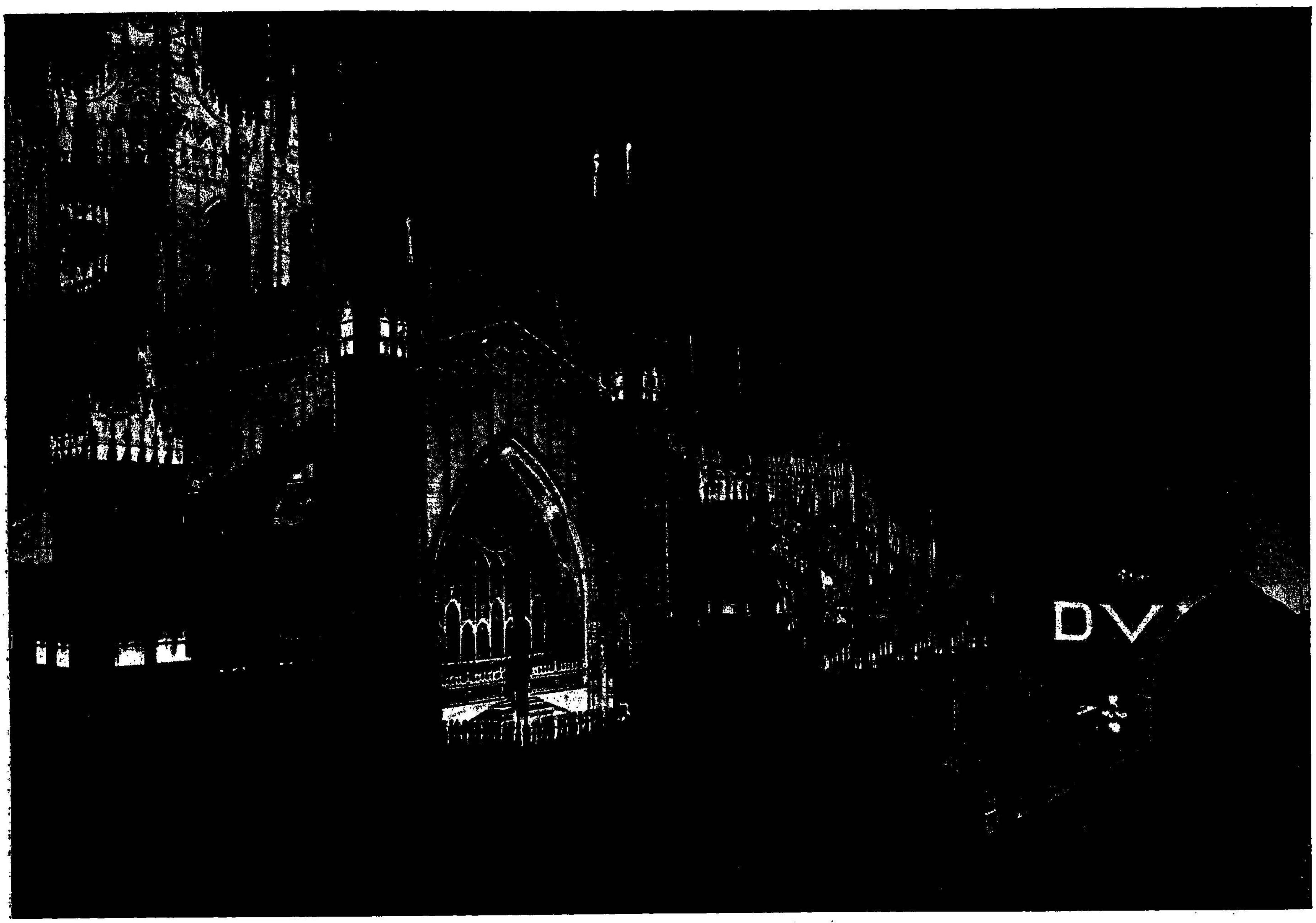
Nel corso della Riunione ebbero luogo diverse visite tecniche agli stabilimenti industriali (Richard Ginori, Officine Galileo, ecc.), alla centrale termica e alle miniere di lignite di Castelnuovo dei Sabbioni e agli impianti di Larderello. Non poteva naturalmente mancare il lato artistico del programma, in una regione come la Toscana, così ricca di tesori d'arte. Oltre Firenze e i suoi dintorni, Siena, S. Gimignano, Volterra, Pisa, Lucca e Pistoia, furono mete di molti Congressisti.



# L'illuminazione di Milano per il Decennale

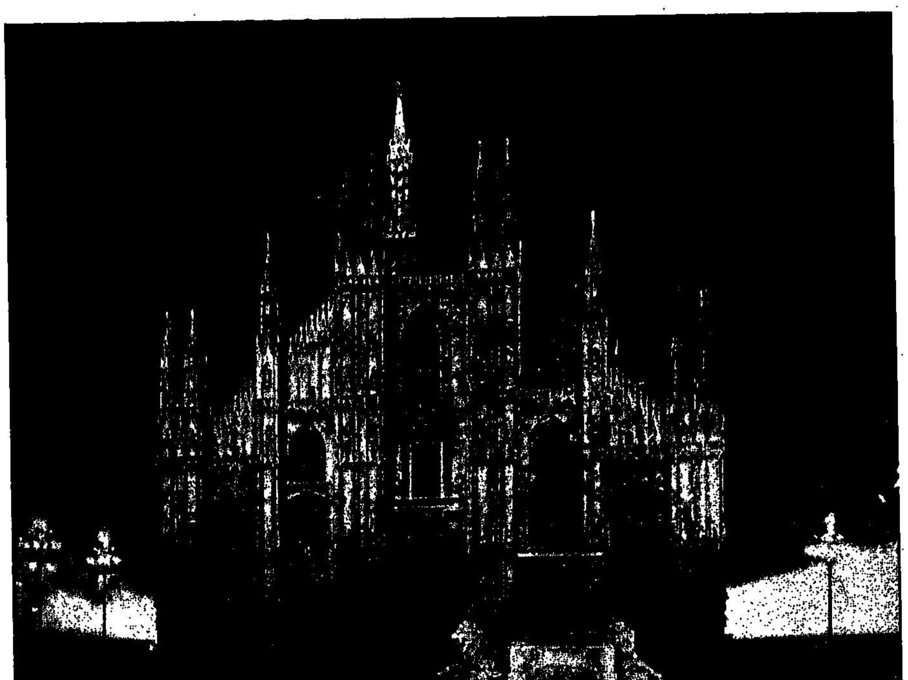
Tra le innumerevoli espressioni di giubilo popolare per la ricorrenza del Decennale della Marcia su Roma non è mancata in tutte le città d'Italia la nota vivace di straordinarie illuminazioni di Piazze e Monumenti. Tra queste una ha richiamato in modo particolare l'attenzione ed è stata l'illuminazione a giorno della Piazza del Duomo di Milano e delle sue adiacenze, effettuata il 25 ed il 28 ottobre, in occasione della visita del Duce a Milano e del Decennale. L'illuminazione, ideata dal Prof. Albino Pasini, Presidente dell'Azienda Elettrica Municipale di Milano, è stata eseguita sotto la direzione sua e






dell'Ing. Cattaneo, Direttore Generale dell'Azienda stessa, ed è riuscita imponente per la grandiosità dei mezzi adoperati e per gli effetti ed il successo conseguiti.

Per lo scopo l'Azienda Elettrica Municipale e la Società Edison — che ha portato il suo contributo alla manifestazione predisponendo l'illuminazione delle guglie del Duomo e di una parte dei Portici Settentrionali — hanno dovuto notevolmente aumentare la potenza normalmente disponibile nella località, raddoppiando quella delle quattro sottostazioni esistenti nelle immediate adiacenze e creandone una nuova provvisoria a 9000 / 160 V al passaggio degli Osii: in totale si disponeva di oltre 2000 kVA coi quali si è potuto sopperire ai bisogni dell'illuminazione straordinaria e a quelli ordinari degli utenti normali.



Sul lato della Piazza di fronte al Duomo 600 000 candele ripetevano in lettere alte 15 metri il nome del Capo: *D U X*. Una fiamma che richiedeva 50 kW, divampava imponente alla sommità dello stesso palazzo.

Diecimila lampade da 200 candele, sostenute da 5 km di aste di legno, mettevano in rilievo le particolarità architettoniche dei due Palazzi dei Portici e dell'arco della Galleria, mentre 16 fari fotoelettrici da 90 cm e da 20 000 candele ciascuno creavano tra le colonne e le finestre dei palazzi stessi e sulla facciata e i fianchi del Duomo un riuscito effetto lunare.

Altri 32 proiettori illuminavano il Duomo dalla sommità della Galleria; 40 erano piazzati sul Palazzo Reale; 14 sul palazzo di fronte al Duomo; 30 in piazza Camposanto per l'illuminazione dell'Abside; 200 proiettori sul Duomo stesso e 600 grandi lampade servivano per l'illuminazione delle guglie e della falconatura.

Uno speciale gruppo a corrente continua alimentava altri 8 proiettori da cm 75 e da 8000 candele ciascuno piazzati ai due lati del Duomo. Tra tutti, i proiettori sorpassavano il milione di candele. Tutto il lavoro occorrente fu eseguito in tre giorni e tre notti con la mobilitazione di tutti i mezzi disponibili.

Riportiamo alcune fotografie della grandiosa illuminazione, accesa subito dopo la fine del discorso del Duce al popolo di Milano, la quale suscitò vivissima ammirazione nella enorme folla raccolta nella piazza e fu meta, per tutta la serata del 25 e per la successiva del 28, di un vero pellegrinaggio popolare.

*(La prima fotografia ci venne favorita dalla Azienda Elettrica Municipale di Milano, le altre dal fotografo Flecchia).*

# DIRITTO E GIURISPRUDENZA

AVV. ANNIBALE GILARDONI
PROF. NEL R. POLITECNICO DI MILANO

## Amnistia e indulto per il decennale e industrie elettriche

SOMMARIO

I. – Schema del contenuto del D. R. 5 novembre 1932, n. 1403.
II. – Amnistia e indulto: limiti di applicazione del D. R. n. 1403.
III. – Applicazione per i reati che possono interessare genericamente l'industria elettrica.
IV. – Applicazione dell'amnistia e dell'indulto per reati che possono interessare specificamente l'industria elettrica.
V. – Applicazione per i reati a danno dell'industria elettrica.
VI. – Applicazione per le contravvenzioni previste dal cod. pen. che interessano l'industria elettrica.
VII. – Applicazione per le violazioni previste dalle leggi finanziarie. Osservazioni generali.
VIII. – Applicazione per le violazioni della legge doganale.
IX. – Applicazione alle violazioni della legge per l'imposta di consumo dell'energia elettrica.
X. – Applicazione alle violazioni della legge per l'imposta di consumo sugli organi di illuminazione.
XI. – Applicazione alle violazioni delle leggi sul bollo e registro e in surrogazione del bollo e registro.
XII. – Applicazione alle violazioni delle leggi sulle imposte dirette ordinarie (omissione di denuncie obbligatorie e mancata osservanza degli obblighi per le ispezioni e interventi delle Commissioni e uffici delle imposte).
XIII. – Limite unico di tempo per i fatti e le violazioni previste dal R. D. 5 novembre 1932, n. 1403.
XIV. – Riassunto.

### I. – SCHEMA DEL CONTENUTO DEL D. R. 5 NOVEMBRE 1932, N. 1403.

Con R. D. 5 novembre 1932, n. 1403 (*Gazz. Uff.* 7 novembre, n. 256) è stato promulgato il provvedimento di amnistia per il Decennale che «sta ad indicare non soltanto un evento fausto e memorabile, ma tutto un periodo di alto fervore spirituale, di ricostruzione economica, di rinascita politica». (Relaz. a Sua Maestà il Re preposta al Decreto di amnistia).

Il provvedimento, che contiene un atto di generosità e di clemenza verso coloro che sono incorsi nelle sanzioni della legge, ha una tripartizione:

*a*) reati in generale (art. 1 e 2);

*b*) pene pecuniarie e altre sanzioni disciplinari e trasgressioni commesse da militari in servizio e in congedo (art. 5 e 6);

*c*) violazioni delle leggi finanziarie (art. 13 e 14 a 20).

Il decreto di amnistia può essere esaminato per quanto può interessare le industrie elettriche, e, sotto questo aspetto, devesi applicare l'indagine tanto per ciò che si riferisce ai reati previsti dal codice penale e dalle altre leggi, quanto per ciò che si riferisce alle violazioni delle leggi finanziarie.

Naturalmente sono estranee a questo esame le disposizioni d'ordine disciplinare e le trasgressioni commesse da militari.

### II. – AMNISTIA E INDULTO. LIMITI DI APPLICAZIONE.

Per ciò che riguarda *i reati in generale* è da premettere quanto è già noto per le numerose spiegazioni date dai comunicati ufficiali e dalla stampa politica.

Per tali reati si prevede la amnistia e l'indulto; inutile ricordare che tra i due benefici corre una distinzione sostanziale e formale.

L'*amnistia* abolisce l'azione penale e la condanna; e infatti l'art. 151 del cod. pen. dichiara che «l'amnistia estingue il reato e, se vi è stata condanna, fa cessare l'esecuzione della condanna e le pene accessorie».

L'*amnistia* fa cessare ogni provvedimento atto a promuovere o proseguire l'azione penale in qualsiasi grado di giurisdizione e spoglia il giudice penale di ogni sua funzione.

Il *condono* o *indulto*, mantiene immutata l'azione penale, ma ordina di non eseguire o modifica la pena già inflitta, pur non sospendendo o ponendo nel nulla il reato, il procedimento e la condanna.

L'amnistia, entro i limiti della sua estensione annulla quindi il procedimento penale e la sentenza, l'indulto condona o commuta la pena. L'art. 174 del Cod. pen. dichiara infatti che «l'indulto o la grazia condona, in tutto o in parte, la pena inflitta o la commuta in un'altra specie di pena stabilita dalla legge.

Fatta questa osservazione preliminare, richiamasi quanto in ordine ai reati predetti dichiara la Relazione a Sua Maestà il Re: «L'art. 1 concede *amnistia* per tutti indistintamente i «reati, rispetto ai quali la legge commina una pena detentiva «non superiore, nel massimo, a cinque anni, ovvero la pena «pecuniaria.»

E la Relazione spiega successivamente, in ordine all'*indulto* che «con l'art. 2 vengono condonate le pene detentive inflitte «in misura non superiore a tre anni. Sono poi ridotte di tre «anni le pene inflitte in misura non superiore a 10 anni. Se «la pena inflitta è superiore a 10 anni, essa è ridotta di cinque «anni.». Se è superiore a 10 anni la pena inflitta non può ridursi però a misura inferiore a sette anni.

Il condono si estende alle pene accessorie pecuniarie, alla interdizione temporanea dei pubblici uffici, alla interdizione temporanea da una professione o da un'arte e alla inabilitazione della professione di commerciante.

Da questo beneficio sono eccettuati i colpevoli di reato di tradimento, rivolta, diserzione o mutilazione volontaria, coloro cui fu applicata l'amnistia del 1919, i colpevoli di codardia, spionaggio, arruolamento illecito previsto dalle leggi penali e militari, i latitanti, gli ammoniti, i confinati (art. 4 e 12) o coloro che abbiano alla data del 4 novembre 1932, riportato due condanne per delitti con applicazione di pene detentive di cui una superiore a tre mesi, ovvero tre o più condanne per delitti qualunque sia la misura della pena.

### III. – APPLICAZIONE PER I REATI CHE POSSONO INTERESSARE GENERICAMENTE L'INDUSTRIA ELETTRICA.

Possono tali disposizioni riguardare l'industria elettrica?

Occorre distinguere i reati (delitti e contravvenzioni) che riguardano fatti comuni e personali, da quelli che riguardano il prevenuto in quanto egli sia industriale, esercente, utente, intermediario, compratore di energia elettrica o comunque dipendente da Ditta, Impresa o Società elettrica.

Della prima categoria di reati non è il caso di occuparsi.

Per la seconda, occorre richiamare un'altra pubblicazione in questa Rivista (*La industria elettrica e il nuovo Codice Penale* in *Energia Elettrica*, agosto 1931), nella quale si indicavano i reati che interessano le aziende elettriche. Seguendo quella enumerazione può dirsi che, in generale, l'amnistia si applica per tutti i reati previsti dal Codice Penale quando il prevenuto sia in genere un industriale e quando il prevenuto agisca più precisamente in occasione dell'esercizio di produzione o di distribuzione di energia elettrica.

Esiste poi, sempre in materia elettrica, colui che usa illegalmente o danneggia gl'impianti di produzione o di distribuzione dell'energia elettrica.

Sono reati industriali in genere e ad essi l'amnistia o l'indulto si applicano, lo *sciopero* (art. 502-505 Cod. Pen.) la *serrata* (art.

502-506); l'*invasione e occupazione* di aziende e il *sabotaggio* (art. 508); l'*inosservanza dei contratti di lavoro* ovvero delle *norme degli organi corporativi e delle decisioni del Magistrato del lavoro* sui *rapporti collettivi* (art. 509); il beneficio si applica anche per le controversie relative a disciplina del lavoro, alla *distruzione di materie o prodotti industriali o di mezzi di produzione* (art. 499).

Per tutti questi reati la pena massima comminata è rispettivamente: quella della reclusione fino a tre anni e della multa non inferiore a L. 10 000; della reclusione da sei mesi a quattro anni e la multa fino a L. 5000; della multa fino a L. 5000, della reclusione da tre a dodici anni e della multa non inferiore a L. 20 000, secondo i rispettivi casi.

Ricordisi poi che l'art. 511 Cod. Pen. dispone che: « Le pene stabilite per i delitti preveduti dagli art. 502 e segg. sono *raddoppiate* per i capi, promotori e organizzatori ».

Altra categoria di reati del lavoro (industria e prestazione d'opera) a cui il recente decreto è applicabile è quella della *frode in commercio* (art. 515 Cod. Pen.) di *turbamento di libertà dell'industria* (art. 513), di *frode contro le industrie nazionali* (art. 514), di *vendita di prodotti industriali con segni mendaci* (art. 517).

Anche per tutta questa seconda categoria di reati la pena massima comminata è rispettivamente: della reclusione fino a due anni per i primi due reati; della reclusione da uno a cinque anni per la frode contro le industrie nazionali; della reclusione fino a un anno per l'ultimo reato.

Per tutti questi reati si rientra quindi nel limite massimo di cinque anni previsto dall'art. 1 del decreto 5 nov. 1932, n. 1403 per l'applicazione dell'amnistia. Per i casi in cui sarebbe applicabile l'indulto valgono i limiti fino a tre anni, o della riduzione di tre e cinque anni, per le pene detentive superiori a 5 anni.

## IV. – Applicazione dell'amnistia e dell'indulto per reati che possono interessare specificatamente l'industria elettrica.

Devesi ora considerare l'applicazione dell'amnistia o dell'indulto a reati nei quali può incorrersi più specificatamente per fatti attinenti all'esercizio dell'industria elettrica. Fra questi devonsi considerare le seguenti categorie: *a*) *reati contro la persona* e tra questi l'*omicidio colposo* (art. 589, reclusione da sei mesi a cinque anni); *lesione personale* (art. 582 reclusione da tre mesi a tre anni, se produttiva di malattie di mente o di corpo); *la lesione personale colposa* (art. 590 reclusione fino a tre mesi ovvero multa fino a L. 5000) e l'*omissione di soccorso di persona inanimata, ferita o altrimenti in pericolo* (art. 593, reclusione fino a tre mesi, ovvero multa fino a Lire 3000). Vi sono poi i reati sempre contro la persona, di *ingiusto danno* (art. 612, multa fino a lire 5000); di *violenza privata* (art. 610 reclusione fino a quattro anni); e di *violazione di domicilio* (art. 614 reclusione fino a tre anni).

*b*) Per la categoria dei reati *contro il patrimonio*, l'amnistia o l'indulto possono applicarsi ai reati di *sottrazione di cose comuni* (art. 627 reclusione fino a due anni ovvero multa da L. 1000 a L. 10 000), di *estorsione* (art. 629, reclusione da tre a dieci anni e multa da L. 5000 a L. 20 000).

Sempre nella stessa categoria di reati per cui si applica l'amnistia o l'indulto sono i reati di *usurpazione* (art. 631, reclusione fino a tre anni e multa fino a L. 10 000) di *deviazione generica di acque* o *modificazioni di luoghi* (art. 632, reclusione fino a tre anni e multa fino a L. 10 000) di *invasione di terreni o di edifici* (art. 633 reclusione fino a due anni e multa fino a L. 10 000), di *turbativa di possesso* e di *ingresso abusivo nel fondo* (art. 635 e 637, multa fino a L. 1000).

Fra i delitti contro il patrimonio mediante frode può ricordarsi la applicabilità dell'amnistia per il caso di *insolvenza fraudolenta* (art. 641, reclusione fino a due anni e multa fino a L. 5000).

Altri reati sempre in occasione dell'esercizio di un'industria, e più propriamente dell'industria elettrica, può ricordarsi, sempre per lo stesso titolo di applicazione dell'amnistia e dell'indulto, il *falso in scritture o notificazioni*, nel quale si incorre scrivendo o lasciando scrivere false indicazioni nei registri obbligatori per la legge (registri di operai, notifiche direttori stranieri, art. 484, reclusione fino a sei mesi ovvero multa fino a L. 3000).

Sempre nello stesso ordine di reati stanno i delitti colposi di aver dato luogo a *incendio o altro disastro* (art. 499, reclusione da uno a cinque anni e col raddoppiamento della pena se trattasi di delitto ferroviario o di nubifragio o di caduta di aeromobile destinato al trasporto di persone), *pericolo di disastro ferroviario, inondazione o nubifragio* (art. 450, reclusione fino a due anni); *omissione colposa di cautele* a difesa e prevenzione di *disastri e infortuni sul lavoro* (art. 451, reclusione fino a un anno, multa da L. 1000 a L. 5000).

E debbono ricordarsi pure i reati di *contraffazione di carte di pubblico credito e quindi anche di titoli azionari* (art. 460, reclusione da due a sei anni, multa da L. 3000 a L. 10 000). *di uso o detenzione di misure o pesi con falsa impronta* (art. 472, reclusione fino a sei mesi e multa fino a L. 5000) o *di contraffazione, alterazione, ed uso di segni distintivi di opere dell'ingegno e di prodotti industriali* (art. 473, reclusione fino a tre anni e multa fino a L. 20 000).

Sempre sotto il profilo dell'amnistia e dell'indulto possono ricordarsi: i *reati di frode processuale*, generica e specifica (art. 374, reclusione da sei mesi a tre anni), *subornazione di testi e periti* (art. 377, reclusione da sei mesi a tre anni), di *infedeltà* del difensore, del perito e del consulente tecnico (art. 380, 381, reclusione da uno a tre anni e multa non inferiore a lire 5000).

Altra categoria di reati nei quali può incorrersi nell'esercizio della industria elettrica e a cui applicasi il recente provvedimento sono quelli di *esercizio arbitrario delle proprie ragioni* (art. 392, multa fino a L. 5000) e di *violenza nelle persone* (art. 393, reclusione fino a un anno).

Una categoria particolare di reati industriali nei quali può incorrersi per l'esercizio dell'industria elettrica è quella propria di *frode, sospensione, interruzione nelle forniture pubbliche* (art. 355), nei *servizi pubblici* e nel *servizio di pubblica necessità* art. da 330 a 359 e art. 462, 465, 466, 482, 487, 625, 632 Cod. Pen.).

## V. – Applicazioni dell'amnistia e dell'indulto per delitti a danno dell'industria elettrica.

Nell'esercizio delle industrie elettriche può incorrersi non soltanto in reati attivi, ma negli effetti di reato a danno delle industrie medesime.

Tali sono il *furto di energia elettrica* (art. 624, reclusione fino a tre anni e multa fino a L. 5000), l'*incendio* (art. 429, reclusione da sei a due anni); il *danneggiamento di dighe, argini, chiuse*, (art. 427, reclusione da uno a cinque anni e, se il disastro si verifica, da tre a dieci anni); l'*inondazione* (art. 427, reclusione da cinque a dodici anni); la *deviazione di acque* (art. 632, reclusione fino a tre anni e multa fino a L. 10 000), l'*attentato alla sicurezza degli impianti elettrici* (art. 433, reclusione da uno a cinque anni e se dal fatto deriva un disastro, da tre a dieci anni).

In tutti questi casi, siasi o non proceduto su denunzia, su istanza o su querela, si applica l'amnistia o l'indulto a seconda dei casi, cioè a secondo del limite massimo della pena comminata, e a seconda dello stadio processuale dell'istruttoria.

## VI. – Applicazione per le contravvenzioni previste dal Codice Penale che interessano l'industria elettrica.

Questo per i *delitti*; per quanto riguarda le *contravvenzioni* nelle quali può incorrersi nell'esercizio dell'energia elettrica deve ricordarsi, sempre per quanto dispone il codice penale, quella *concernente la polizia di sicurezza l'ordine pubblico o l'igiene* (art. 650, arresto fino a tre mesi e ammenda fino a L. 2000) o *quella di rifiuto di prestar opera o dare informazioni*, richieste da pubblico ufficiale (art. 652, arresto fino a tre mesi ovvero ammenda fino a L. 3000); l'*annuncio di disastri o pericoli inesistenti* (art. 658 arresto fino a sei mesi ovvero ammenda da L. 100 a L. 5000) ;la *remozione di segnali* (art. 673, arresto fino a tre mesi o ammenda fino a L. 5000); il *gettito pericoloso di cose su luoghi di pubblico transito o in luogo privato altrui* (art. 674, arresto fino a un mese ovvero ammenda fino a L. 2000); la *posa di cose su strada senza le debite cautele* (art. 675, ammenda fino a L. 1000); l'*aver avuto parte in progetti o lavori di edifici o costruzioni che poi, per colpa del progettista o partecipante (direttore, assistente, costruttore )rovini* (art. 676, ammenda non inferiore a L. 1000 e se siane derivato pericolo alle persone, arresto fino a sei mesi, ovvero ammenda non inferiore a lire 3000); l'*omissione di provvedimenti per lavori necessari in un edificio che minacci rovina* (art. 676, ammenda fino a L. 3000); così anche il *deposito di esplosivi senza licenza* (art. 678, arresto fino a sei mesi e ammenda fino a L. 2000); la *omessa denuncia di materie infiammabili* (art. 679, arresto fino a quattro mesi ovvero ammenda fino a L. 3000); la *distruzione di bellezze naturali dei luoghi* (art. 734, ammenda da L. 500 a L. 3000).

Oltre a queste contravvenzioni, previste dal Codice Penale, vi sono tutte quelle previste dalle leggi speciali, per le quali sarebbe difficile una enumerazione se non completa, neppure approssimativa.

Tra le contravvenzioni delle leggi speciali che il R. D. del 5 novembre 1932 cita particolarmente. vi è quella prevista

dalle leggi del 1921 e del 1929 relative all'*assunzione obbligatoria di invalidi di guerra e di orfani di guerra*, che la legge di amnistia nomina *per escluderle dal beneficio dell'amnistia medesima*.

VII – Violazioni alle leggi finanziarie.

Esistono ora le applicazioni dell'amnistia alle violazioni delle leggi che il decreto del 5 nov. 1932 ha denominato « leggi finanziarie » e che non definisce testualmente. La denominazione comprende evidentemente le pene in materia di imposte, tasse contributi, monopolii, demanii, entrate patrimoniali, debito pubblico, prestiti di Enti pubblici. Tale induzione è tratta da questa esplicazione della Relazione a Sua Maestà il Re, che così dice: « le violazioni delle *leggi finanziarie*, sono prevedute « negli art. 13 e 20; le precedenti disposizioni del decreto non « riguardano quindi, come è evidente, *la materia finanziaria*. « I singoli articoli specificano in modo chiaro e preciso i fatti « ai quali si estende il beneficio. Non appare pertanto necessario « di passare all'esame analitico di ciascuna norma, ma sarà « opportuno esporre alcune considerazioni di carattere generale. « Innanzi tutto si è ritenuto di concedere l'amnistia, anzichè « l'indulto, per seguire, anche per le violazioni alla legge finan- « ziaria, quello spirito di grande generosità, a cui è ispirato que- « sto atto di clemenza. Con ciò si è voluto in pari tempo evi- « tare l'inizio o la continuazione di lunghe procedure, le quali « finiscono con l'intralciare i *normali servizi dell'Amministra- « zione finanziaria*..... Attesa la particolare natura delle accen- « nate violazioni, non si è creduto opportuno di escludere dal « beneficio coloro che si trovassero nelle condizioni previste « dall'art. 4. Tale esclusione avrebbe in ogni caso richiesto « indagini lunghe e difficili da parte degli *organi finanziari* ».

A proposito della comprensione della dizione « leggi finanziarie » potrebbe peraltro richiamarsi la legge 7 gennaio 1929, n. 4 che reca « norme per la repressione delle violazioni delle *leggi finanziarie* », ma il richiamo, ai fini interpretativi, non sarebbe esauriente, in quanto secondo l'art. 1°, detta legge dichiara testualmente la applicazione alle violazioni delle leggi finanziarie « *relative ai tributi dello Stato* » cioè ad una *categoria* di leggi finanziarie e precisamente ad una categoria di leggi *tributarie* propriamente dette.

Posto dunque che non esiste nel diritto positivo, e forse neppure nel linguaggio tecnico scientifico, la definizione precisa e completa di « legge finanziaria », è possibile dedurne il contenuto dalla enunciazione di « materia finanziaria » di riferimento a « servizi dell'Amministrazione finanziaria » e ad « organi finanziari » nella Relazione pel recente provvedimento di amnistia e di indulto. Del resto, ai fini dell'amnistia, vale la specifica enunciazione delle singole testuali disposizioni a cui, secondo il recente provvedimento, il beneficio viene ad essere dichiarato applicabile.

L'applicazione dell'amnistia alle violazioni alle leggi finanziarie ha una premessa, una condizione principale e una modalità.

La premessa si è che alle violazioni alle leggi finanziarie non è applicabile l'amnistia e l'indulto disposto per i reati in genere (art. 13 del D. R. 5 nov. 1932, n. 1403) e questo si precisa per esclusione; il legislatore dice cioè sostanzialmente che ai reati previsti dal codice penale o da altre leggi si applica l'amnistia e il condono secondo gli art. 1 e 2 del Decreto 5 nov. 1932, mentre alle violazioni delle leggi finanziarie si applicano le disposizioni sugli art. 13 a 20 del Decreto stesso.

La condizione principale si è che l'amnistia per una certa categoria di violazioni (bollo, registro, tasse in surrogazione, prescrizioni per i bilanci) « *non ha effetto se entro il 31 gennaio 1933 non siano pagate integralmente le tasse dovute e non siano inoltre adempiute nello stesso termine le relative formalità stabilite dalle leggi rispettive* ». Così all'art. 18 del decreto di amnistia e di indulto. Per certe altre violazioni (omessa dichiarazione di redditi, occultamento dello stato di celibato ai fini di omissione di pagamento della tassa speciale, mancata osservanza delle disposizioni delle Commissioni amministrative) è prescritta la modalità che non sia stato iniziato l'accertamento d'ufficio e che i contribuenti presentino la dichiarazione entro il 31 dicembre 1932 (art. 20, ult. Capov.).

Ciò detto si debbono esaminare distintamente i vari casi di applicazione di amnistia per le violazioni alle varie leggi finanziarie che particolarmente interessano le industrie elettriche.

VIII. – Violazioni alle leggi doganali.

L'art. 16 del R. D. 5 nov. 1932, n. 1403 così dispone: « È concessa amnistia per le violazioni delle norme appresso indicate..... (segue elenco e alla lettera *a*) si specifica):

*a*) legge doganale 26 gennaio 1896, n. 20, modificata con R. D. 2 settembre 1923, n. 1960 e con legge 29 nov. 1928, n. 2676; art. 81 (intendesi della legge doganale) differenza fra le merci presentate e le relative dichiarazioni. art. 82, differenze rispetto bollette campioni. art. 84, 1° comma, differenze riscontrate nei depositi; art. 87, 88, 89, 90, 91 bis contravvenzioni disciplinari.

Queste disposizioni possono riguardare l'industria elettrica, in quanto nelle contravvenzioni alle disposizioni citate, le Ditte esercenti possono essere incorse per merci o macchine importate dall'estero.

Lo stesso art. 16 dichiara inoltre che « è concessa amnistia « per le violazioni delle norme appresso indicate..... *c*) art. 3 « del R. D. Legge 11 nov. 1926, n. 1922, relativo a differenze « *per inesatte* dichiarazioni ai fini « statistici », reato che, a norma di detto art. 3 è punito con pena pecuniaria da L. 20 a L. 500. Queste dichiarazioni statistiche, riguardano esclusivamente dichiarazioni doganali.

Rimangono quindi escluse le altre violazioni previste dal citato art. 3 e cioè « inesatta o falsa dichiarazione delle merci in importazione » per le quali si applica la stessa pena, salve le disposizioni che regolano « agli effetti fiscali, i casi di inesattezza o differenza di dichiarazione della quantità, qualità e valore delle merci ». In questi casi non si applica amnistia.

IX. – Violazioni della legge sull'imposta di consumo dell'energia elettrica.

Il testo dell'art. 16 del recente decreto è così formulato: « È « concessa amnistia per le violazioni alle norme appresso indi- « cate..... *g*) art. 21 del T. U. di leggi per l'imposta di consumo « della energia elettrica ».

Questo art. 21 è così concepito: « art. 21 (art. 1 n. 8 § 2 dell'allegato D. al R. D. 19 novembre 1921, n. 1592). *Le contravvenzioni non espressamente previste* nella presente legge e le infrazioni alle discipline del Regolamento sono punite con multa da L. 10 a L. 300 ».

Queste e non altre sono quindi le contravvenzioni che avranno il beneficio dell'amnistia. Quali sono le contravvenzioni escluse?

Per il rilievo fattone dal Testo Unico, sarebbero escluse le seguenti contravvenzioni: 1°) attivazione dell'officina dell'energia elettrica senza licenza (art. 20, lett. *a*); 2° manomissioni di congegni, contrassegni, bolli o suggelli applicati dall'amministrazione, salvo i casi di necessità (art. 20, lett. *b*); 3°) omissione o infedeltà delle dichiarazioni ai fini del pagamento della tassa in abbonamento (art. 20, lett. *c*); 4°) omissione o infedeltà nelle variazioni successive alla dichiarazione originaria (art. 20, lett. *d*); 5°) ostacolamento all'ingresso di funzionari e agenti governativi nelle officine e locali annessi o impedimento ad essi del libero esercizio delle loro attribuzioni (art. 20, lett. *e*); 6°) fatto commesso da colui che alteri o violi i suggelli applicati per la misurazione, riscontro o sicurezza, ovvero che utilizzi l'energia soggetta ad imposta (*sic*) in circuiti destinati all'utilizzazione di energia ceduta per usi esenti da tributo (art. 20, secondo capov.); 7°) rilascio di bollette agli utenti con liquidazione di imposta non dovuta.

Per queste contravvenzioni, *salve le maggiori pene stabilite dal codice penale* (si noti) si applica (art. 20, prima parte) la multa da L. 100 a L. 1000 nonchè la multa proporzionale del doppio al decuplo della imposta dovuta. Da tale disposto sembra possa derivare una duplice difficoltà: da un lato, elargendo l'amnistia per le violazioni alle leggi sulla imposta di consumo, limitatamente all'art. 21 del T. U. del 1924, si concede il beneficio per casi non tassativamente nominati e difficilmente accertabili anche con accurata lettura del Testo Unico 1924. D'altro lato, e questo appare anche più incongruo, si verifica che se il prevenuto del reato è incorso per i fatti di cui sopra dal n. 1 al n. 7 in *un reato più grave della semplice contravvenzione* prevista dal T. U. del 1924, viene amnistiato perchè in proposito dispone l'art. 1 del decreto n. 1403, che benefica tutti gli imputati e condannati per reati per i quali la legge commina una pena detentiva non superiore nel massimo a cinque anni, mentre se il prevenuto è soltanto un contravventore alla legge sulla imposta di consumo dell'energia elettrica, per un caso non previsto dal citato art. 21 della legge speciale, cioè per uno dei sette casi di cui sopra, l'amnistia non viene applicata.

Ma esistono effettivamente casi *più gravi* di quelli enunciati dai N. 1 a 7 dell'art. 21 del T. U. 1924?

Per rispondere basta leggere il Codice Penale. Del resto, basta farsi il caso di un contravventore alle disposizioni per la violazione su sigilli previsto dalla legge del 1924 che abbia contemporaneamente falsificato i sigilli stessi. In questo caso (art. 468 Cod. Pen.) essendo incorso in una pena non superiore a

cinque anni, oltre alla pena pecuniaria, verrebbe compreso nella applicazione dell'amnistia o dell'indulto, mentre se avesse commesso il reato indubbiamente meno grave della rottura di sigilli, senza la successiva falsificazione, sarebbe escluso dal beneficio perchè il richiamo specifico del decreto 5 nov. 1932, non comprende il suo caso.

Altri esempi potrebbero farsi, per es. quello di riscossione abusiva di tassa senza altra aggravante (che è escluso dall'amnistia), mentre se tale riscossione è aggravata p. e. da falsificazione di registri e documenti (art. 482 Cod. Pen.), diventerebbe per questo solo compresa nell'amnistia o nell'indulto, perchè colpita da una pena massima non superiore a cinque anni.

Nel fare questo rilievo, debbo osservare quando per lo stesso fatto, concorre il reato di delitto e quello di contravvenzione può ritenersi applicabile il disposto dell'art. 81 Cod. Pen. (applicazione della pena più grave) ovvero di ambedue le pene (art. 74 e 75), ma quest'ultimo caso porta appunto alla conseguenza che è amnistiata la pena più grave e resta quella meno grave.

Deve aggiungersi qualche altra osservazione; è noto che l'imposta di consumo sull'energia elettrica per illuminazione è istituita in due quote: la prima (L. 0,03 per EWh) a favore dello Stato; la seconda (da L. 0,012 a L. 0,045 per EWh) a favore dei Comuni. Ora un qualunque fatto contravvenzionale fra quelli enunciati più sopra dall'art. 21 del T. U. della legge *sull'imposta governativa* di consumo dell'energia elettrica investe anche l'*imposta comunale* sulla stessa energia.

Ora la contravvenzione è amnistiata nel primo caso e non nel secondo, *benchè per lo più si tratti dello stesso fatto*, in quanto le due imposte governative e comunale prendono indice dallo stesso consumo. A tal proposito devesi richiamare che per l'art. 55 del T. U. 14 sett. 1931, n. 1175 per la finanza locale « è punito con la multa da una a dieci volte l'imposta dovuta, il produttore, il commerciante all'ingrosso e al minuto e, in generale, chiunque mediante atti fraudolenti, si sottrae o tenta di sottrarsi al pagamento dell'imposta ». La pena in questo caso non può essere inferiore a L. 50.

*E giova ricordare che il decreto di amnistia n.* 1403 *non ha previsto le pene contravvenzionali stabilite dalle leggi sulla finanza provinciale e comunale e, più specificamente dalle leggi tributarie e finanziarie locali* (*T. U.* 14 *sett.* 1931, *n.* 1175).

Sul che potrebbe auspicarsi un successivo provvedimento integrativo.

## X. — Violazioni alle leggi per l'imposta di produzione sugli organi di illuminazione.

Il recente decreto n. 1403 porta al suo art. n. 16 la seguente disposizione: « È concessa amnistia per le violazioni alle norme in appresso indicate.....L) art. 14 del testo unico di leggi per l'imposta di produzione sugli organi di illuminazione ».

Detto art. 14 è così concepito: « art.14 (art. 14 dell'allegato al R. D. 9 dic. 1923, n. 2710). Qualsiasi *altra contravvenzione alle disposizioni di carattere legislativo e al Regolamento per la loro esecuzione* è punito con una multa da L. 10 a L. 300 ».

Occorre quindi porre anzitutto in fermo che deve ricercarsi quali sono le *altre* contravvenzioni beneficiate dall'amnistia e quali invece sono escluse da tal beneficio. Occorre inoltre precisare quali disposizioni di carattere legislativo o regolamentare possono essere violate, e quindi escluse dall'amnistia.

Leggendo il T. U. 8 luglio 1924 (pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* 20 agosto 1924 *ma non nella Raccolta Ufficiale delle leggi e decreti*) si riscontra (art. 1) che l'imposta di *fabbricazione* (non di *produzione*) degli organi di illuminazione, che interessano l'industria elettrica è quella da L. 0,25 a L. 1 per le lampade da illuminazione a carbone da 10 a 110 Watt, quella da L. 0,25 a L. 6 per le lampade monowatt da 5 a oltre 500 Watt, quella da L. 0,25 a L. 10 per quelle ettowatt da 5 a oltre 500 Watt; e quella di L. 3 per le lampade ad arco.

Quali sono, per questa imposta, le contravvenzioni non amnistiate? Leggendo il T. U. 8 luglio 1923, all'art. 10, si riscontrano, in questa categoria non beneficata, la fabbricazione clandestina degli organi di illuminazione elettrica (multa fissa di L. 1000 oltre alla multa proporzionale variabile dal doppio al decuplo della imposta dovuta).

Anche per questa imposta di fabbricazione si ripete quanto si è detto in merito all'applicazione delle pene *più gravi*, per reati comuni, commessi in questa materia, che beneficano dell'amnistia, mentre il beneficio non viene esteso a tutte le violazioni, anche minori, della legge sull'imposta di produzione degli organi di illuminazione, ma applicata esclusivamente a quei casi che sono tassativamente previsti dal decreto di amnistia.

## XI. — Violazioni alle leggi sull'imposta di bollo e registro o in surrogazione della tassa di registro.

Una categoria di amnistia o di indulto per le violazioni comprese nel recente decreto del 5 nov. 1932 è la seguente (art. 17):

*a*) tutte le violazioni in materia di tasse di registro (D. L. 30 dic. 1923, n. 3269) con applicazione a tutte le sopratasse e alle penali (Cfr. art. 110 della citata legge del 1923).

È noto che in non poche leggi di carattere tributario la violazione è colpita da una duplice penalità: da un lato si applica un moltiplicatore — che è dovuto sempre — della tassa o dell'imposta dovuta; dall'altro si applica una ammenda o una multa che viene, in certe circostanze, ridotta o anche condonata.

*b*) *non* tutte le violazioni in materia di tasse da bollo e precisamente quelle relative: 1° alle tasse di bollo per gli atti civili, atti commerciali, atti amministrativi e atti giudiziari previsti dall'All. A., parte prima, alla tariffa unita al decreto succitato; 2° alle tasse di bollo a tariffa ridotta (parte seconda, All. A) e alle tasse di bollo sugli atti provenienti dall'estero e dei quali si faccia uso in Italia (All. A, parte terza). Sono cioè esclusi dal beneficio dell'amnistia le violazioni alla tassa di bollo degli atti e scritti formati su carta libera, ma che debbono assoggettarsi al bollo in caso d'uso ufficiale. Tali sarebbero i registri di pubblico servizio nell'interesse dello Stato, i ricorsi e gravami nell'interesse della legge e della pubblica morale, gli scritti concernenti le prestazioni personali nell'interesse dello Stato, Provincie e Comuni, le denuncie dirette a preservare un danno, i conti di gestione degli agenti dello Stato, i conti dei ricevitori appaltatori, le copie di deliberazione delle Comunità e delle altre pubbliche amministrazioni, i mandati di pagamento a favore degli impiegati e pensionati, i mandati degli Enti collettivi, le ricevute di pagamenti militari, i titoli, le dichiarazioni e attestazioni di proprietà (fondi rustici), gli atti riguardanti le imposte, gli atti di stato civile, patria potestà, tutela curatela, gli atti relativi a pensioni, quelli in materia scolastica, di previdenza e beneficenza, gli atti relativi a contratti collettivi di lavoro, le dichiarazioni delle arti salutari, i contratti di colonia, le obbligazioni chirografarie di valore inferiore a L. 50, i titoli esteri depositati in custodia presso Istituti di credito in Italia, purchè non formino oggetto di negoziazione, le lettere e corrispondenze commerciali, i libri di amministrazione, le bollette di esportazione e di temporanea importazione e alcuni atti navali, oltre i testi ufficiali delle leggi e decreti. (All. A, parte III, allegato alla legge 30 dic. 1923 sul bollo).

Il fatto che non siasi applicata l'amnistia a queste categorie di atti e scritti dipende dal fatto che gli atti medesimi sono soggetti al bollo soltanto prima di farne uso.

***

In dettaglio l'amnistia riguarda le seguenti violazioni alle leggi sul bollo, che pure possono interessare l'industria elettrica:

*c*) *violazioni alla tassa di bollo* su vaglia cambiari, assegni circolari, estratti conto, bollette pesi doganali, bollo stampati, copie ed estratti fatture, ecc., concernenti operazioni commerciali soggette a tassa scambio, tasse scambi sulle importazioni dall'estero, tassa sulle anticipazioni, sulle licenze e porti d'arma (D. L. 5 marzo 1925, n. 258), nonchè il bollo insufficiente per i mandati in Cassazione.

Per le violazioni alla citata legge del 5 marzo 1925, n. 258 si fa eccezione (cioè non si applica l'amnistia) per la irregolarità degli assegni bancari, per i bolli omessi o deficienti dei documenti fra Case madri e filiali e per i bolli irregolari dei ricorsi straordinari o al Procuratore del Re;

*d*) la tassa di bollo graduale sulle cambiali, con la scadenza non superiore a un mese (D. L. 26 nov. 1926, n. 1944);

*e*) *la tassa di bollo* per l'aumento deliberato su ogni materia, comprese le cambiali, col D. L. 17 marzo 1930, n. 142.

Per l'applicazione di amnistia di questi casi deve ricordarsi che *sono però eccettuati dal beneficio* le violazioni al bollo per le ricevute e quietanze ordinarie, per le note, i conti, le ricevute, le fatture, distinte e simili (art. 21 a 57 della tariffa) i casi di violazione al bollo per le distinte di riscossione dei dividendi (art, 58), le ricevute e quietanze di abbonamenti a giornali, riviste ed altre stampe (art. 59) le *quietanze, ricevute, note, conti, fatture per fornitura di gas e luce elettrica* (art. 60), le quietanze per vaglia postali (art. 61), gli estratti e copie di conti, ricevute e lettere di accreditamento (art. 62) e i duplicati di ricevute, quietanze ordinarie e simili (art. 63).

Sono parimenti escluse dall'amnistia le violazioni alla legge sul bollo delle cartelle agrarie (art. 148), gli atti di consenso a riduzioni, cancellazioni, surrogazioni di ipoteche, in rapporto a

cartelle di credito fondiario (art. 153, lett. *b*), le quietanze, note, conti, fatture provenienti dall'estero (art. 205) e gli estratti e copie di conti provenienti dall'estero (art. 209).

*f*) *tasse in surrogazione del bollo e registro*, limitatamente alle tasse comprese nella Tariffa Generale A e in quella speciale B, concernenti la tassa di negoziazione dei titoli delle società estere, operanti nel Regno e la tassa sulle anticipazioni o sovvenzioni per deposito di titoli. In ogni altro caso di tassa in surrogazione, resta quindi esclusa l'amnistia.

*g*) *Violazioni agli obblighi complementari per le tasse di negoziazione*. L'art. 17 del D. L. 5 marzo 1925, n. 258, prescrive alle Società soggette a tassa di negoziazione di trasmettere annualmente all'ufficio del demanio, copia in carta libera della situazione patrimoniale, del conto profitti e perdite e delle relazioni del Consiglio di Amministrazione e dei Sindaci, coi relativi allegati, il tutto entro tre mesi dall'approvazione del bilancio da parte dell'Assemblea. L'inosservanza di questa disposizione è colpita da pena pecuniaria di L. 1000, e, col recente decreto, questa penalità è stata beneficata da amnistia.

*h*) *Violazioni alle leggi sulle tasse per i contratti di borsa*. Sono state beneficate da amnistia tutte le violazioni alle leggi sulla tassa dei contratti di borsa del 30 dicembre 1923, n. 5278, relative al bollo sui certificati di credito, dei riporti, dei foglietti bollati.

Sembra opportuno di porre in rilievo che l'amnistia *non* riguarda le violazioni alla legge sulla cosidetta *tassa sugli scambi*.

## XII. – Violazioni alle leggi sulle imposte dirette ordinarie.

*i*) *Violazioni alle leggi delle imposte dirette sui redditi* (omessa dichiarazione). Hanno il beneficio dell'amnistia le violazioni consistenti in omessa denuncia da parte del contribuente, di redditi soggetti alle imposte dirette (art. 20, lett. A). Dispone circa tale obbligo l'art. 2 della legge 9 dic. 1928, n. 2834, modificato dagli art. 15 e 24 del D. L. 19 sett. 1931, n. 1608). In virtù di queste disposizioni il contribuente, sempre per imposta diretta, che *non adempia* all'obbligo di far la dichiarazione di un reddito soggetto ad imposta è punito con due penalità: la prima è una sopratassa, pari al terzo dell'imposta dovuta per un anno e la seconda è una ammenda da L. 100 a L. 2000. Le penalità non sono dovute quando (art. 15, legge 1931), l'esistenza del reddito è fondatamente contestabile nel momento in cui chi vi era obbligato doveva fare la dichiarazione. Se l'omessa dichiarazione riguarda redditi esenti per un tempo indeterminato o in misura ridotta (che sono ugualmente soggetti all'obbligo della denuncia), quando tale esenzione è cessata per scadenza del termine o per cessazione delle condizioni della riduzione) lq sopratassa è limitata al quinto e l'ammenda è da L. 50 a L. 1000. Se il ritardo di presentazione della denuncia non supera un mese, la sopratassa è della metà di quella normalmente applicabile e non si commina la pena dell'ammenda.

Queste penalità variano in caso di successivo concordato col competente Ufficio delle Imposte; prima che sia pronunciata alcuna decisione delle Commissioni amministrative. In questo caso specifico la pena pecuniaria, la multa (1) e l'ammenda applicabile al caso, per i fatti commessi e in relazione all'accertamento del reddito definito col concordato, sono ridotte ad un quarto (art. 25, comma 4°, legge 1931.

Queste disposizioni sono state qui riassunte per porre in rilievo *che il beneficio dell'amnistia è stato accordato al contribuente che abbia omesso la denuncia e non a chi abbia fatto una denuncia, ma indicando una cifra di reddito infedele*.

A quest'ultimo contribuente è peraltro concesso dalle leggi precedenti il beneficio dell'annullamento della sovraimposta, mentre le altre pene pecuniarie (ammenda o multa) sempre nelle stesse leggi, sono ridotte ad un quarto, se interviene concordato con l'Ufficio delle Imposte prima che sia stata pronunciata alcuna decisione dalle Commissioni amministrative.

Questo beneficio al contribuente infedele è accordato dall'art. 7, terzo comma della legge 9 dic. 1928, n. 2834 e *non dal provvedimento di amnistia*, il quale, come si è detto, non riguarda i contribuenti che hanno eseguita la denuncia di reddito, ma in misura risultata infedele, per accertamento fattone dall'Ufficio delle imposte.

Deve inoltre aggiungersi che l'amnistia per le violazioni per *omessa* dichiarazione dei redditi è soggetta ad una limitazione (art. 20, ult. capov., D. L. 5 nov. 1932, n. 1403) e cioè, è applicabile solo nei casi in cui non sia ancora stato iniziato l'accertamento d'ufficio del reddito soggetto a imposta ed omesso. Inoltre ai fini dell'applicabilità dell'amnistia deve verificarsi la condizione che *il contribuente presenti la dichiarazione stessa entro il 31 dicembre* 1932. Decorso questo termine, non è più applicabile l'amnistia.

L'enunciazione dei limiti di applicabilità del beneficio porta ad altri rilievi e cioè che il beneficio stesso, per non essere stato esplicitamente esteso, non dovrebbe a stretto rigore riguardare i seguenti casi: *a*) dichiarazione di reddito infedele di un quarto a quello accertato (art. 16 legge 1931); *b*) omissione di dichiarazione di aumento di reddito o infedele dichiarazione di tali aumenti per una misura di un quarto (art. 16, legge 1931), salvo che tali differenze traggano causa da inammissibilità di spese, rendite, annualità passive, oneri ed altre detrazioni; *c*) omessa dichiarazione da parte di colui che è obbligato a dichiarare i redditi di altra persona ed a corrispondere l'imposta salvo il diritto della rivalsa. Non sembra necessario di richiamare che questi sono i casi del rappresentante di un Ente collettivo e della denuncia di reddito di categoria C (impiegato o dipendente di Enti collettivi - Società) e che, in questi casi, la rivalsa della penalità sul contribuente diretto è limitata all'ammontare dell'imposta e non estesa alla penalità pecuniaria.

Tutte queste disposizioni che interessano le industrie elettriche e specialmente quelle a forma societaria, hanno qualche dubbiezza di interpretazione, che è caso per caso particolarmente valutabile, specie di fronte alle norme del decreto di amnistia che non richiamano espressamente certe disposizioni, il che riesce talvolta dubbio di fronte alla incongruità logica della esclusione del beneficio che deriverebbe da tale silenzio della legge.

*l*) *Violazioni alle imposte sui celibi*. L'art. 20, lett. *b*) del D. R. di amnistia, concede il beneficio per le violazioni dell'art. 4, ult. parte della legge 9 dic. 1928, n. 2834 e dell'art. 19 del R. D. 17 sett. 1931, n. 1608. Quest'ultima disposizione punisce coll'ammenda sino a L. 100, l'operaio il quale al fine di sottrarsi al pagamento della imposta, occulta al datore di lavoro il proprio stato di celibato, ovvero, al medesimo fine, cioè per sottrarsi a detto pagamento, dichiara al datore di lavoro un'età diversa dalla vera. L'art. 4, ultima parte della legge 9 dic. 1928, n. 2834 è richiamato dal provvedimento di amnistia in quanto, in questo articolo, si prevede il caso in cui la dichiarazione dell'età diversa dalla vera da parte dell'operaio sia «influente agli effetti dell'imposta sui celibi».

Devesi però osservare che l'art. 49 della legge 19 sett. 1931, n. 1608, dichiara: «abrogate le sanzioni contenute *nelle diverse leggi riguardanti la applicazione delle imposte dirette ordinarie*», salvi alcuni casi tra i quali non esiste quello della imposta sui celibi. Non riesce quindi chiaro come il provvedimento di amnistia richiami la legge del 1928, che era già abrogata da quella del 1931. Questa osservazione riguarda anche quanto è stato detto in relazione alle violazioni della legge per l'obbligo di denunzia sulla esistenza dei redditi ai fini delle imposte dirette ordinarie.

*m*) *Violazioni degli obblighi relativi alle ispezioni, accertamenti su registri, atti e documenti da parte delle Commissioni amministrative delle imposte dirette e degli uffici delle imposte dirette*.

Questo beneficio dell'amnistia è contemplato dalla lettera *c*) dell'art. 20 del R. D. 5 nov. 1932, n. 1403, il quale dispone che si applica il beneficio medesimo alle penalità comminate dagli art. 13 del R. D. 28 gennaio 1929, n. 360 e dall'art. 20 del R. D. 17 sett. 1931, n. 1608.

Giova richiamare che l'art. 13 succitato dispone che «gli atti e le omissioni che abbiano per effetto di inibire o di ostacolare l'esercizio delle facoltà del precedente art. 11 (ispezione registri delle Società anonime e in accomandita per azioni e dei commercianti e altre facoltà previste dalla legge di ricchezza mobile 24 agosto 1877, n. 4021) » come pure le violazioni degli obblighi di comunicazione agli uffici delle imposte dei redditi di

---

(1) La multa è applicata invece dell'ammenda al contribuente che, compia atti diretti ad occultare il proprio reddito (alterazione di registri contabili, omessa iscrizione di attività o cespiti negli inventari, iscrizioni di passività inesistenti, documenti fittizi, dichiarata inesistenza totale o parziale di cespiti e simili). La multa varia da L. 500 a L. 5000 ed è aumentata di un terzo in caso di recidiva. La differenza tra multa e ammenda (art. 17 Cod. pen.) si è che la prima è pena principalmente stabilita per un *delitto*, la seconda è pena principalmente stabilita per una *contravvenzione*. La pena della multa (art. 24 Cod. pen.) consiste nel pagamento allo Stato di una somma non inferiore a L. 50 e non superiore a L. 50 000, salvo aumento al triplo, a discrezione del giudice quando, per le condizioni economiche del reo la multa stabilita dalla legge può presumersi inefficace. L'ammenda (art. 26) consiste nel pagamento allo Stato di una somma non inferiore a L. 20 e non superiore a L. 10 000, ferma la suddetta facoltà del Giudice. L'ammenda è penalità in molti casi conciliabile in via amministrativa.

R. M. pervenuti a notizia degli Uffici Governativi provinciali o comunali per contratti di appalto o di somministrazione, sono colpite da ammenda da L. 100 a L. 2000.

L'art. 20 del successivo decreto 17 sett. 1931, n. 1608, pure richiamato dal Decreto di amnistia al citato art. 20, lett. *c*), riguarda il caso di chi « non ottempera alle disposizioni date od alle richieste fatte dall'Ufficio delle Imposte e dalle Commissioni amministrative nell'esercizio di alcuna delle facoltà a loro conferite dalle singole leggi sulle imposte e richiamate dall'art. 13 della legge 1931, cioè ispezione nei registri delle società e privati obbligati a tenere libri e scritture.

In questo caso si applica l'ammenda da L. 5 a L. 2000 «quando dal fatto è derivato ostacolo all'esercizio delle facoltà suddette».

Per ambedue questi casi (inibizione od ostacolo delle facoltà delle Commissioni e dell'Ufficio delle imposte) il decreto di amnistia applica il beneficio senza alcuna condizione o restrizione.

XIII. – Limite unico di tempo per i fatti e le violazioni previste dal D. R. 5 nov. 1932, n. 1403.

Tutte queste applicazioni del decreto di amnistia hanno una precisa determinazione nel tempo. Il decreto stesso ha efficacia cioè *per i fatti commessi a tutto il* 4 *nov.* 1932.

XIV. – Riassunto.

E con ciò è esaurita l'indagine al decreto di amnistia e indulto emanato per il Decennale, e nei riflessi dell'industria elettrica.

In questo scritto si è fatto riferimento al testo del decreto, integrandone la comprensione coi cenni opportuni di tutte le disposizioni ivi richiamate e le cui violazioni sono comprese, senza limitazioni o condizioni, ovvero subordinatamente a espressi e speciali limiti, condizioni e modalità.

Si è accennato a qualche dubbio di interpretazione e a qualche voto di estensione o di integrazione con successivi provvedimenti. Naturalmente ciò non esaurisce, sia pure nei soli riflessi della industria elettrica, tutte le possibili eventualità di specifiche difficoltà di applicazione nei casi pratici controversi, per i quali varrà l'opera degli uffici amministrativi specialmente finanziari e del Magistrato. In ogni caso giova sperare che interverrà la maggiore larghezza e quella clemenza e generosità che pervade tutto il provvedimento di amnistia o di indulto, emanato per la solenne ricorrenza del Decennale.

Annibale Gilardoni.

# PRASSI AMMINISTRATIVA

Nella presente rubrica vengono riassunti principii, che hanno carattere generale, ma che vengono affermati dalla giurisprudenza o dalla stessa Pubblica Amministrazione in occasione di specifici provvedimenti amministrativi in materia attinente a derivazione di acque pubbliche a scopo di produzione di energia elettrica o di provvedimenti relativi a servitù di elettrodotto, concessioni di sussidi a impianti e linee elettriche, laghi e serbatoi artificiali ecc. La massima viene desunta dal testo di sentenza o decisione o dal decreto, e dal relativo parere del Consiglio dei LL. PP.; la ricerca del provvedimento testuale è resa possibile ai lettori colle indicazioni della decisione o sentenza — che vengono indicati per ciascuna massima — o della data del decreto — e annesso disciplinare che sono pubblicati nel *Bollettino del Ministero dei Lavori Pubblici* — colla data e numero del relativo parere del Consiglio dei LL. PP. In ogni modo la Direzione della Rivista è a disposizione degli interessati per ogni altra ricerca, richiesta di copie e simili.

La Rivista *L'Energia Elettrica* non ha bisogno di richiamare la importanza di queste massime, che costituiscono precedente giudiziario e amministrativo che vale spesso a risolvere casi pratici controversi, in via di interpretazione giurisprudenziale od autentica attuata in casi analoghi.

Ogni massima ha un numero progressivo che sarà richiamato nell'apposito indice annuale.

299 – *Concessione idroelettrica - Errore di indicazione della quantità di acqua derivata - Non necessità di nuova istruttoria.*

Quando nell'indicazione della fluenza derivata dal corso di acqua pubblica, sia incorso errore nel decreto di concessione e nell'inerente istruttoria, la rettifica avviene con successivo decreto e relativa disciplina, senza necessità di nuova istruttoria e di nuovo parere del Cons. Sup. dei LL. PP. Il nuovo decreto dispone quindi esclusivamente per la determinazione della quantità di acqua concessa e per il relativo canone, ferme restando tutte le altre condizioni precedenti.

D. R. 7 aprile 1932. Concessione Consorzio del Velino per l'impianto di Galleto. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1932, pag. 294).

300 – *Concessione idroelettrica - Utenze precedenti - Non assorbimento se autonome - Riconoscimento di efficienza con successivo decreto.*

Se con un primo decreto si riconosce una concessione idroelettrica precedente come sottesa e assorbita, mentre in fatto e per condizioni materiali dei luoghi la concessione precedente è autonoma, tanto che continua a funzionare in piena compatibilità colla nuova concessione, la rettifica del primo decreto avviene senza necessità di nuova istruttoria; si emana soltanto un secondo decreto per diminuire la quantità d'acqua assegnata col primo decreto, avuta presente la utenza non assorbita.

Naturalmente al secondo decreto di rettifica è allegato uno speciale disciplinare.

Come al Num. precedente. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1932, pag. 2495).

301 – *Concessione idroelettrica - Garanzia di salvezza delle utenze precedenti non assorbite.*

Una utenza legittima, precedente a un decreto di nuova concessione idroelettrica, specie se non assorbita, deve essere garantita di fronte alla nuova utenza.

Tale garanzia si manifesta nel disciplinare non solo attraverso una formula generica, (p. e. il nuovo concessionario « garantirà in qualsiasi tempo e in qualsiasi ora ecc. »), ma anche con una serie di modalità concrete imposte al nuovo concessionario, a favore del primo. Tra tali modalità, che sono condizione alla seconda concessione possono esservi le seguenti: *a*) limitazione del regime della seconda centrale con opportuna regolazione della diga mobile di questa; *b*) obbligo che l'acqua sia sempre al ciglio di sfioro di una diga fissa superiore al partitore che disciplina la prima e la seconda centrale; *c*) qualora tali manovre riuscissero insufficienti, diritto alla prima utenza di reclamare telefonicamente (impianti a spese alla seconda) alla seconda centrale per gli immediati atti necessari a ripristinare la competenza di fluenza alla precedente utenza; *d*) qualora, non ostante tale reclamo, l'inconveniente persista, obbligo alla seconda centrale di necessaria apertura della diga mobile; *e*) a ciò si aggiunge, a carico del secondo concessionario l'obbligo delle maggiori spese per la manutenzione del canale della prima utenza.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 2497-8.

302 – *Riserve idriche per gli usi pubblici locali - Criterio di determinazione.*

Tra le riserve idriche imponibili per una concessione può essere introdotta genericamente quella per gli usi pubblici locali, determinandosi in via esemplificativa, in occasione della prescrizione della quantità riservata, che la riserva stessa (nella specie un metro cubo) deve corrispondere all'ampiezza dell'alveo ghiaioso e alla possibilità che vi si scarichino le fogne cittadine.

D. R. 13 settembre 1928. Soc. Trentina di Elettricità. Derivazione dall'Isarco. Comune di Bolzano. Parere Cons. Sup. LL. PP., n. 1626 del 15 giugno 1932. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1927, pag. 3626).

303 – *Concessione idroelettrica - Riserve per legittime utenze - Condizioni.*

Nel dichiarare genericamente riservate, in un decreto di concessione una o più utenze idriche preesistenti, deve sottoporsi la riserva stessa alla condizione che siano tali utenze riconosciute legittime.

Come al Num. precedente, ivi.

304 – *Concessione idroelettrica - Opere di difesa delle sponde - Modalità.*

Nel disciplinare di concessione di una derivazione idroelettrica può essere prescritto che dovranno essere eseguite le opere di difesa delle sponde a monte e a valle della presa che si rendessero necessarie in conseguenza degli effetti che la presa stessa potrà avere pel regime di deflusso del corso di acqua pubblica interessato, e ciò a insindacabile giudizio dell'Amministrazione concedente, rimanendo alla Società concessionaria l'obbligo di riparare e risarcire tutti i danni che potranno verificarsi in causa delle anzidette variazioni di regime.

Come al Num. precedente, pag. 3633.

305 – *Concessioni idroelettriche - Riserve legittime - Modalità del carico al concessionario.*

Nel riservare le utenze legittime preesistenti ed eventualmente sottese, può essere imposto al concessionario l'onere di effettuare a sue spese, l'installazione dei nuovi macchinari intesi a rendere possibile la continuazione del regolare esercizio degli impianti preesistenti e corrispondenti a tali utenze.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 3634.

306 – *Concessione idroelettrica - Istruttoria di due domande di opposizione - Presentazione di una terza domanda concordata fra le due opponenti.*

Quando, in sede istruttoria per una domanda di derivazione, siano in concorrenza due domande, può darsi atto, senza nuova istruttoria, che in tale sede venga presentata una terza domanda — fermi i punti di presa e di resa — concordata fra le due Ditte opponenti, accordandosi la concessione compendiariamente alle due Ditte interessate.

D. R. 13 settembre 1928. Soc. An. Garigliano e Soc. Ital. Potasso. Derivazione dal Liri (Prov. di Roma). Parere Cons. Sup. LL. PP., n. 2059 del 29 agosto 1926. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1928, pag. 3641).

307 – *Concessioni idroelettriche - Creazione di vasca di carico - Pericolo di assorbimento di acqua minerale - Modalità.*

Se nella esecuzione di una vasca di carico, progettata in una derivazione idroelettrica, sia previsto, in una opposizione presentata in sede istruttoria, l'eventualità di perturbamento a finitime sorgenti di acqua minerale, il disciplinare di concessione può prevedere l'obbligo di « provvidenze (così genericamente) atte ad evitare che la medesima sorgente di acque minerali abbia a risentire diminuzione di carico ».

Come al Num. precedente, ivi, pag. 3641.

308 – *Concessione idroelettrica - Riserve ferroviarie e tranviarie - Rinuncia in sede istruttoria.*

Ove in sede istruttoria, l'Amministrazione ferroviaria abbia proposto riserva a favore di un esercizio tramviario, tale riserva può, prima dell'esaurimento dell'istruttoria, essere rinunciata, liberandosi così il corso d'acqua da ogni vincolo.

R. D. 13 settembre 1928. Soc. Impianti Distribuzioni Elettriche. Derivazione dal torrente Turrite (Prov. di Lucca). Parere Cons. Sup. LL. PP., n. 301 del 1926. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1928, pag. 3652).

309 – *Concessioni idroelettriche - Varianti in corso di esecuzione dei lavori - Irrilevanza ai fini di una nuova istruttoria.*

Ove, in sede di esecuzione dei lavori, sia risultata l'opportunità di attuare varianti dirette allo scopo di conseguire più vasta e razionale utilizzazione del corso di acqua pubblica, e quando tali varianti non siano sostanziali, può emettersi successivo decreto di concessione, anche di sanatoria dei lavori già compiuti, senza necessità di nuova istruttoria.

D. R. 13 settembre 1928. Azienda Elettrica Crespi. Derivazione dal Serio e dal Sedornia (Prov. di Bergamo). Parere Cons Sup. LL. PP., n. 2729 del 29 luglio 1923. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1928, pag. 2662).

310 – *Concessione idroelettrica - Potenza utilizzabile - Duplice possibilità di determinazione.*

Quando in una concessione idroelettrica risultino utilizzabili due distinte portate idriche, nella specie l'una a monte di un invaso (Barbellino) e l'altra a valle, il decreto di concessione e il relativo capitolato possono determinare due limiti di fluenza derivabile e due canoni demaniali corrispettivi.

Come al Num. precedente, ivi, pag. 3663.

# NOTE E RIASSUNTI

## PROBLEMI SULLA COSTRUZIONE DELLE TURBINE A VAPORE

*Electrical World*, 30 aprile 1932. – C. R. SODERBERG.

La tecnica moderna ha posto all'ordine del giorno numerosi problemi relativi alla costruzione delle turbine a vapore e l'articolo del Soderberg può, sotto certi aspetti, considerarsi una disamina completa delle più importanti questioni, come quelle dello sviluppo delle grandi unità, delle sollecitazioni meccaniche, delle proprietà dei materiali alle temperature elevate, delle corrosioni, delle vibrazioni, ecc. La presente nota ha lo scopo di mettere in evidenza le caratteristiche più salienti delle singole questioni, seguendo l'ordine logico fissato dall'A.

*Sviluppo delle unità di grandi dimensioni.* Com'è noto la massima resa di una turbina a condensazione è principalmente determinata dal rapporto fra l'altezza delle palette dell'ultima corona ed il diametro totale del rotore. Conseguentemente, sviluppandosi la potenza unitaria, si è ricorso ad un aumento della sezione di scarico, con aumento della velocità periferica fino ad oltre 400 m/sec. Questo fatto ha naturalmente messo in azione lo sviluppo della metallurgia per realizzare materiali per palette atti a resistere alle sollecitazioni imposte ed ha altresì messo in maggiore evidenza il problema delle corrosioni. È divenuto pertanto, con riferimento ai dati esposti, possibile costruire macchine monocilindriche della potenza di 100 000 kW a 1800 giri al minuto, e di 15 000 kW a 3 600 giri. Le unità a due cilindri possono invece dare, oggi, su di un solo asse la potenza di 200 000 kW a 1800 giri e 35 000 kW a 3600 giri.

*Aumento del rendimento.* Specialmente nelle piccole unità si è realizzato un notevole aumento del rendimento, ma esso non ha difettato neppure nelle grandi unità. I principali accorgimenti all'uopo adottati sono stati: *a*) diminuzione dei giochi nelle palettature ad alta pressione; *b*) miglioramento nei profili delle pale, per evitare i vortici; *c*) miglioramento nella forma delle pale e nei condotti di adduzione del vapore. Emerge pertanto che nei dettagli sono stati apportati numerosi perfezionamenti, mentre nell'insieme si sono conservate le caratteristiche fondamentali degli anni scorsi.

*Problemi sulle sollecitazioni meccaniche.* Da una parte è necessario valutare le forze o le deformazioni negli organi sollecitati e così determinare le azioni in giuoco, indi occorre stimare le conseguenze di tali forze dal punto di vista della rottura, nei singoli casi. Riscontrato che i metodi analitici sono

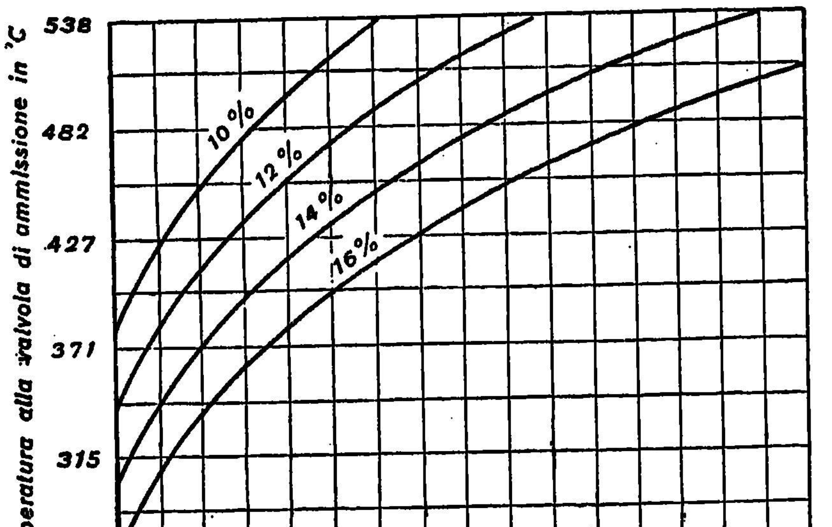



Fig. 1. - Temperature del vapore consentite all'ammissione per evitare, senza surriscaldamento, valori eccessivi dell'umidità attraverso le palette a bassa pressione.

di una portata molto limitata, si è passato ai metodi grafici e di integrazione meccanica, ma il successo sembra destinato ai metodi sperimentali, specie a quelli fotometrici. Nella valutazione delle azioni è necessario poi distinguere fra uno stato di sollecitazione che cessa, attraverso l'indebolimento delle strutture, ed uno stato invece che permane, anche in presenza delle deformazioni che ne seguono. Al primo gruppo appartengono ad esempio le sollecitazioni che nascono per il montaggio del disco sull'albero; invece l'azione centrifuga del disco rotante, appartiene alla seconda categoria. Non raramente il primo gruppo va interamente e completamente trascurato, come non essenziale al fenomeno delle rotture, e ciò porta a delle semplificazioni con notevole vantaggio del problema delle forze.

*Le alte temperature.* Aumentando la temperatura aumenta la duttilità, mentre la resistenza diminuisce: a 500° C tutti i materiali correnti sono nettamente modificati e alla diminuzione della resistenza si aggiungono altri cambiamenti, come la distruzione delle proprietà elastiche, per cui si passa ad un materiale amorfo. Questo fenomeno influisce fortemente nella riduzione della resistenza e deve essere attentamente considerato nel dimensionamento delle parti di turbine ad alta temperatura. Disgraziatamente le conoscenze sono insufficienti per fare predizioni, nè sembra probabile che si possano avere presto utili indicazioni. Al funzionamento ad alta temperatura sono state pure attribuite la fragilità caustica, e la disintegrazione del magma intercristallino. È però da notare che con temperature non molto elevate, intorno ai 400° C, la duttilità che ne risulta è per taluni aspetti vantaggiosa, in quanto con essa scompare l'azione concentrata delle forze.

*Sollecitazioni alternative.* In generale se ad una sollecitazione continua se ne aggiunge una alternativa si ha subito un forte aggravamento delle condizioni del materiale, ma non sembra che si conosca una legge definita di sovrapposizione. In un pezzo sottoposto a tensione, in cui la forza aumenti fortemente e rapidamente, si osservano notevoli fondamentali cambiamenti; l'aspetto della struttura dimostra inoltre che si arriva alla rottura senza passaggio attraverso alla plasticità. Praticamente la prova si effettua rompendo una barretta per urto; questa prova rappresenta un indicatore molto sensibile dei difetti alle alte temperature e rivela le eventuali modificazioni di durezza della struttura cristallina.

*Coefficiente di sicurezza.* Nel caso delle prove di tensione è evidente che per i materiali duttili il punto di cedimento rappresenta il limite delle forze; il coefficiente di sicurezza è conseguentemente il rapporto fra tale limite ed il valore di normale funzionamento. Qualche vantaggio potrebbe aversi esprimendo la sicurezza della struttura col fattore di utilizzazione, l'inverso del coefficiente di sicurezza: il 100 per 100 di utilizzazione rappresenterebbe così una forza corrispondente al manifestarsi del cedimento. Nelle forze alternative il fattore di utilizzazione è basato sul limite di durata poichè l'azione di forze locali concentrate ha un'importanza decisiva. La contemporanea applicazione di una forza costante e di una alternativa da luogo ad un fattore di utilizzazione facente riferimento ad una diretta sovrapposizione, per quanto non si conosca alcuna esatta condizione. Così, se un materiale avente un carico di rottura di 4200 kg/cmq ed un carico limite di durata di 2800 kg/cmq, è soggetto contemporaneamente ad una forza costante di 2100 kg/cmq e ad una sollecitazione alternativa di 700 kg/cmq, il fattore di utilizzazione sarebbe di $0{,}50 + 0{,}25 = 0{,}75$. Il coefficiente di sicurezza risulterebbe quindi $1/0{,}75 = 1{,}33$.

*Il problema delle corrosioni.* Può ritenersi funzione del grado di umidità e della velocità d'urto delle gocce. Probabilmente hanno anche influenza nel fenomeno le dimensioni della goccia ed il valore della pressione, ma il rapporto di affinità non è ancora nato; è certo però che le corrosioni costituiscono il principale ostacolo per lo sviluppo della velocità periferica e per l'aumento dell'ampiezza dell'anello di scarico delle grandi turbine. Gli accorgimenti più in uso per ovviare a tale fenomeno

sono: *a*) aumentare la velocità assoluta dell'acqua, riducendo le dimensioni delle gocce; *b*) ricorrere al drenaggio dell'acqua formatasi; *c*) aumentare la resistenza alla corrosione del materiale delle pale. Nessuna soluzione conveniente è stata finora trovata per soddisfare al punto *a*), ma un certo successo si è realizzato per il drenaggio dell'acqua di precipitazione: qualche frenatura di macchine ha rilevato che il 25% della totale umidità può essere portato via in tal modo. Il più importante ed effettivo aspetto del problema delle corrosioni è quello di adottare pale immuni al bombardamento delle gocce d'acqua. Secondo quanto risulta da un certo tempo, oltre l'uso dell'acciaio puro, non esiste in pratica un materiale per palette che resista all'azione delle corrosioni; rimane sola alternativa il ricorrere a pellicole protettive. A questo riguardo, il cromo platinato, dello spessore di 0,125 mm, è stato usato con un certo successo, è però un metodo costoso. Eccellenti risultati si sono avuti trattando con acido nitrico lo spigolo di entrata delle pale, ma non le facce, poichè il metallo diventerebbe fragile, per cui il metodo non è entrato nell'uso generale. Fra le pellicole di protezione sperimentate vanno annoverate quelle di tungsteno, di tantalio, la stellite, ecc.; le ultime due sono le più promettenti, particolarmente la stellite, composta di *Co – W – Cr - Fe*, ha dato eccellenti risultati nel servizio di grandi unità. Il materiale sperimentale è in continuo aumento; una delle turbine della Duquesne Light Company, per esempio, è equipaggiata con palette in cui si hanno 30 diverse qualità di pellicole protettive. La fig. 3 dà le curve comparative fra le palette di acciaio e quelle di stellite, con velocità periferica di 330 e 400 m/sec e, come si nota, la convenienza nei riguardi della seconda è fortemente marcata. Importante è il fatto che queste prove vengono continuamente confermate sulle macchine in esercizio.

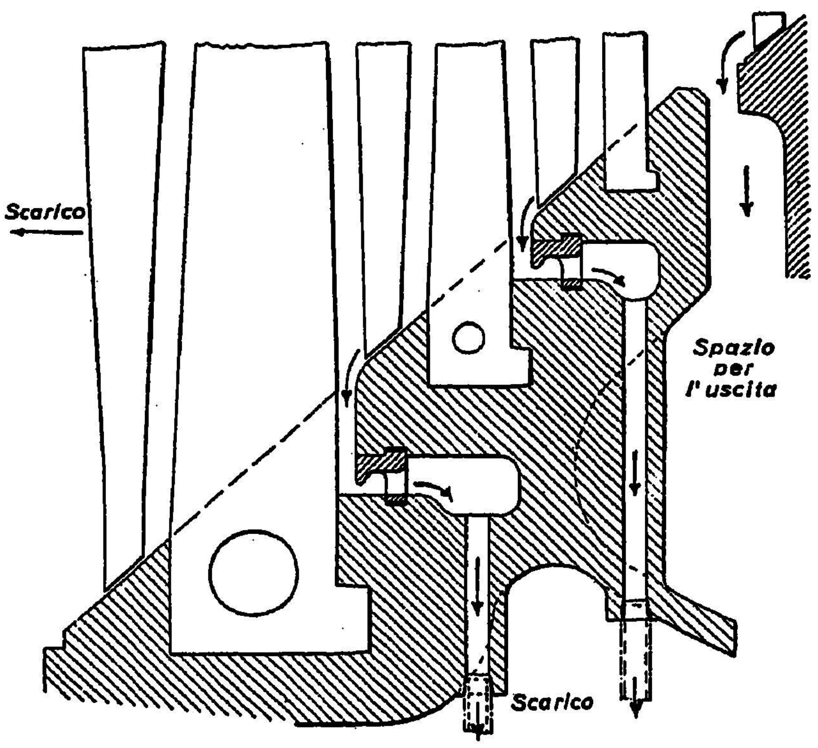



Fig. 2. - Dispositivi per l'allontanamento del vapore che si è condensato nel passaggio attraverso la bassa pressione.

*Il problema dei materiali.* Nessun fattore ha interessato più profondamente lo sviluppo della turbina a vapore quanto il problema della metallurgia corrispondente. Parecchie leghe sono state usate per il corpo rotore, e quella di acciaio al *Ni Mo*, ha guadagnato un posto importante, essa è formata da 2,5% di *Ni*, 0,25% di *Mo* e 0,4% di *C*. Una delle proprietà di questa lega è data dal fatto che nelle grandi masse forgiate si ha la conservazione delle proprietà fisiche, anche con le alte temperature; le sollecitazioni in tali condizioni sono sostenute meglio di quanto non si abbia con altri materiali.

L'acciaio puro, coll'1,2% di *Cr* e 0,5% di *Ni*, è accettato come il migliore materiale per tutte le pratiche applicazioni di palette, le sue qualità di durezza infatti lo fanno preferire nelle grandi turbine a bassa pressione. I materiali austenitici, al 20% di *Ni* e 7% di *Cr*, hanno anche la loro applicazione là dove materiali normali verrebbero rapidamente corrosi, ma presentano difficoltà di lavorazione. I mezzi per ottenere le palette, una volta consistevano nella sola forgiatura, oggi si sono arricchiti del tornio e della fresa. Per ovviare alla corrosione abbiamo già accennato all'uso di varie pellicole protettive fra cui la stellite, essa si applica al dorso delle pale con la saldatura all'argento, metodo questo che si è dimostrato più efficace della saldatura ad arco. L'arco però trova applicazioni per il deposito sulle sedi delle valvole del metallo Monel, dell'acciaio puro, della stellite; risulta quindi così possibile di usare casse di acciaio per i corpi delle valvole, su cui può essere depositato un materiale di provata qualità.

*Il problema delle vibrazioni.* In parecchi casi le vibrazioni sono dovute a sbilanciamenti delle masse rotanti, e pertanto in questi ultimi tempi all'operazione del bilanciamento è stata data

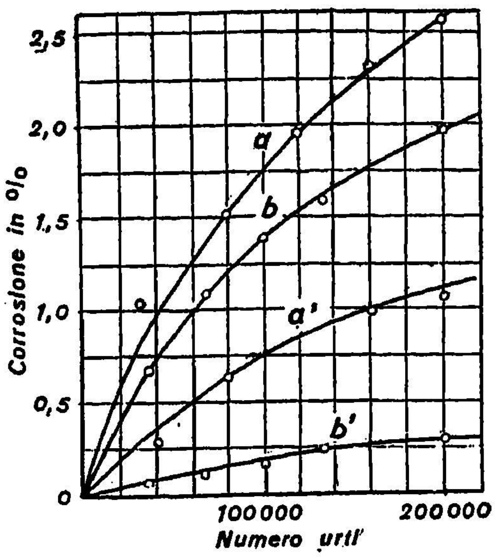



Fig. 3. - Curve di resistenza alla corrosione delle palette di acciaio, *a* e *a'*, e delle palette di stellite, *b* e *b'*, rispettivamente alle velocità periferiche di 400 e 330 m/sec.

una grande importanza. Un altro notevole inconveniente, che può verificarsi e dar luogo alle vibrazioni, è il difetto della costruzione delle parti statiche, specie dal punto di vista degli effetti di temperatura, dove con gli alti valori si possono avere nelle varie parti espansioni termiche notevoli. Queste espansioni nelle grandi costruzioni devono essere rese possibili sospendendo il cilindro ad alta pressione ed i piedistalli dei supporti, ed in merito a tale punto notevoli progressi sono stati realizzati in questi ultimi anni. Così nelle installazioni moderne tutti i mezzi atti a correggere l'allineamento col variare della temperatura, sono messi in opera. Altri accorgimenti sono escogitati per eliminare le azioni di risonanza fra il rotore e le parti statiche. Il problema però della vibrazione delle pale è lontano dalla sua soluzione completa, che i possibili modi di vibrare di un gruppo di pale lunghe sono numerosi. In queste circostanze il costruttore si trova in alto mare, nella scelta delle considerazioni fondamentali su cui deve basarsi la costruzione, nè l'esperienza diretta rappresenta sempre una valida guida. Per questo fatto sorge evidente l'opportunità di effettuare i necessari esperimenti con prove su modelli in laboratorio, e la tecnica moderna è appunto imperniata su queste ricerche. Il più razionale di questi metodi di prova consiste nell'assoggettare un gruppo di palette ad impulsi di intensità e frequenza noti, osservando i movimenti risultanti: l'origine è naturalmente basata sempre sulla vecchia prova del martellamento.

La velocità critica ha cessato di avere l'importanza somma di una volta, ciò che ha ritardato lo sviluppo delle grandi unità, per la preoccupazione del passaggio della velocità del gruppo attraverso la velocità critica. Si è infatti notato che nessuna particolare conseguenza deplorevole ha avuto luogo per questo fatto, per quanto anche oggi molti costruttori non costruiscono macchine che passino attraverso le velocità critiche; alcuni tipi di costruzione sono quindi ancora in uno stadio non necessario. Il problema della velocità critica del rotore nelle macchine grandissime è certo complicato, per il fatto che l'intera struttura della macchina prende parte alle vibrazioni. La relativa rigidità delle fondazioni e dei sopporti portanti diminuisce coll'aumentare delle dimensioni, cosicchè bisogna tener presente che per le grosse unità i valori effettivi della velocità critica sono molto diversi dai valori calcolati; in questo caso il problema diventa fondamentale ed il fenomeno complesso. Ciò può essere compreso considerando che le grandi unità arrivano alla velocità di regime passando per un valore corrispondente ad una velocità critica e, a causa delle strutture tutt'altro che semplici, non riesce agevole di impostare analisi completamente fondate.

Le esperienze hanno mostrato però che le vibrazioni laterali e verticali possono essere trattate indipendentemente e su tali basi è sempre possibile di costruire un modello dinamico. Un tipo di osservazione perseguibile facilmente e che è molto utile, comporta delle curve di risonanza che danno la relazione fra la frequenza e l'ampiezza ai diversi punti, e per diverse direzioni del movimento. Il periodo di avviamento è noto per i vari inconvenienti, che, specie per le grosse turbine, si verificano nel

passaggio dalla temperatura ambiente alla temperatura di regime; a tale uopo molti ricorrono a dispositivi che fanno girare l'albero a bassa velocità fino a quando non si stabilisce la temperatura di regime. Quindi eventuali eccentricità e distorsioni vengono osservate prima che la turbina venga spinta al massimo numero di giri. Gli strumenti di cui si dispone consentono pertanto di osservare: *a*) le eccentricità eventuali dell'albero nei vari punti; *b*) la disposizione assiale del corpo rotore cioè l'esecuzione del suo calettamento ed il bilanciamento relativo; *c*) le espansioni del piedestallo e dei cilindri; *d*) le vibrazioni dei vari punti della struttura dell'installazione. Inoltre speciali dispositivi misuratori di rumori consentono di ingrandire le voci delle varie parti delle turbine.

*Supporti e lubrificazione.* Attualmente solo i supporti per elevatissimi carichi sono più lunghi del diametro; molti hanno una lunghezza di solo 80% della misura del diametro. Le velocità raggiunte per i perni hanno superato i 50 m/sec e la pressione sulla sezione orizzontale, effettuata lungo l'asse del perno stesso, arriva a circa 15 kg/cmq senza inconvenienti. Con queste alte pressioni è divenuto utile e in qualche caso necessario di lubrificare all'avviamento il perno, con olio per alte pressioni.

V. Ru.

## RICERCHE SULLA FREQUENZA DEI FULMINI NEGLI URALI

*Electricestvo*, N. 10, maggio 1932. – L. N. Bogojavlenski.

Sono note le ricerche degli scienziati francesi Dauzère e Bouget sulla frequenza dei fulmini nelle varie località, a seconda della natura del terreno e di altre circostanze (1).

I risultati di un'inchiesta sui punti più battuti dal fulmine, condotta da Bouget nella regione intorno alle Bagnères de Bigorre e durata una trentina d'anni, hanno infatti dimostrato che il fulmine non colpisce a casaccio, ma ha per così dire una preferenza per alcune località. Nelle regioni dove la costituzione geologica del suolo è all'incirca uniforme, i punti più colpiti sono quelli più alti, come le cime dei campanili, degli alti alberi, ecc. Invece in località alpestri, dove formazioni geologiche differenti son riunite in spazi relativamente piccoli, i punti più colpiti sono spesso posti in vicinanza di sorgenti, in fondo a valli o su colli, cioè precisamente all'opposto di quanto generalmente si crede.

Tralasciando per brevità la descrizione degli apparecchi usati ricorderemo che oltre alle misure di conduttività del terreno negli strati superficiali e a quelle tendenti a stabilire la conduttività dell'aria, ossia il numero di ioni per cm³ d'aria nel punto considerato, ne sono state fatte altre pure importanti alle quali ora accenneremo.

È noto che i corpi radioattivi, i quali hanno fra le altre la proprietà di ionizzare l'aria ed altri gas, emanano tre specie di radiazioni: i raggi α, β e γ, dei quali gli ultimi sono i più penetranti, e sono i soli che possano attraversare spessi strati di sostanze solide, liquide o aeriformi. Nel caso di sostanze radioattive racchiuse nella crosta terrestre, i raggi γ sono dunque i soli che possano rendere conduttrice l'aria sovrastante, e pertanto la loro misura può presentare interesse anche nelle indagini sulle località più frequentemente colpite dal fulmine. La quantità da misurare è la velocità della formazione di ioni nell'unità di volume di aria e si esprime pertanto con un numero di ioni per cm³/sec.

L'influenza che sulla frequenza delle scariche atmosferiche possono avere gli elementi radioattivi contenuti nel terreno, ha poi condotto a misurare la radioattività sia dell'acqua sorgiva nei punti interessanti, sia di parecchie roccie; queste ultime sono state studiate anche dal punto di vista geologico.

Vediamo ora come si sono svolti i lavori.

Anzitutto le ricerche sono state concentrate nei punti ove si era potuto stabilire che le scariche atmosferiche erano specialmente frequenti e nelle zone immediatamente circostanti: in tutto tre località. Ci limiteremo a riferire sulle misure fatte e sui risultati ottenuti in una di queste località, perchè il procedimento di lavoro e le deduzioni fatte non differiscono essenzialmente nei tre casi.

Si era dunque osservato che il fulmine colpiva con frequenza i sostegni n. 127 e n. 123 della linea ad anello di Celjabinsk, oltre a molti pali telefonici e ad alberi nelle immediate vicinanze; si è allora stabilita una serie di punti di osservazione e di rilievo lungo la linea stessa, dal sostegno n. 120 al n. 130 (m. 1800); un'altra serie è stata stabilita lungo la strada di Kiolinsk, parallela alla conduttura e da questa distante circa 50 m; infine altri punti di rilievo sono stati fissati lungo tre brevi linee parallele alle due precedenti. La disposizione dei punti di osservazione (38 in tutto) lungo tali linee *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, si rileva dalla fig. 1, dove sono pure indicati con freccie a zig-zag i punti più colpiti dal fulmine.

La velocità di ionizzazione nei vari punti di osservazione,

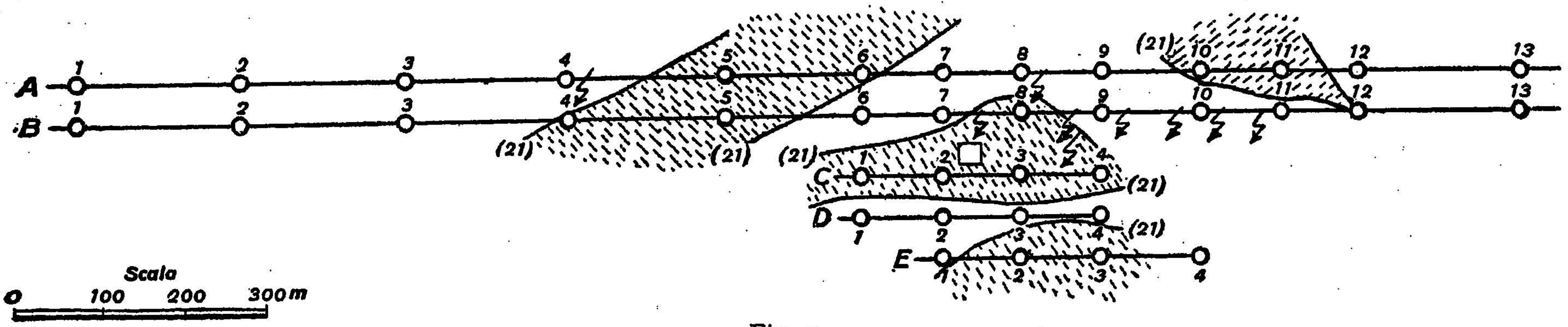



Fig. 1.

La posizione dei punti più soggetti alla caduta di fulmini dipende anzitutto dalla formazione geologica del suolo; così p. es. i calcari compatti non sono quasi mai colpiti, mentre gli scisti argillosi, i graniti ecc. lo sono spesso. I luoghi più esposti sono sulle linee di contatto di due formazioni geologiche diverse, dove sono situati anche i fondo valle, le sorgenti ecc.

Dauzère ha dimostrato che tali fatti non si possono spiegare facendo intervenire la conduttività dei diversi terreni, ma che invece la frequenza delle fulminazioni dipende dalla conduttività dell'aria, ossia dal numero di ioni per cm³, e dalle quantità rispettive di ioni positivi e negativi.

L'articolo di cui ora ci occupiamo riferisce i risultati ottenuti da una spedizione scientifica organizzata dal Laboratorio radiologico dell'Istituto Sovietico di Pesi e Misure per indagare le cause della frequenza dei fulmini nella regione intorno alla centrale elettrica di Celjabinsk. Tali ricerche miravano a verificare l'attendibilità dei risultati ottenuti dagli scienziati francesi e a stabilire l'applicabilità dei metodi da questi adottati anche nelle regioni mèta di studio della spedizione.

(1) C. Dauzère e J. Bouget: « Recherches sur la foudre dans les Pyrénées Centrales ». Congrès des Sociétés Savantes, 1925.

C. Dauzère: « La foudre et les lignes électriques ». *Bulletin S.F.E.*, 1929, pag. 575.

espressa col numero di ioni formati per cm³/sec., è data dalla tabella I.

Tabella I.

| Punto di osservazione N.o | LINEA A | B | C | D | E |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 17.4 | 17.3 | 22.5 | 20.2 | 20.4 |
| 2 | 19.0 | 19.0 | 22.3 | 19.8 | 23.6 |
| 3 | 19.5 | 19.5 | 22.7 | 20.3 | 24.3 |
| 4 | 20.3 | 21.0 | 21.3 | 20.8 | 25.2 |
| 5 | 21.5 | 21.9 | — | — | — |
| 6 | 21.3 | 20.0 | — | — | — |
| 7 | 20.0 | 19.7 | — | — | — |
| 8 | 20.8 | 22.2 | — | — | — |
| 9 | 18.8 | 18.8 | — | — | — |
| 10 | 21.2 | 18.5 | — | — | — |
| 11 | 21.7 | 20.3 | — | — | — |
| 12 | 19.6 | 21.0 | — | — | — |
| 13 | 19.2 | 20.5 | — | — | — |

Esaminando la fig. 1, nella quale sono segnate anche le isolinee corrispondenti a 21 ioni per cm²/sec, si vede che i punti più colpiti si trovano nelle zone di maggior ionizzazione.

Negli stessi punti è stata misurata anche la resistività del terreno a profondità rispettivamente di 7.5, 15, 30, 45 e 60 metri; per ogni punto si è quindi tracciato il diagramma della resistività a varie profondità, portando gli ohm come ascisse e le profondità come ordinate; in base a questi diagrammi è infine possibile tracciare i profili degli strati di ugual resistività e reciprocamente di ugual conduttività. La fig. 2, che si riferisce al caso della linea A, rappresenta appunto con diversi tratteggi gli strati aventi diverse conduttività; il diagramma superiore dà il numero di ioni che si formano per cm²/sec. Da questo e dagli altri profili tracciati per le linee B, C, D, E non pare che esista una relazione fra conduttività del terreno e frequenza di fulmini; pare invece che alcuni terreni abbiano un'influenza speciale sulla formazione di ioni nell'aria sovrastante, dovuta probabilmente alla presenza di elementi radioattivi.

Risultati analoghi si sono avuti nella seconda località o centro di prove; nella terza i risultati sono stati presumibilmente alquanto alterati dalla presenza di uno strato superficiale detritico, di profondità maggiore di 60 m. Non è stato possibile spingere le ricerche a profondità maggiori.

I risultati ottenuti nelle tre zone ora ricordate, insieme a quelli raggiunti nel 1930 in due altri centri di osservazione posti nel distretto di Lug (1), confermano le osservazioni e l'ipotesi di Bouget e Dauzère e permettono all'A. di dedurre alcune conclusioni, che qui riportiamo.

Tutte le località soggette a frequenti colpi di fulmine sono caratterizzate da un alto grado di ionizzazione dell'aria, di valore costante per le singole località, e da forti radiazioni terrestri (raggi $\gamma$). Questi fenomeni sono da attribuire alla concentrazione di elementi radioattivi nelle roccie locali: per le località considerate si è rilevato un valore dell'attività dell'acqua fino a 4 unità Mache. La frequenza dei fulmini è dunque in stretta relazione con le caratteristiche geologiche dei terreni colpiti.

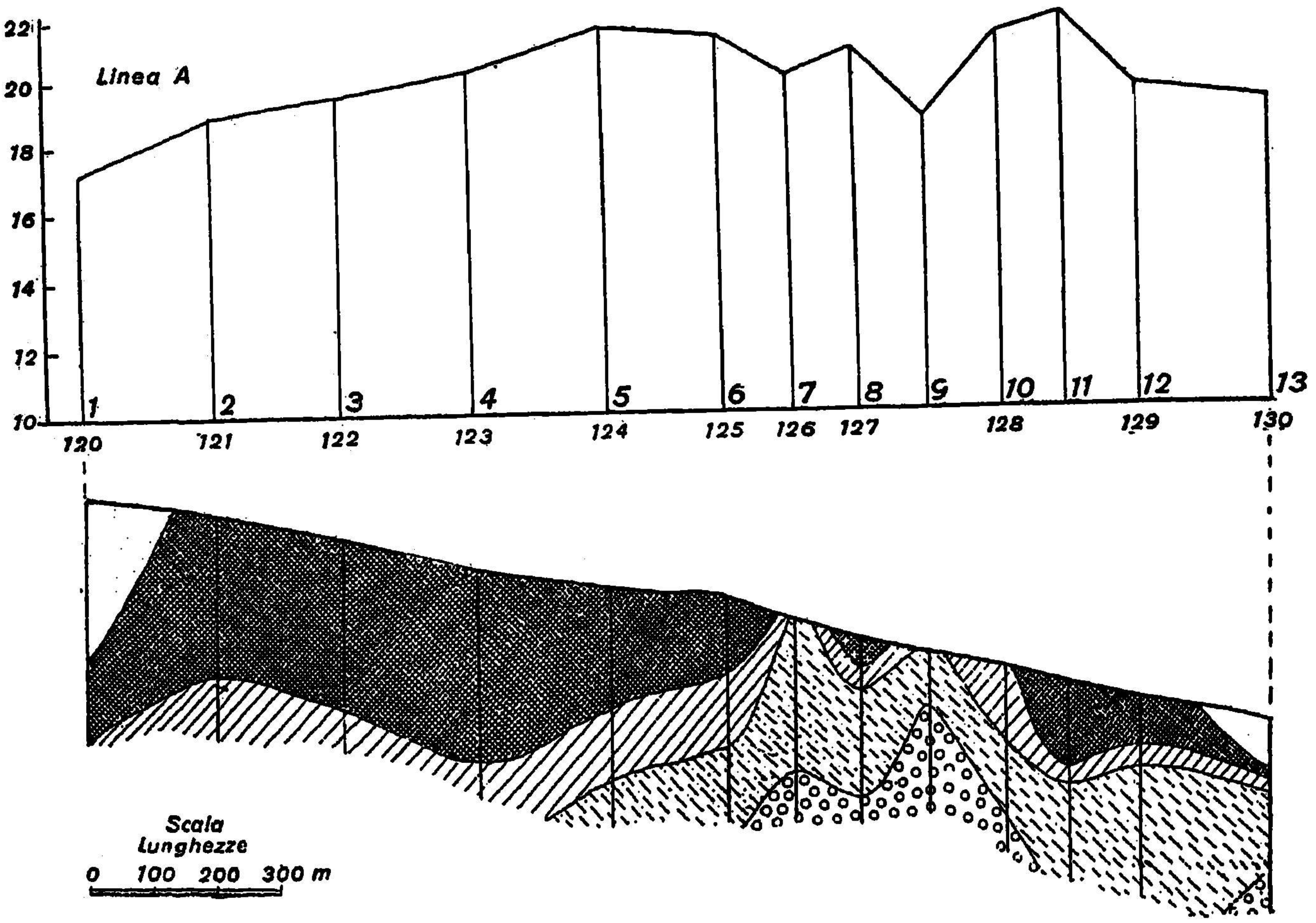



Fig. 2.

Abbiamo ricordato come dalle osservazioni di Dauzère e Bouget si rilevi che i luoghi più esposti sono sulle linee di contatto fra roccie eterogenee; secondo l'A. ciò si può spiegare col fatto che la concentrazione degli elementi radioattivi è sempre maggiore nelle zone di contatto.

L'A. conferma anche, come già rilevato da Dauzère, che la conduttività elettrica degli strati superficiali del terreno non influisce sulla frequenza dei fulmini. Esiste però una certa relazione fra una determinata conduttività, caratteristica per ogni regione, e l'intensità delle radiazioni terrestri (raggi $\gamma$). In altre parole ogni roccia radioattiva ha anche una determinata conduttività.

Risulta da tutto quanto sopra che nei fenomeni considerati hanno importanza sopratutto le osservazioni radiologiche, mentre le misure elettriche (conduttività del terreno) possono servire per lo studio razionale delle messe a terra. Le ricerche sulla frequenza dei fulmini, per quanto ancora poco numerose e un po' vaghe, sono importanti tanto per la scelta del tracciato più opportuno di una nuova linea che per lo studio della protezione di una conduttura già esistente.

M. A.

---

(1) *Electricestvo*, N. 5, 1931 e *Journal de Physique et de Radium*, Aprile 1931.

# RASSEGNA TECNICA

## a) ABACO E REGOLO CALCOLATORE (CIRCOLARE) PER L'APPLICAZIONE DELLA FORMOLA DI BOLOMEY

*Arts et Metiers*, settembre 1932. – LACHAISE.

Com'è noto, le formole dedotte dalle ricerche di Ferret, Abrams, Graf e Bolomey, hanno dimostrato che la resistenza delle malte, come dei calcestruzzi, dipende essenzialmente: *a*) dalla qualità del cemento (durata e modalità d'indurimento); *b*) dal rapporto acqua : cemento.

Tale dipendenza si può esprimere mediante una relazione generica: $R = f(K, C, E)$, i cui simboli hanno i seguenti significati: $K$ è un coefficiente di qualità del cemento, $C$ rappresenta la dosatura del cemento ed $E$ la quantità di acqua per il relativo impasto.

Delle varie formule usate, quella di Bolomey è la più diffusa tanto che l'espressione generale $R = \left[\left(\frac{\Delta}{2{,}35}\right)^2 \frac{C}{E}\right]^{3/2} \times \frac{K''}{2}$, è stata anche trasformata in una formola approssimata $R = \left(\frac{C}{E} - 0{,}50\right) K''$, per l'uso sui cantieri. In essa $\Delta$ è la densità del calcestruzzo, $\frac{C}{E}$ il rapporto fra il peso di cemento e quello dell'acqua d'impasto, come accennato.

Per rendere più spediti i calcoli, si può ricorrere all'abaco a cui la formola stessa dà agevolmente luogo. Infatti, prendendo i logaritmi di essa e semplificando, abbiamo:

$$\log R = \frac{3}{2} \log \left(\frac{\Delta}{2{,}35}\right)^2 \times \frac{3}{2} \log \frac{C}{E} \times \log \frac{K''}{2} =$$

$= 3 \log \Delta + \frac{3}{2} \log \frac{C}{E} + \log K'' - 1{,}414$. Introducendo un'incognita ausiliaria $W$, tale che $\log W = 3 \log \Delta + \frac{3}{2} \log \frac{C}{E}$, abbiamo una equazione generale del tipo $z = ax + by + c$, relativa ad un abaco a tre linee parallele. In essa $c = 0$, $x$ ($\Delta$) può variare da 2 a 3, $y\left(\frac{C}{E}\right)$ varia da 0,5 a 4, i suoi valori pratici però sono compresi fra 1 e 2,5. Se ci riferiamo ad un quadrato di 160 mm di lato, le scale sono ovviamente così determinate: per l'asse delle $x$,

$$e_x = \frac{160}{\log 3 - \log 2} = 910 \text{ mm},$$

per l'asse $y$,

$$e_y = \frac{160}{\log 4 - \log 0{,}5} = 177.$$

Per l'asse $z$ si ha il valore

$$\frac{1}{e_z} = \frac{a}{e_x} + \frac{b}{e_y} = \frac{3}{910} + \frac{3/2}{177} = 85,$$

esso disterà dall'asse $x$ di una quantità

$$\frac{b\, e_x}{b\, e_x + a\, e_y} \times 160 = 115.$$

Ripetendo ora lo stesso artificio per i valori dell'equazione logaritmica contenente l'espressione del logaritmo di $W$ si ritrova: $\log R = \log W + \log K'' - 1{,}414$; simile sempre all'espressione generale $z = ax + by + c$, dove $e_x = 85$, corrisponde alla scala delle $z$ della precedente equazione. Se $K''$ varia da 100 a 500 si ha:

$$e_y = \frac{160}{\log 500 - \log 100} = 229,$$

e per la scala delle $z$: $\frac{1}{e_z} = \frac{1}{85} + \frac{1}{229} = 62$, con una distanza fra l'asse $x$ e l'asse $z$, sempre mantenendo fermo in 160 lo scartamento fra gli assi estremi, data da:

$$\frac{1 \times 85}{85 + 229} \times 160 = 43{,}25.$$

Il valore minimo di $z$ corrisponderà ai valori minimi di $x$ e di $y$, cioè di $\log W$ e $\log K''$; il minimo di $\log W$ è dato dai valori inferiori di $\Delta$ e di $\frac{C}{E}$, cioè per $\Delta = 2$ e $\frac{C}{E} = 0{,}5$, ed è uguale a 0,45 come si può verificare dalla sua espressione. Il minimo di $K''$ è uguale a log 100 cioè a 2, sicchè l'espressione di $z$ ($\log R$) sarà minima con i valori: $\log R = 0{,}45 + 2 - 1{,}414$, da cui $R = 11$.

Passando ai valori massimi si ha analogamente il massimo di $x$ ($\log W$), per $\Delta = 3$ e $\frac{C}{E} = 4$, che, è uguale 2,334; il massimo di $\log K = \log 500 = 2{,}698$ e quindi:

$$\log R = 2{,}334 + 2{,}698 - 1{,}414 = 3{,}618$$

da cui $R = 4{,}150$.

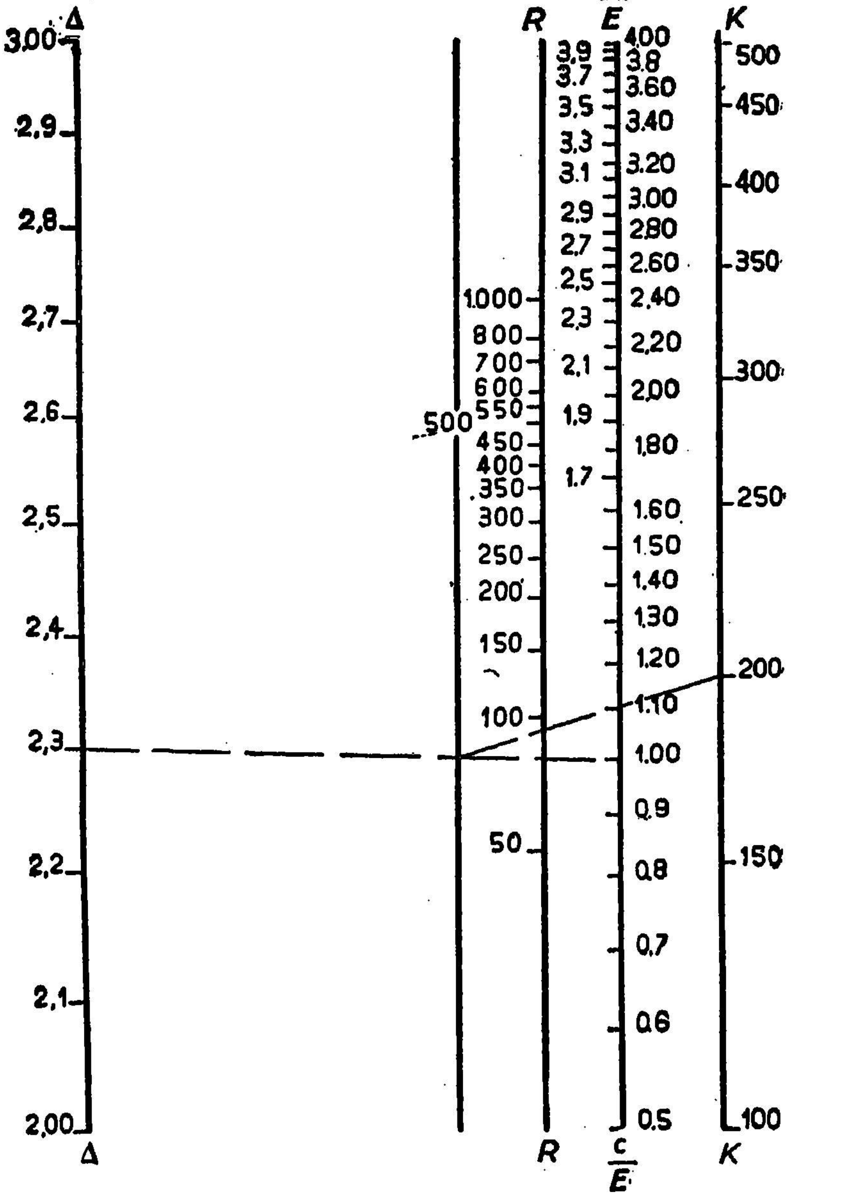



Fig. 1. - Abaco per l'applicazione della formula del Bolomey.

Questi diversi dati consentono ora di tracciare l'abaco (fig. 1) per diversi valori delle incognite, in modo da avere i punti principali. L'uso poi risulta estremamente semplice come si può dedurre da un caso concreto.

Sia per esempio da determinare la resistenza di un calcestruzzo in cui la densità $\Delta = 2{,}3$, il rapporto $\frac{C}{E} = 1{,}00$, il coefficiente $K'' = 200$. All'uopo occorre tagliare la fondamentale, con la retta congiungente i valori di $\Delta$, e $\frac{C}{E}$; la congiungente del punto d'incrocio, con $K'' = 200$, taglia la $R$ nel punto cercato, che nel caso in esame è 94 kg/cmq.

Naturalmente l'abaco si presta ad essere adoperato convenientemente, e con valori anche per grande precisione, negli uffici, dove si dispone di ogni mezzo di sostegno, di lettura,

ecc. Sui cantieri invece può essere più agevole l'uso del cerchio calcolatore, della formola generale del Bolomey; infatti posto in essa $\frac{\Delta}{235} = x$ si ha,

$$R = \left[x^2 \times \frac{C}{E}\right]^{3/2} \times K'' = x^3 \times \frac{C^{3/2}}{E} \times \frac{K''}{2},$$

da cui

$$\log R = 3 \log x + \frac{3}{2} \log \frac{C}{E} + \log \frac{K''}{2}.$$

La costruzione di un cerchio di tale genere non presenta alcuna difficoltà, basta portare cioè i logaritmi corrispondenti ai vari termini dell'equazione di cui sopra, nelle scale riferite ai diversi raggi (fig. 2). Questo cerchio praticamente potrà essere ottenuto

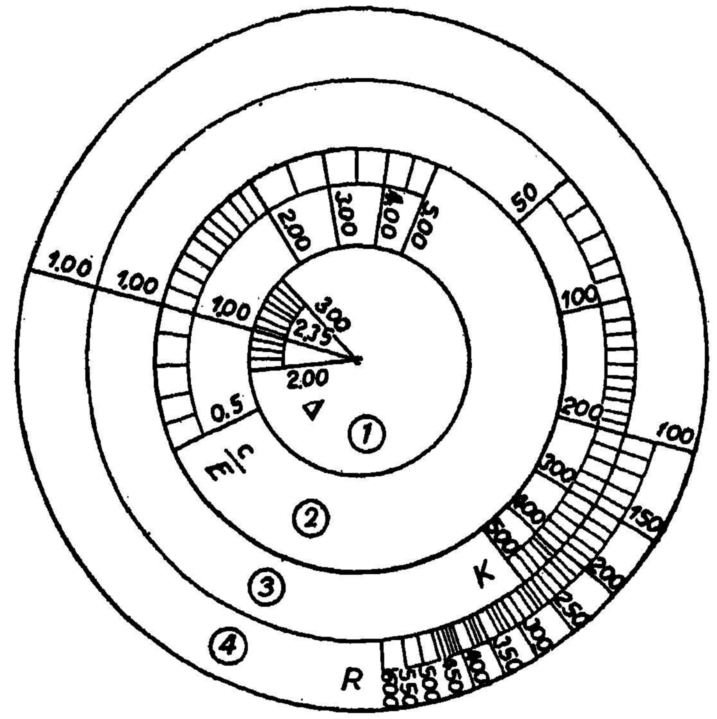


Fig. 2. - Regolo calcolatore per l'applicazione della formola del Bolomey.

(1) – parte fissa (densità del calcestruzzo).
(2) – parte mobile (fattore cemento: acqua).
(3) – parte mobile (coefficiente $K$).
(4) – parte fissa (reistenza del calcestruzzo).

per sovrapposizione di dischi in carta pesante o celluloide, con un asse al centro per permettere la rotazione. L'uso è ovvio: prendere nella parte centrale il valore $\Delta$, e portare l'1 del primo disco mobile coi valori di $\frac{C}{E}$, in corrispondenza di questo valore, portare poi l'1 del secondo cerchio mobile, coi valori di ($K''$), in corrispondenza al valore $\frac{C}{E}$ dato, e leggere la resistenza sul cerchio fisso ($R$), corrispondente al valore $\frac{C}{E}$. Il tracciato in figura 2 corrisponde precisamente alla seguente posizione: $\Delta = 2{,}35$ ; $\frac{C}{E} = 1$ ; $K = 200$, che dà $R = 100$.

Ru.

## b) IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE DI RAFFREDDAMENTO DEI CONDENSATORI CON CLORO GASSOSO, COME RIMEDIO CONTRO IL DETERIORAMENTO DEI TUBI DEI CONDENSATORI, DELLE TUBAZIONI DI RACCORDO E DEI RECIPIENTI

*La Revue Industrielle*, luglio 1932. P. L. Boucher.

Gli inconvenienti maggiori finora riscontratisi nell'uso delle acque di raffreddamento dei condensatori sono dovuti ai depositi che si formano nei tubi e nelle condotte di circolazione, tanto nel caso di centrali utilizzanti acque di fiume, come in quelle che si servono dell'acqua di mare. Tali incrostazioni fangose, vischiose ecc. non sono conduttrici del calore, lentamente portano all'abbassamento del rendimento: infatti una perdita di vuoto di cm 2,5 dà un aumento nel consumo di vapore fino al 5 %. In Inghilterra si previene l'inconveniente ricorrendo al trattamento con cloro gassoso delle acque avviate in centrale, segnando un notevole progresso con l'introduzione dell'apparecchio di clorizzazione Paterson. Il cloro infatti sembra abbia un effetto tossico sugli organismi che causano la deteriorizzazione, e ne impedisce lo sviluppo: è sufficiente una dose minima di cloro per impedire agli organismi di fissarsi sulla superficie tubolare dove formerebbero un rivestimento gelatinoso su cui si aggiungerebbero poi dei depositi fangosi. La quantità di cloro occorrente varia con lo stato delle acque impiegate, ma raramente la dose oltrepassa 1 g per mc, esso viene assorbito del contenuto organico dell'acqua e si sopprime così qualunque rischio di corrosione.

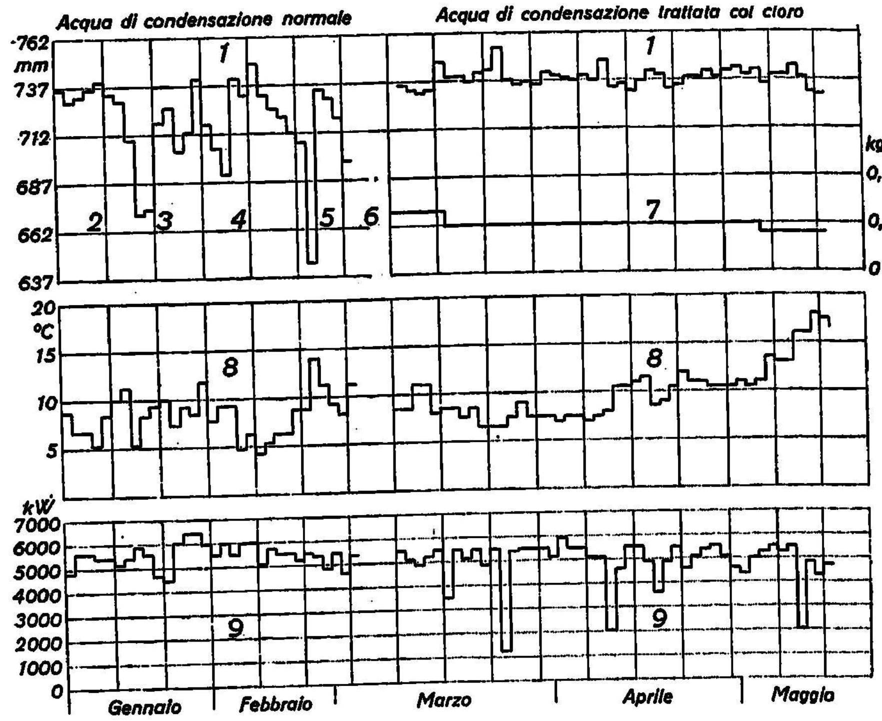



Fig. 1. - Diagrammi relativi alla centrale di Hackney, prima e dopo il trattamento delle acque col cloro gassoso.

1 - Vuoto con un'altezza barometrica di mm 762.
2, 3, 4, 5, 6 - Pulizia condensatore eseguita l'8 e il 20 gennaio, il 5 e il 27 febbraio e l'11 marzo 1922.
7 - Portata del cloro in kg/h.
8 - Temperatura acqua del fiume all'arrivo.
9 - Rendimento in kWh.

Interessante si presenta la fig. 1, dove sono riportati i risultati raggiunti presso la centrale di Hackney, messi a confronto con le condizioni di esercizio precedenti a tale applicazione; si noti come il vuoto si abbassa periodicamente e dannosamente con le acque non trattate.

L'A. riassume poi i rapporti provenienti da una serie di centrali, i quali mostrano che la perdita media del vuoto, che si doveva tollerare prima della trattazione col cloro, influiva in ogni caso dannosamente sul rendimento, e le condizioni peggioravano durante l'estate, quando il vuoto può abbassarsi con rapidità allarmante. Con l'acqua non trattata i condensatori si deteriorano più rapidamente, inoltre essi richiedono forti spese per la frequente pulizia, per la necessità di pompare più acqua di raffreddamento ecc., mentre la spesa per il trattamento col cloro è sempre piccola, e diventa trascurabile in confronto delle economie che permette di realizzare.

Prima di passare alla descrizione dettagliata dell'apparecchio Paterson, viene citata la bibliografia esistente sull'argomento ed accennato ai brillanti risultati ottenuti pure dal trattamento delle acque di mare col cloro, il cui uso è stato anche suggerito da diverse autorità; un cenno relativo ad alcune installazioni utilizzanti acqua di mare, conferma i brillanti risultati, con particolari ulteriori vantaggi realizzati, caso per caso.

Nel sistema di clorizzazione Paterson, adottato da quasi tutte le centrali per forza motrice della Gran Brettagna, si impiega cloro gassoso puro, compresso allo stato liquido entro normali bottiglie a gas. Esso effluisce in quantità nettamente regolata da uno strumento definito « cloronomo », in modo che la quantità utilizzata risulta esattamente quella necessaria per controllare lo sviluppo degli organismi dannosi. Com'è noto il cloro è un agente ossidante, estremamente potente, ed è sufficiente una quantità piccolissima per produrre l'effetto desiderato, quando è, beninteso, distribuito uniformemente nell'acqua da trattare come accennato.

Nell'uso la quantità misurata di gas viene disciolta in una piccola quantità di acqua, e la soluzione di cloro così ottenuta è iniettata nel condotto d'aspirazione della pompa di circolazione: l'agitazione derivante dal passaggio dell'acqua attraverso la pompa assicura una miscela perfetta. La fig. 2 riporta i diversi organi dell'apparecchio. Il gas dalle bottiglie passa attraverso un piccolo filtro con due valvole riduttrici in serie, per mantenere la pressione costante sulla valvola di regolazione, mentre appositi manometri mettono in evidenza il valore della riduzione di pressione nell'interno della bottiglia. Dalla valvola di regolazione, poi, il gas passa attraverso un orifizio ricavato in una membrana di argento; la perdita di carico misurata sull'orifizio misura la quantità di cloro affluito. Tale perdita

è segnata dall'abbassamento di una colonna di acido solforico contenuta entro un tubo ad U, le cui estremità sono collegate alla condotta di gas a mezzo di un tubo che tocca il diaframma, la lettura viene effettuata su di una scala graduata situata

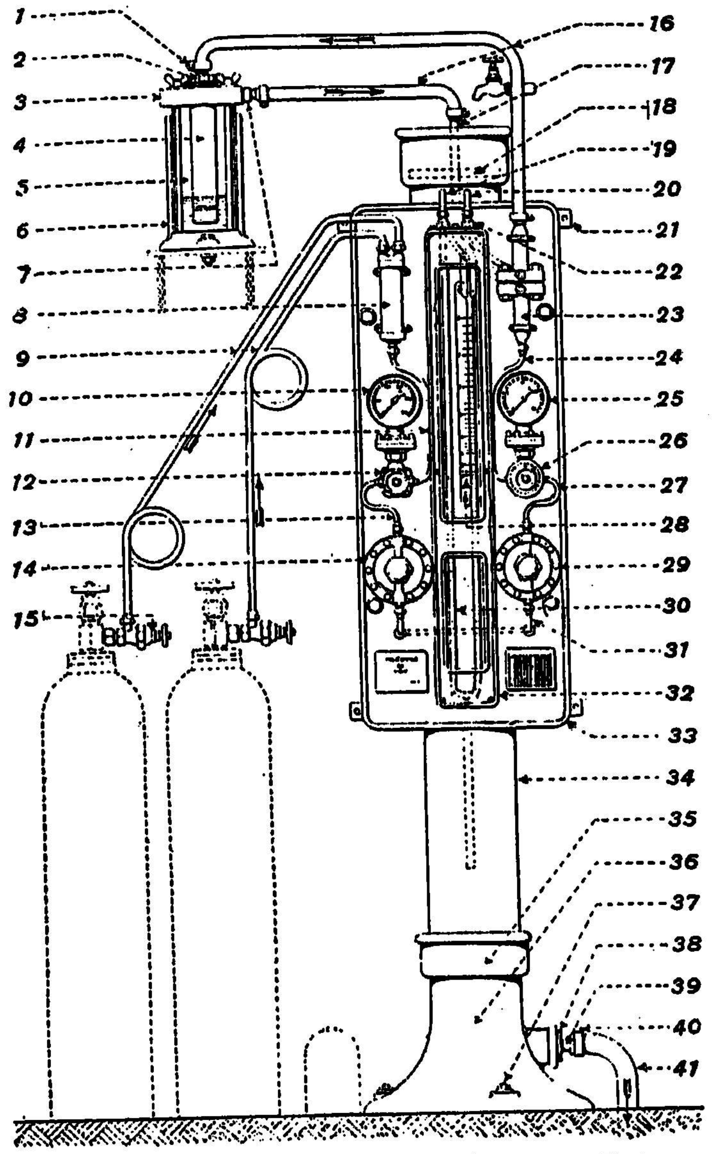



Fig. 2. - Sezione schematica del cloronomo Paterson.

1 Raccordo.
2 Bollone dell'appar. di disidratazione.
3 Cappello » » »
4 Tubo » » »
5 Recipiente per acido.
6 Inviluppo dell'app. di disidratazione.
7 Scarico » » »
8 Filtro » » »
9 Tubo di connessione.
10 Manometro ad alta pressione.
11 Tubo di collegamento al filtro.
12 Valvola di arresto.
13 Tubo di collegamento alla valvola di arresto.
14 Svolgitore N. 1.
15 Valvola di connessione.
16 Connessione dell'apparecchio di disidratazione.
17 Tubo di ebanite.
18 Piatto superiore perforato.
19 Tubo di uscita del manometro.
20 Tubo di entrata del manometro.
21 Gancio del coperchio.
22 Raccordo del manometro.
23 Raccordo del diaframma.
24 Tubo di accoppiamento al diaframma.
25 Manometro a bassa presssione.
26 Valvola di regolazione.
27 Tubo di accoppiamento della valvola di regolazione.
28 Scala graduata.
29 Svolgitore N. 2.
30 Tubo manometrico.
31 Tubo di collegamento dei due svolgitori.
32 Custodia nel manometro.
33 Base del coperchio.
34 Colonna di assorbimento.
35 Piatto perforato, interno.
36 Base della colonna di assorbimento.
37 Bolloni di fissaggio della colonna di assorbimento.
38 Tappo in caoutchouc.
39 Tubo di scarico in vetro.
40 Raccordo.
41 Tubo di scarico della soluzione di cloro.

dietro il tubo, calibrato con l'orificio. Dopo il diaframma, il gas misurato passa attraverso un giunto di materiale acido, arrivando alla torre di assorbimento riempita di pietra pomice in piccoli frammenti; esso è scaricato alla base della torre ed assorbito da una piccola corrente di acqua proveniente dall'alto che scorre sui frammenti di pietra pomice con velocità appropriata per discioglierе completamente il cloro gassoso. L'ufficio del giunto acido, attraverso il quale il gas passa per arrivare alla torre, è quello di impedire che l'eventuale umidità, proveniente dalla torre stessa, possa raggiungere le parti metalliche dell'apparecchio, dove in presenza di cloro darebbe luogo a formazione di corrosioni. La soluzione di cloro così ottenuta, dalla base della torre, attraverso un tubo pieghevole, resistente alla sua azione, è condotta al posto di utilizzazione che, come è stato accennato, è rappresentato dal tubo di aspirazione o dalla cassa della pompa di circolazione.

Ru.

## L'INSTALLAZIONE DI UN GRUPPO DA 160 000 kW NELL'IMPIANTO DI HUDSON. LE GARANZIE DI ESERCIZIO FISSATE DAI COSTRUTTORI, SUPERATE NELLE PROVE DI COLLAUDO. (c

*The Electrician*, 19 agosto 1932.

Come è già stato riferito dalla stampa tecnica, si tratta di un gruppo con turbina a vapore, a due cilindri in tandem, ed alternatore direttamente accoppiati, che è stato installato nella centrale di Hudson della Brooklyn Edison Company; ad esso fa seguito un secondo gruppo della stessa potenza di 160 000 kW e velocità di 1800 giri al minuto. La costruzione è perfettamente compatta, occupando in pianta un'area di appena m 28×8, a cui una volta corrispondevano le dimensioni di

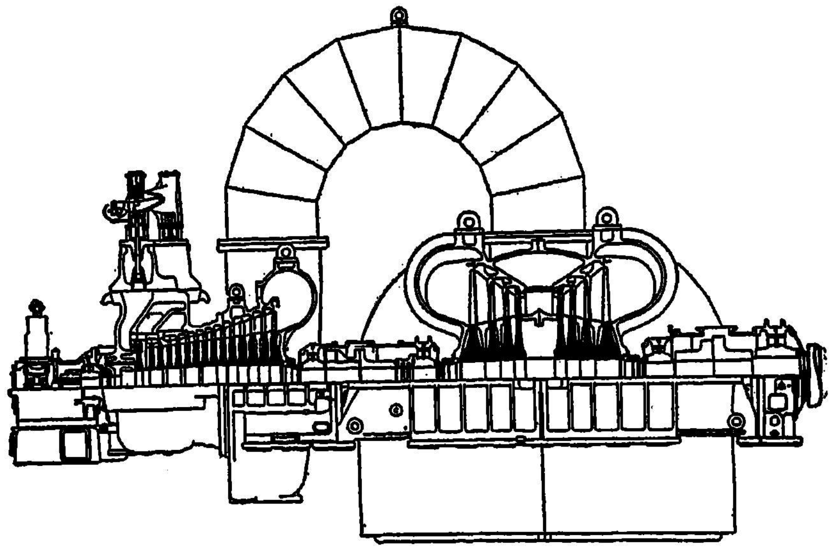


Fig. 1. - Sezione trasversale della turbina da 160 000 kW.

un gruppo di appena 50 000 kW. I dati della turbina rispondono ad una pressione di vapore di 28,5 kg/cmq all'ammissione e 0,007 kg/cmq allo scarico, ad una temperatura di ammissione di 390° C, con due estrazioni intermedie per il riscaldamento dell'acqua di alimentazione. La figura 1, mostra i dettagli costruttivi della turbina: l'alta pressione è costituita da una ruota doppia ad azione e da 14 ruote semplici a reazione; la bassa, a doppio flusso, comprende 4 coppie di ruote; il tubo di comunicazione fra l'alta e la bassa pressione, del diametro di m 1,80, è formato da lamiere di acciaio. Occorre notare che le palette dell'ultima fila della bassa pressione sono di una lunghezza che corrisponde al limite del valore derivante dalle prescrizioni usuali, infatti di fronte al diametro complessivo di m 2,90 sta una lunghezza di palette di m 0,95, ciò che conduce ad una velocità periferica di circa 400 m/sec. L'ammissione del vapore, in vista di migliorare il rendimento ai carichi ridotti, viene effettuata in testa ed in due punti intermedi del cilindro ad alta pressione, e ciò porta ad una curva abbastanza piatta, con uno scarto di 1 ¼% fra metà carico (80 000 kW) e pieno carico; il massimo consumo di vapore segnalato è di 680 000 kg/h. L'albero della turbina, presso il supporto intermedio è munito di un ingranaggio mediante il quale è possibile, con l'intervento di un motore ausiliario, di effettuare, nei periodi di messa fuori esercizio, la rotazione del gruppo per il numero di gradi che può essere richiesto per facilitare ispezioni, riparazioni, etc. Una serie completa di strumenti e di apparecchi consente di effettuare tutte le misure di controllo, di registrazioni, trasmissione di dati ecc., in modo che tutto il complesso delle operazioni lasciate all'opera dell'uomo risultano estremamente fa-

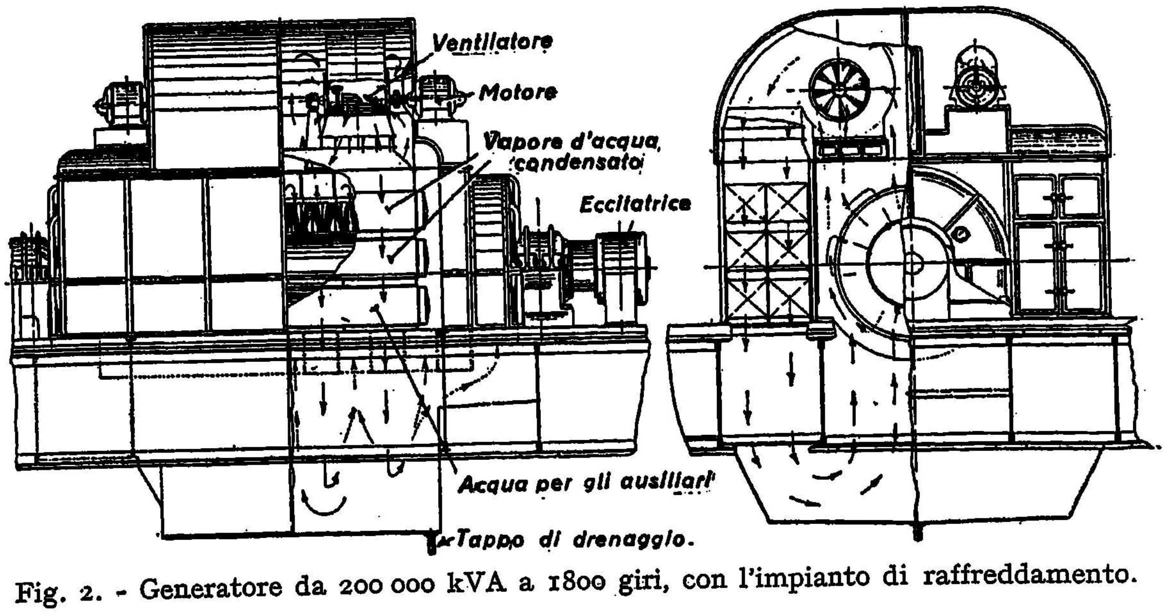



Fig. 2. - Generatore da 200 000 kVA a 1800 giri, con l'impianto di raffreddamento.

cilitate, ciò che in impianti del genere conduce ad una diminuzione di oneri notevolissima.

Il generatore elettrico, della potenza di 200 000 kVA a cos $\varphi$ = 0,8, avvolto per 16 500 V, è connesso, attraverso un auto-trasformatore, ad un sistema di sbarre alla tensione di 27 600 V.

Il raffreddamento di questa macchina ha richiesto una razionale installazione la quale assicura tanto la circolazione dell'aria con uno speciale sistema di ventilazione, come il passaggio continuo di acqua entro sistemi di refrigerazione espressamente costruiti: la fig. 2 mette in evidenza la particolarità del complesso. La carcassa è in lamiera, con unione mediante saldatura, divisibile secondo zone simmetriche per facilità di trasporto e di montaggio: il suo peso totale è di kg 237 000.

Le prove sul gruppo sono state effettuate nella primavera scorsa e tutti gli accorgimenti sono stati messi in opera per ottenere i risultati più attendibili, comprese le ripetizioni delle misure stesse, che hanno sempre dato piena concordanza. Dai risultati è emerso che in generale la turbina ha un rendimento del 0,6% migliore di quello garantito ed ai massimi carichi la curva risulta più regolarmente appiattita. Sono state inoltre effettuate estrazioni di vapore condensato in quantità variabili da 10 900 kg/h, con un carico di 100 000 kW, a 6800 kg/h, col carico di 170 000 kW, ed i confronti dal punto di vista del rendimento con la turbina in funzione senza lo spurgo dei condotti di drenaggio, hanno confermato la convenienza di procedere all'eliminazione del vapore condensato. Questa eliminazione ha considerevolmente ridotta l'erosione delle ultime file di palette, in un primo tempo dovuta appunto all'azione dell'acqua condotta allo scarico.

Ru.

---

## d) CONDUTTORI DOPPI PER LINEE DI TRASMISSIONE

*Electrical Engineering*, ottobre 1932. – H. B. DWIGHT e E. B. FARMER.

L'articolo esamina i vantaggi e gli svantaggi che si possono ricavare dall'impiego nelle linee aeree di trasmissione di *conduttori doppi*, ossia di due conduttori per fase invece di uno. I due conduttori sono disposti uno sotto l'altro, a pochi centimetri di distanza, collegati all'incirca come la fune portante e la linea di contatto nelle catenarie per ferrovie elettriche e sono pertanto elettricamente in parallelo.

Il più importante degli effetti che così si ottengono consiste nella riduzione della reattanza rispetto al caso di conduttori semplici dello stesso peso. La reattanza è molte volte il fattore che determina l'entità della potenza trasportabile dalla linea, specialmente quando non vi sia una completa regolazione della tensione per mezzo di condensatori sincroni, perchè tanto la caduta di tensione che il limite di stabilità del carico dipendono principalmente dalla reattanza. Con l'adozione dei conduttori doppi si può dunque aumentare la potenza trasportabile senza aumentare il peso del rame impiegato; l'incremento della potenza è dell'ordine del 20%.

Per linee con conduttori doppi, la formula che dà la reattanza chilometrica risulta diversa dalle formule ordinarie e precisamente:

per conduttori pieni:

$$R = \pi f\, 10^{-6} \left( 50 + 460 \log \frac{s^2}{m\rho} \right.$$

per corde a sette fili:

$$R = \pi f\, 10^{-6} \left( 64.1 + 460 \log \frac{s^2}{m\rho} \right.$$

per corde a 19 fili:

$$R = \pi f\, 10^{-6} \left( 55.4 + 460 \log \frac{s^2}{m\rho} \right.$$

essendo $f$ la frequenza, $s$ la distanza media geometrica fra le fasi, $m$ la distanza fra i due conduttori di una fase, $\rho$ il raggio dei conduttori.

Come si vede dalle formule, la reattanza diminuisce con l'aumentare della distanza fra i due conduttori di una fase; così p. es. nel caso di una linea con $s$ = 3 m circa e conduttori della sezione di 253 mm² complessivi per fase (500.000 circular mils), la reattanza diminuisce dal valore di 0.4 ohm per km (0.65 ohm per miglio) con m = 38 mm (1½") a 0.35 ohm per km (0.57 ohm per miglio) con m = 152 mm (6"). Con un solo conduttore per fase la reattanza è di 0.45 ohm per km (0.725 ohm per miglio).

Qualche volta, nel caso di una linea già costruita, la potenza trasportabile è limitata dalle perdite troppo alte per resistenza ohmica: l'articolo accenna che in tal caso, se la linea ha un certo margine di sicurezza meccanica, è possibile aggiungere il secondo conduttore, dimezzando la resistenza ohmica, senza togliere il vecchio conduttore e con un peso di rame nuovo pari soltanto alla metà di quanto sarebbe occorso mettendo un solo conduttore di sezione doppia. Ci pare però che la possibilità accennata abbia un interesse più speculativo che pratico, perchè è difficile che il margine di sicurezza della linea sia tale da permettere di raddoppiare senza pericolo il carico di vento e ghiaccio sui conduttori.

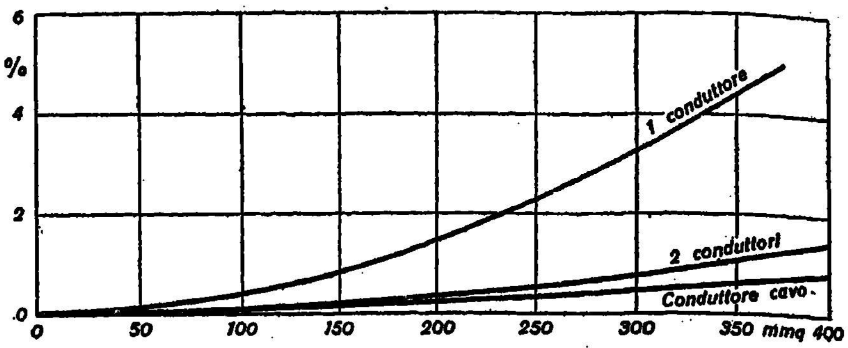



Fig. 1. - Aumento della resistenza per skin-effect a frequenza 60, con conduttore semplice e doppio.

Per linee di nuova costruzione, la differenza di resistenza fra i due tipi di conduttore, semplice e doppio, è dovuto allo *skin-effect*. Si vede dalla fig. 1 che, per sezioni non molto grandi, si tratta di differenze minime.

Alcune volte e soprattutto per brevi linee di collegamento che in caso di emergenza devono poter trasportare anche il doppio del carico normale, bisogna tener conto anche del riscaldamento del conduttore, che oltre certi limiti può provocare ricottura del rame crudo o l'ossidazione dei giunti. Sotto questo punto di vista il doppio conduttore è più favorevole, avendo a parità di sezione una maggior superficie di disperdimento rispetto al conduttore unico.

La capacitanza di una linea aerea con conduttore doppio è data dalla formula $b = \dfrac{4\pi f \times 62.4 \times 10^{-6}}{\log \dfrac{s^2}{m\rho}}$ mho per km

ed è almeno del 20% maggiore che nel caso di conduttore semplice con ugual peso di rame per km, come risulta dalla fig. 2. Questo può essere un vantaggio quando per esempio centrali e centri di utilizzazione sono ben distribuiti lungo la rete, nel qual caso l'aumento di capacitanza permette di economizzare sulla potenza dei condensatori sincroni da installare; invece quando si abbiano lunghe linee di trasporto e il carico sia molto lontano dai gruppi generatori, occorrono precauzioni speciali nei riguardi della stabilità del sistema.

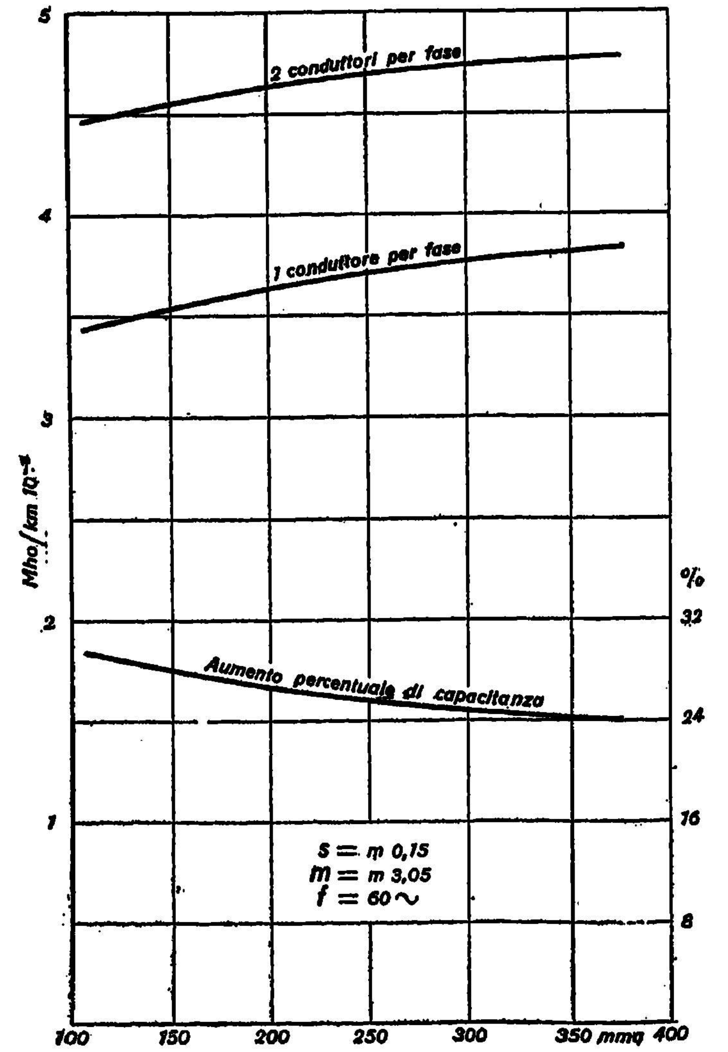



Fig. 2. - Confronto fra le capacitanze di linee a conduttore semplice e doppio.

Con conduttori doppi, la tensione critica di corona è data dalla formula $e_0 = 105 \rho \log \frac{s}{\rho}$, dove come coefficiente di irregolarità si è assunto un valore di 0.85. Essa subisce in generale un aumento rispetto al caso dei conduttori semplici; per valori normali della distanza fra i due conduttori in parallelo le differenze sono però molto piccole. Occorre poi tener presente che se per una linea con conduttori semplici e una con conduttori doppi il calcolo dà la stessa tensione critica, nel secondo caso la tensione di esercizio va tenuta più bassa che nel primo caso, perchè quando si produce corona, come per esempio durante temporali, la seconda linea ha il doppio numero di conduttori sui quali si producono perdite.

La costruzione di una linea con conduttori doppi è più costosa di quella di una con conduttori semplici di ugual resistenza meccanica. Il sovraccarico di vento e ghiaccio è infatti in tal caso molto maggiore, richiedendo un peso maggiore di sostegni; inoltre occorrono franchi maggiori ed eventualmente campate minori. Non essendo certo che il tiro nei conduttori venga sopportato dai due componenti del conduttore doppio in parti esattamente uguali, bisogna poi tenere un coefficiente di sicurezza meccanica maggiore. Infine anche il costo della tesatura e il costo di costruzione del conduttore sono maggiori.

Perchè l'uso dei doppi conduttori sia conveniente, bisogna dunque che la maggior spesa sia compensata dai vantaggi indicati più sopra e in special modo dalla diminuzione della reattanza. La preferenza al doppio conduttore sarà pertanto da accordarsi solo in casi speciali, e soprattutto quando la regolazione della tensione non possa convenientemente farsi per mezzo di condensatori sincroni. Data l'importanza dei sovraccarichi di ghiaccio e vento, la costruzione con conduttori doppi si presenta specialmente interessante per regioni a clima mite.

M. A.

## e) COORDINAZIONE DELL'ISOLAMENTO COME DIFESA CONTRO LE SOVRATENSIONI ATMOSFERICHE

R. N. Conwell: *Electrical World*, 24 - 9 - 1932.

La razionale coordinazione dell'isolamento in un impianto elettrico permette di mantenere in servizio e di proteggere le parti vitali dell'impianto stesso a scapito di altre meno importanti. Scegliendo poi degli appropriati valori dell'isolamento delle singole parti si potrà anche giungere più facilmente ad una standardizzazione degli isolatori e dei passanti e si potranno ridurre ad un minimo gli isolamenti eccezionali. Tutto questo porterebbe ad una notevole diminuzione delle scorte di isolatori e di passanti di riserva.

Il nocciolo della questione sta nel fissare i valori minimi di isolamento che, per una data tensione e per date condizioni atmosferiche prevalenti, si devono dare a ciascuna parte dell'impianto a seconda della sua importanza. Dopo di che interessa vedere come si svolge la coordinazione dell'isolamento, dalle linee di trasmissione, agli interruttori, alle sbarre, ecc. fino ai trasformatori situati nelle stazioni o nelle centrali.

Durante lo sviluppo dell'industria elettrica si era dapprima unanimi nel prevedere in ogni caso che le sovratensioni atmosferiche si scaricassero preferibilmente tra le fasi delle linee esterne alle stazioni e ciò allo scopo di poter salvaguardare il macchinario. A questo proposito si istallavano, specie per le linee a bassa tensione, una o più terne ausiliarie atte a garantire il pronto ripristino del servizio.

Coll'aumentare della tensione di esercizio le condutture hanno assunto continuamente una importanza crescente e si è venuti a preferire in alcuni casi che l'eventuale punto debole dell'impianto non fosse più rappresentato dall'intera linea, ma bensì da punti particolari in prossimità delle stazioni o addirittura entro queste. Da quanto precede, ne deriva quindi la necessità di graduare in ogni caso gli isolamenti prendendo come punto di partenza il valore della parte che è destinata ad essere il lato debole dell'impianto.

Per stabilire il valore minimo dell'isolamento bisogna sopratutto tener conto delle condizioni atmosferiche locali. Naturalmente se detto isolamento si riferisce alle linee, bisogna poi far distinzione a seconda che si tratta di terne su tralicci in ferro o su pali in legno. Nel breve accenno che segue vengono prese in considerazione solo linee per medie e alte tensioni su tralicci in ferro, armate con isolatori sospesi.

Per progettare l'isolamento di un impianto conviene ancora partire da quello della linea e, per quest'ultimo, dopo aver analizzate le condizioni atmosferiche locali prevalenti, necessita pure tener conto dell'importanza che la linea stessa ha per quanto riguarda l'esercizio. Al solito poi bisogna tener presente se esistono o meno fili di terra, apparecchi di protezione, scaricatori, ecc. Tutti questi fattori assieme devono servire a determinare il tipo di isolamento più economico che garantisca l'esercizio.

Per ora non si hanno ancora dati statistici sufficienti per poter dare una guida sicura sul valore dell'isolamento necessario alle linee nei singoli casi. Si riportano a tipo di esempio i dati relativi ad alcune linee funzionanti alla tensione di esercizio di 220 kV.

| Anno di costruzione | Linee | Numero isolatori per catena | | Linee esposte a scariche dirette ? |
|---|---|---|---|---|
| | | consigliati | installati (1) | |
| 1923 | Big Creek ............... | 12 | 12 | no |
| 1923 | Pit River ............... | 13 | 13 | no |
| 1925 | Wallenpaupack ............ | 14 | 14 | sì |
| 1926 | Vincent ................. | 13 | 13 | no |
| 1927 | Conowingo ............... | 16 | 14 | si |
| 1929 | Roseland Bushkill .......... | 18 | 16 | sì |
| 1930 | Fifteen-Mile Falls .......... | — | 15 | sì |
| 1931 | Safe Harbor .............. | 17,4 | 17 | sì |

(1) Isolatori sospesi standard del tipo di 5' 3/4.

Da questo specchietto risulterebbe che per linee a 220 kV di tensione, occorrono catene composte di 13 isolatori standard 5' 3/4" per località non soggette a forti scariche elettriche e catene composte di 16 elementi per le rimanenti.

L'isolamento delle stazioni deve essere naturalmente commensurato a quello delle linee e alla importanza della stazione stessa e in ogni caso esso deve risultare superiore a quello degli elettrodotti. Alcune volte, come si è già detto, si è proposto di ridurre l'isolamento delle linee in prossimità delle stazioni o delle centrali per creare artificiosamente un punto di minor resistenza, facilmente controllabile. Altre volte invece si preferisce l'impiego di scaricatori in prossimità dei trasformatori per lo stesso scopo. Qualora però si volessero installare degli scaricatori di protezione in vicinanza al macchinario non bisogna mai perdere di vista la coordinazione dell'isolamento delle singole parti dell'impianto.

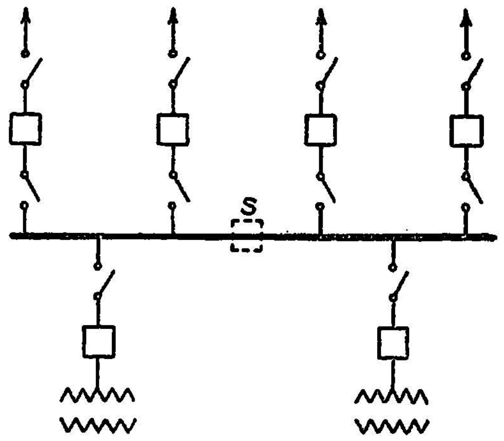



Fig. 1.

Si consideri, tanto per fissare le idee, una stazione avente lo schema segnato nella fig. 1. L'isolamento schematizzato nella fig. 2 *a*) destinerebbe gli eventuali archi dovuti a sopracarichi atmosferici alle linee e, se i divari di isolamento delle singole parti del 'impianto sono abbastanza sentiti, questo sistema dovrebbe garantire la protezione della intera stazione (escluso il caso di scariche dirette). In tal modo anche gli interruttori ed i trasformatori risultano autoprotetti per il fatto che i loro passanti dovrebbero scaricare prima che si produca un guasto interno al macchinario. Questo sistema ha però l'inconveniente di richiedere un forte isolamento addizionale per l'intera stazione elettrica.

Lo schema della fig. 2 *b*) è più economico e cerca di standardizzare gli isolamenti permettendo così di ridurre il numero dei passanti di riserva. Va notato che in questo caso aumenta però la probabilità di avere dei trasformatori fuori servizio. Si può ovviare a questo inconveniente mettendo degli scaricatori in prossimità dei trasformatori stessi.

Lo schema della fig. 2 *c*) prevede degli scaricatori all'ingresso delle linee nella stazione o nelle centrali. È però bene in ogni caso far precedere gli scaricatori da dispositivi atti a smorzare le sovratensioni con onde a fronte ripido e ciò per evitare adescamento troppo frequente di archi. Anzi, se questi dispositivi di arresto fossero tali da dare un perfetto affidamento, sarebbe consigliabile di evitare addirittura gli scaricatori. In

tali condizioni diventerebbe pure superfluo il maggior isolamento a valle del dispositivo di arresto; volendo però adottarlo per prudenza, esso può eventualmente costituire un secondo ordine di difesa ed in tal caso (fig. 2 *c*), linea punteggiata) ci si riavvicina allo schema della fig. 2 *b*).

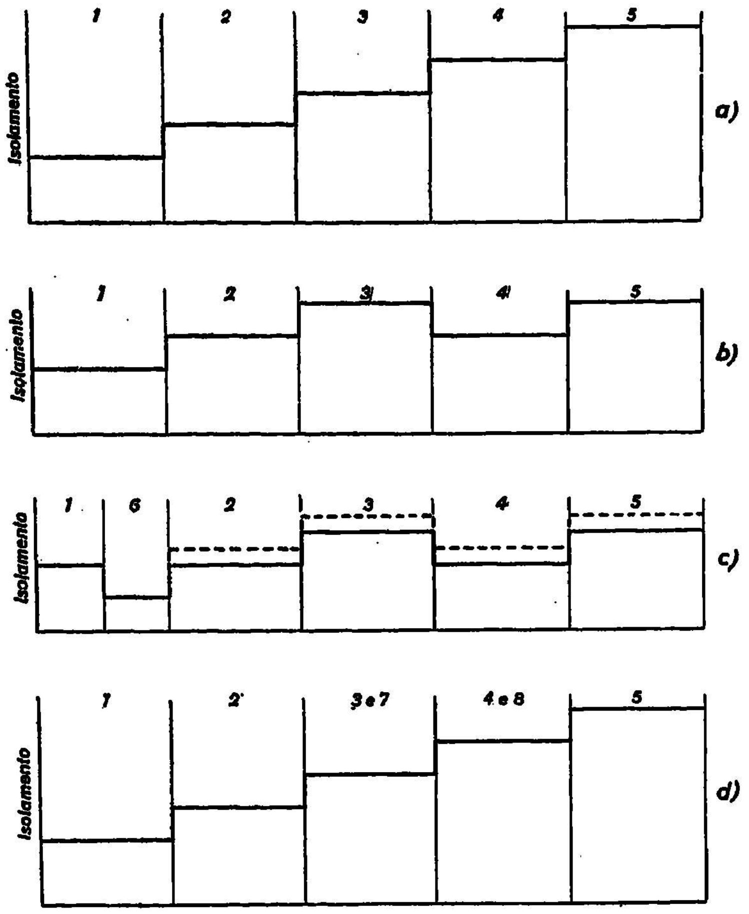



Fig. 2.

1 Linee.
2 Passanti degli interruttori in olio.
3 Apparecchiatura interna degli interruttori in olio.
4 Passanti dei trasformatori.
5 Avvolgimento dei trasformatori.
6 Scaricatori.
7 Passanti degli interruttori in olio delle sbarre.
8 Apparecchiatura interna dell'interruttore in olio delle sbarre.

Trattandosi poi di stazioni estese in superficie ove esiste una distanza non trascurabile tra l'ingresso delle linee e il trasformatore, l'efficacia dello schema della fig. 2 *c*), diventa senz'altro dubbio. In tal caso o si utilizza lo schema della fig. 2 *a*) o si mettono delle protezioni in vicinanza del trasformatore stesso.

Consideriamo per ultimo il caso speciale dello schema fig. 1 in cui in S sia istallato un interruttore atto a far sì che se avviene un guasto su un ordine di sbarre ad es. su quello di destra, le sbarre di sinistra non abbiano a risentire alcun disturbo. In tal caso è consigliabile lo schema di isolamento della fig. 2 *d*). Come si vede, dovendo fare affidamento sull'interruttore di sbarre bisogna che i suoi passanti abbiano lo stesso ordine di grandezza di isolamento dei congegni interni degli interruttori di linea e che l'interno dell'interruttore di sbarra abbia un isolamento dell'ordine di grandezza di quello dei passanti del trasformatore. Ciò equivale a dire che non è stato necessario nessun isolamento superiore a quello relativo al caso della fig. 2 *c*). Occorrendo tuttavia una maggior sicurezza per i trasformatori bisognerà aumentare l'isolamento di questi di un ulteriore gradino.

Anche gli schemi delle figg. 2 *b*) e 2 *c*) possono essere utilizzati nel caso in cui esiste un interruttore di sbarra: basta fare l'isolamento di quest'ultimo dell'ordine di grandezza di quello del trasformatore.

È opinione diffusa ad ogni modo che allo stato odierno della tecnica l'impiego di dispositivi di protezione contro le sovratensioni abbia maggiore efficacia nel caso di tensioni medie che in quello delle alte o altissime tensioni di esercizio. Per queste ultime sembra preferibile una coordinazione razionale dell'isolamento dell'intero impianto.

G.R.M.

---

## f) IL TRASFORMATORE "IN QUADRATURA" COME REGOLATORE DI CARICO NELLE MAGLIE CHIUSE DI UNA RETE

*Siemens Zeitschrift*, aprile 1932. – W. SCHMIDT.

Lo sviluppo delle linee elettriche ed il collegamento di un impianto con altri porta spesso alla formazione di reti a maglie chiuse. In queste si ha l'inconveniente che la distribuzione del carico dipende dalle caratteristiche della maglia; sicchè se si vuole avere un differente funzionamento da quello che si stabilirebbe in modo automatico, bisogna ricorrere a degli artifici speciali.

Si consideri una maglia chiusa qualsiasi (fig. 1) in cui $A_1$ sia una sorgente di energia e $B_1$ una utenza. La corrente si distribuirà lungo i rami della maglia a partire da $A_1$ in ragione inversa delle impedenze dei circuiti. Ossia

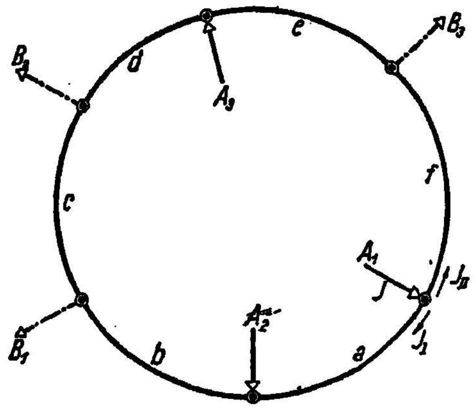


Fig. 1.

$A_1$, $A_2$, $A_3$: posti di alimentazione della rete. $B_1$, $B_2$, $B_3$: utenze poste sulla rete.

$$I = I_{a,b} + I_{c,f} \quad \text{e}$$

$$\frac{I_{a,b}}{I_{c,f}} = \frac{Z_{c,f}}{Z_{a,b}}$$

dove $I$ = corrente, $Z$ = impedenza e dove i coefficienti *a,b* si riferiscono al circuito *a,b* e quelli *c,f* al circuito *c,f*.

Finchè l'utenza $B_1$ può servirsi di entrambi i circuiti *a,b* e *c,f* non si ha nessuna complicazione; ma se ad es. il circuito *c,f* non è di proprietà o non è destinato all'utente $B_1$, o peggio ancora, se esistono altri fornitori $A_2$ e $A_3$ ad esempio colla condizione che $A_1$ abbia un certo programma di produzione, $A_2$ un altro e tali da fornirsi entrambi sulla terna *a,b*, mentre il fornitore $A_3$ debba coprire la rimanenza del diagramma di carico sulla terna *e,d* allora le cose si complicano; specie poi se intervengono ulteriori utenze $B_2$, $B_3$ ecc.

In pratica si cerca di sormontare la difficoltà facendo una specie di consorzio tra i fornitori della rete. Può però sempre darsi che un tratto di linea rimanga sovraccarico in seguito a disposizioni di forniture date senza avere fatto l'esame del complesso delle linee. Per quanto concerne la distribuzione fra potenza attiva e reattiva, questa può sempre essere fatta con l'aiuto di opportuni mezzi di regolazione.

Si consideri ancora la maglia chiusa della fig. 1 con un solo punto di alimentazione $A_1$ ed un punto di prelievo $B_1$. Le correnti $I_1$ e $I_2$ in partenza da $A_1$ saranno generalmente diverse fra loro in valore e fase, ma saranno tali che la loro somma geometrica (fig. 2) dia ancora $I$ (sono trascurate le correnti

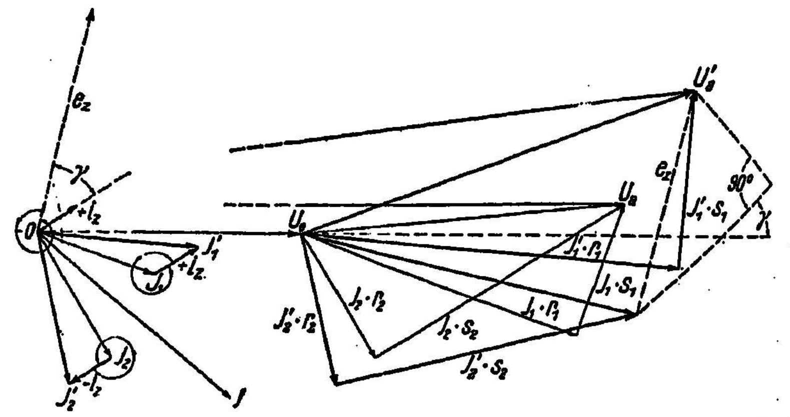


Fig. 2. - Diagramma delle correnti e delle tensioni per la regolazione della distribuzione del carico in una rete a maglia chiusa.

$I$: corrente fornita in $A_1$.
$I_1$, $I_2$: componenti di $I$ che percorrono i due rami della conduttura tra $A_1$ e $B_1$.
$i_z$: corrente ausiliaria di regolazione.
$e_z$: tensione ausiliaria di regolazione.
$I'_1$, $I'_2$: componenti regolate di $I$ che percorrono i due rami della conduttura $A_1$ e $B_1$.
$r_1$, $r_2$: resistenze ohmiche dei due rami della conduttura tra $A_1$ e $B_1$.
$S_1$, $S_2$: reattanze dei due rami della conduttura tra $A_1$ e $B_1$.
$U_a$: tensione di fornitura in $A_1$.
$U_e$: tensione di prelievo in $B_1$.
$U'_a$: tensione regolata di fornitura al trasformatore di regolazione.

capacitive del circuito). Se ora si vuole avere una corrente $I'_1$ al posto di $I_1$ bisognerà indurre sul circuito chiuso della maglia, una f.e.m. $e_z$ che genererà una corrente $i_z$ in ritardo sulla tensione dell'angolo $\gamma_{1z}$. Questo ritardo è dovuto alla impedenza del solo circuito anulare chiuso poichè $e_z$ lavora soltanto in questo circuito.

La corrente $i_z$ si sommerà alla $I_1$ e si sottrarrà alla $I_2$. Ne risulteranno le nuove correnti $I_1'$ e $I_2'$ che composte fra di loro dovranno pur sempre dare $I$.

Per quanto riguarda le tensioni (fig. 2), se $U_e$ era la tensione al posto di prelievo e $U_a$ quella in partenza, i relativi diagrammi delle cadute di tensione di $I_1$ e $I_2$ devono avere il vertice in comune in $U_a$ poichè la tensione di alimentazione è unica.

Introducendo la f.e.m. $e_z$, le nuove correnti parziali saranno $I_1'$ e $I_2'$ ed allora i triangoli delle cadute di tensione non avranno più il vertice in comune, ma li avranno in due punti che disteranno esattamente in grandezza e direzione di $e_z$. Nel caso indicato in fig. 2 la $i_z$ ha una componente attiva ed una reattiva. Si può constatare che se $e_z$ fosse stata in anticipo di $\gamma$ su $U_e$, $i_z$ sarebbe diventata tutta corrente attiva; se invece $e_z$ fosse stata in ritardo di $(90^o - \gamma)$ rispetto a $U_e$, $i_z$ sarebbe diventata tutta corrente reattiva. Il triangolo rettangolo costruito su $e_z$ in fig. 2 dà coi suoi cateti le direzioni di queste due posizioni caratteristiche della f.e.m. ausiliaria (1).

Per produrre questa f.e.m. si possono seguire due vie: o si impiega un sincrono o si impiega un trasformatore di regolazione in cui su un unico nucleo sono montati un avvolgimento primario e due avvolgimenti secondari di regolazione le cui tensioni sono sfasate tra di loro di 90°. Variando queste componenti si ha la possibilità di costruire il vettore ausiliario che si desidera.

Invece di un simile trasformatore è preferibile disporre di due trasformatori distinti. Siccome occorre che le f.e.m. ausiliarie siano circa per ogni condizione di carico l'una in fase e l'altra a 90° con l'impedenza del circuito a maglia chiusa, per calcolare detti trasformatori bisogna anzitutto conoscere bene il valore medio di quest'ultimo dato.

Per la regolazione della rete occorrerà dunque un trasformatore che diremo « in quadratura » costruito in modo da produrre una f.e.m. ausiliaria spostata in anticipo dell'angolo $\gamma$ rispetto alla tensione della maglia chiusa e tale quindi da agire solo sulla corrente attiva; occorrerà poi un trasformatore che diremo « in fase » (detto anche trasformatore ausiliario), che producendo una tensione in ritardo di $(90 - \gamma)$ rispetto a quello della maglia agirà solo sulla corrente reattiva.

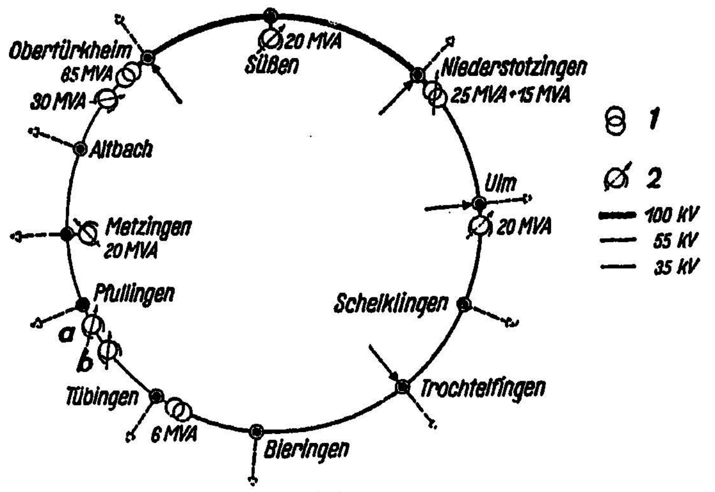



Fig. 3.

1 Trasformatore a prese fisse.
2 » di regolazione a prese variabili.
a » » » di 10 kVA « in quadratura ».
b » » » di 10 kVA « in fase ».

La fig. 3 dà lo schema di un caso pratico realizzato su una rete della Würtenbergische Landes-Elektrizitäts A. G. La maglia ha uno sviluppo di 285 km ed è in parte a 100 kV di tensione ed in parte a 35 kV. Le frecce interne all'anello dello schema indicano i punti di alimentazione, mentre quelle all'esterno stanno a significare le utenze. Le condizioni fissate dall'esercizio sono le seguenti: tra Bieringen e Pfullingen attraverso Tübingen deve passare una potenza fino a 5000 kW con cos $\varphi$ induttivo 0,85, qualunque siano le condizioni del rimanente servizio. Si tenga però presente che la utenza di Pfullingen è diretta, ossia che non esistono reti allacciate in questa località. Il problema fu risolto come è indicato schematicamente in fig. 3. Per dimensionare il trasformatore in quadratura, occorreva anzitutto conoscere la differenza di potenziale ai due estremi dell'anello sezionato, nel punto di istallazione del trasformatore stesso. Questa determinazione è stata fissata con esperienze pratiche e calcolata poi per via teorica. A tale ultimo scopo, partendo da uno degli estremi dell'anello, si portano successivamente i vettori delle singole cadute di tensione dovute ai tronchi di linea ed ai trasformatori per i singoli valori del carico più probabile. Il vettore di chiusura del diagramma vettoriale così ottenuto dà la differenza di potenziale cercata. Il trasformatore di regolazione deve essere atto a dare una f.e.m. ausiliaria superiore a questa differenza di tensione e tale da poter inoltre indurre nella maglia chiusa quella f.e.m. sufficiente per controllare la distribuzione del carico. Il diagramma della fig. 4 dà lo schema del calcolo eseguito per la rete della

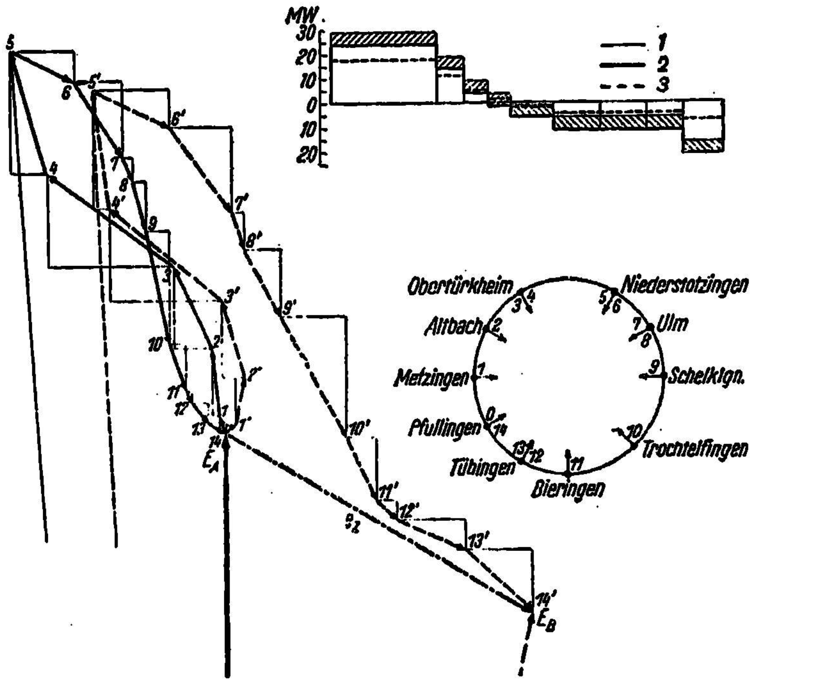



Fig. 4. - Influsso della regolazione sulla distribuzione del carico nell'anello.

fig. 3. La linea a tratto continuo dà l'andamento delle tensioni che si avrebbero nel caso che non si operasse artificialmente sulla distribuzione del carico ossia nel caso che il carico potesse liberamente distribuirsi secondo le caratteristiche elettriche del circuito. La linea punteggiata rappresenta invece il caso in cui si sia introdotta la f.e.m. ausiliaria $e_z$. Il valore dell'angolo dell'impedenza della maglia chiusa col variare delle condizioni di esercizio si potè constatare che oscillava tra 50° e 70°. Fu scelto quindi un trasformatore in quadratura atto a dare una tensione ausiliaria in anticipo di $\alpha = 60^o$ e avente un valore pari al 20% in più della tensione di esercizio. Esso ha una potenza di 10 000 kVA, tensione normale sul primario 33,6 kV e serve per la regolazione della componente attiva del carico a mezzo di 16 prese intermedie tra il valore finale della tensione e quella di esercizio.

La componente reattiva è invece regolata da un trasformatore in fase che dovrebbe dare una tensione in ritardo di $\alpha = (90^o - 60^o) = 30^o$. Praticamente si è scelto $\alpha = 0$ e perciò questo trasformatore a prese variabili agisce esso pure sulla componente attiva del carico. Quest'ultima deve essere quindi corretta, dopo ogni manovra su questo trasformatore ausiliario, a mezzo di quello « in quadratura ».

La fig. 5 dà lo schema dei due trasformatori accoppiati. Si

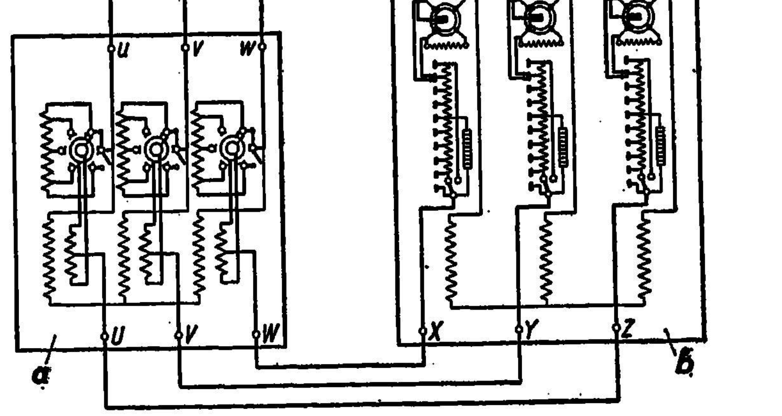



Fig. 5.

a) Trasformatore « in fase ». b) Trasformatore « in quadratura ».

(1) *Rüdenberg* - E.T.Z 1929 - Fascicolo 27 - pag. 970 e *Electrical Journal* 1930 - febbraio - pag. 77.

noti che a pieno carico, detto $Z$ l'impedenza della maglia chiusa sarà

$$i = \frac{e_z}{Z}$$

Inoltre si ha

$$e_z = \frac{E}{\sqrt{3}} \cdot \frac{p}{100}$$

dove $p$ è la percentuale del campo di regolazione del trasformatore riferito alla tensione concatenata $E$ di esercizio. Quando è

$i = I_w$ dove $I_w =$ componente attiva della corrente,

risulta essere $N_w = 10 \frac{P}{Z} E^2$ kW la potenza attiva del regolatore. Come si vede questa è direttamente proporzionale al quadrato della tensione di esercizio ed inversamente all'impedenza totale del circuito. Questa formula vale naturalmente col presupposto che la tensione rimanga costante anche durante la regolazione, il che praticamente non è. Il diagramma della fig. 6 indica in linea continua il campo teorico di azione del

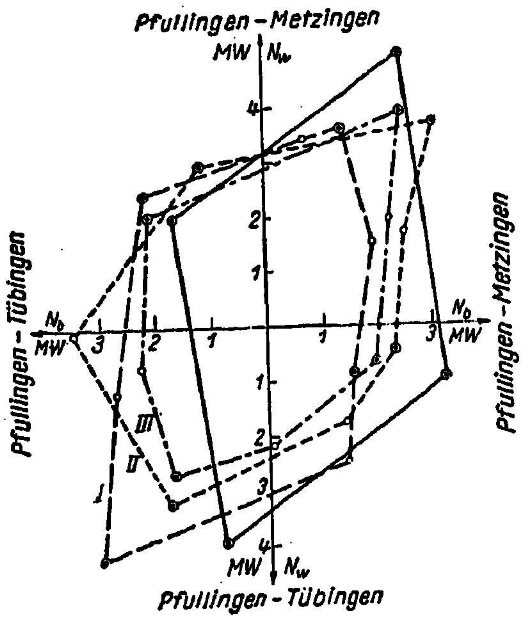



Fig. 6.

$N_b$: potenza reattiva in kW. $N_w$: potenza attiva in kW.

regolatore ammettendo un valore costante della tensione di esercizio. Le linee punteggiate indicano invece l'effettivo campo di azione del regolatore controllato sperimentalmente nella rete della fig. 3. L'andamento rettilineo dei quattro lati del parallelogramma teorico si è deformato, oltre che per le variazioni della tensione, anche per il fatto che nella maglia sono inseriti altri regolatori.

Ad ogni modo nella rete citata si è constatato un soddisfacente funzionamento del regolatore soggetto a 80—100 manovre al giorno. Una regolazione automatica avrebbe di certo alleggerito il servizio per quanto concerne l'impiego di personale, ma avrebbe aumentato di parecchio il numero delle manovre giornaliere. Si è poi constatato che per i contatti intermedi bastano dei gradini pari al 2—3% della tensione nominale da regolare. G. R.-M.

---

## g) L'INTERRUTTORE AD ESPANSIONE NELLA PRATICA DELL' ESERCIZIO

*Siemens Zeitschrift*, aprile 1932. – K. Kissmüller.

Nei primi tempi in cui fu introdotto l'interruttore ad espansione, quest'ultimo era per lo più destinato a sostituire in cabine già esistenti degli interruttori in olio di minor potenza. In questo caso la sua preferenza rispetto ad altri tipi di interruttori (con o senza olio) era dovuta principalmente al fatto che esso non richiedeva trasformazioni speciali, dal punto di vista edile, dei locali ove era destinato; inoltre il suo ingombro ridotto, anche tenuto conto delle opportune distanze delle pareti dalle parti in tensione, permetteva l'impiego di interruttori a grande capacità di rottura dove inizialmente erano stati previsti ed installati degli interruttori più modesti ed insufficienti. Inoltre l'interruttore ad espansione dava maggiori garanzie laddove la mancanza di spazio o la vicinanza di case di abitazione o di depositi infiammabili potevano far temere un pericolo di incendio.

In tale ultimo caso si potrebbe migliorare il grado di sicurezza dell'intero impianto evitando i riduttori di tensione e di corrente in olio o in masse isolanti fuse ed evitando pure le teste di cavo annegate in sostanze infiammabili.

Dove però l'interruttore ad espansione può fare sentire in modo tangibile i suoi vantaggi influendo sul costo dell'intero impianto è nelle stazioni razionali costruite espressamente coll'intento di istallare questo genere di apparecchi. Per una stazione a 20 kV l'impiego di interruttori ad espansione può permettere il risparmio del 50% in cubatura della stazione stessa rispetto al caso in cui si impiegassero interruttori in olio. C'è inoltre il vantaggio che tutto lo spazio della cabina rimane utilizzato e che non esistono locali persi come ad es. quello sottostante gli interruttori nel caso in cui questi ultimi siano del tipo in olio, incassati nel pavimento. Sotto tale punto di vista l'interruttore ad espansione ha un vantaggio sensibile anche rispetto a quello a gas compresso.

Detto interruttore a gas compresso offre poi minori garanzie in confronto al primo per il fatto che la sua apertura dipende dal funzionamento dell'impianto per la produzione e l'adduzione del gas in pressione: impianto questo manifestamente non invulnerabile.

Il comando degli interruttori ad espansione può avvenire con tutti quei mezzi che la pratica ha dimostrato essere di affidamento per il comando degli interruttori in olio. Si preferisce ad ogni modo, negli impianti costruiti ex novo, l'impiego dell'aria compressa poichè in tal modo si possono comandare a distanza e con facilità anche i coltelli separatori.

Impiegando interruttori ad espansione, nel caso di tensioni di esercizio fino ai 20 — 30 kV, si è constatato che è preferibile, dal punto di vista economico, la costruzione di stazioni chiuse. Per tensioni maggiori, salvo casi particolari, sono più vantaggiose le stazioni all'aperto.

Anche per le alte tensioni l'impiego dell'interruttore ad espansione ha potuto fare ridurre notevolmente l'ingombro delle cabine ed ha permesso di portare le stazioni di sezionamento e di smistamento in vicinanza delle zone abitate senza timore di provocare incendi o di dover adottare speciali provvedimenti di sicurezza. La fig. 1 dà una sezione tipica di installazione all'aperto di cabina a 100 kV con interruttori, coltelli, sbarre e riduttori di corrente e tensione. Il piccolo peso dell'interruttore permette incastellature leggere nelle stazioni ed organi di sollevamento di poca entità nell'officina di riparazione.

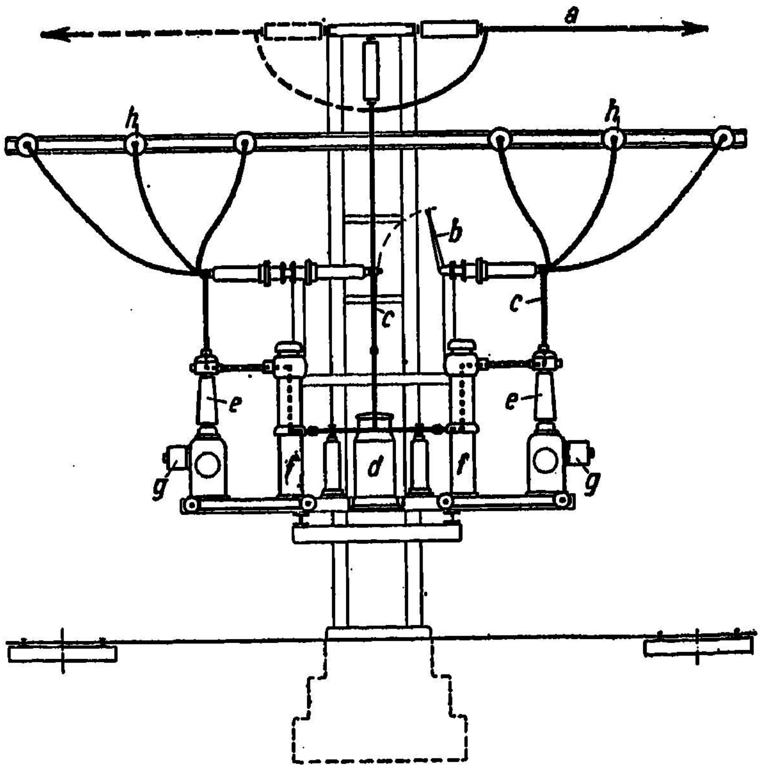



Fig. 1.

*a*) Linea partente.
*b*) Coltello di terra.
*c*) Coltello di linea.
*d*) Riduttore tensione.
*e*) Interruttore ad espansione.
*f*) Riduttore corrente.
*g*) Motore per l'interruttore ad espansione.
*h*) Sbarre.

G.R.M.

h)

## REGISTRAZIONE DI FENOMENI RAPIDI

*Revue Siemens*, N. 2, 1932. – M. W. HOFMANH e P. M. PFLIER.

L'apparecchio destinato alla registrazione dei disturbi che possono verificarsi su una linea elettrica deve possedere una grande rapidità di intervento e deve essere nel contempo sufficientemente preciso. In caso contrario esso non soddisferebbe più alle condizioni richieste per una indagine quantitativa, ma servirebbe unicamente a dare delle indicazioni qualitative di scarso interesse.

L'apparecchio descritto dagli A. si presenta come un ordinario strumento di registrazione a penna scrivente (fig. 1). La

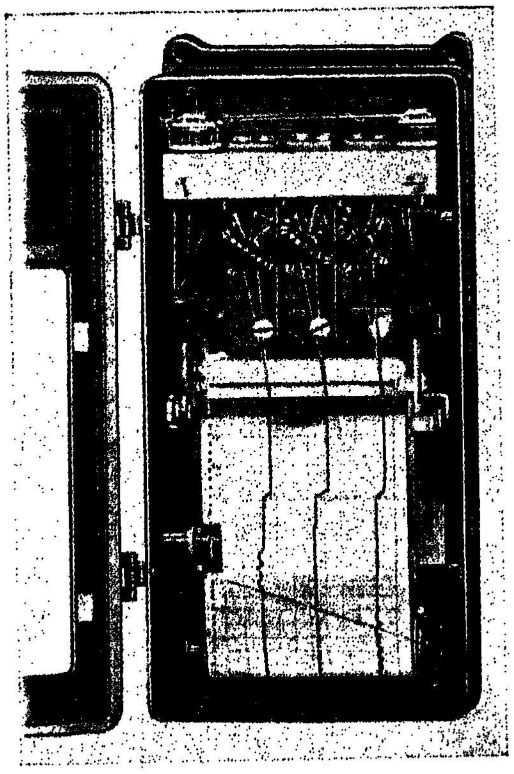


Fig. 1. - Registratore di fenomeni transitori.

carta del diagramma ha una velocità di avanzamento normale di 20 mm all'ora ed una eccezionale, durante la presenza delle perturbazioni di 20 mm al secondo. La commutazione della velocità avviene a mezzo di relais che intervengono quando si verificano delle notevoli variazioni di tensione o di frequenza in linea. L'apparecchio può essere costruito per la registrazione delle tensioni di ciascuna fase della terna, oppure per quella della tensione di due fasi e per la registrazione della frequenza.

Contrariamente a molti apparecchi del genere che hanno un ritardo di intervento spesso notevole, quello in questione impiega, secondo gli A. solo 0,12 sec. per la deviazione totale dell'indice a partire dalla condizione di riposo.

Il registratore consta di tre sistemi (uno per fase) a quadro mobile e costruiti in modo da avere una alta frequenza di oscillazione propria; questi sistemi sono alimentati con corrente continua fornita dai riduttori di tensione sulle fasi attraverso raddrizzatori ad ossido di rame. Ciascuna penna scrivente ha una escursione massima di circa 40 mm. Il diagramma risulta a coordinate curvilinee, però la curvatura è così piccola da non recare complicazioni nella lettura.

L'errore di registrazione è dell'ordine di + 2% sul valore massimo della scala; per raggiungere tale risultato si è dovuto dedicare una cura particolare alla costruzione delle penne scriventi il cui momento di inerzia è stato ridotto a 30 gr.cm Il moto della carta è studiato in modo che appena interviene un fenomeno che deve essere registrato, l'avanzamento aumenta da 20 mm/ora a 20 mm/sec e perdura in tale velocità per 24 sec. Se il fenomeno di perturbazione continua, l'avanzamento della carta mantiene la velocità di 20 mm/sec per altri 24 sec. ecc. finchè ritornano le condizioni normali. Solo allora l'avanzamento del diagramma si riduce di nuovo a 20 mm/ora. In tal guisa, quando si riprende la velocità normale la posizione del diagramma concorda con l'ora precisa segnata su di esso. Una penna speciale segna a margine del rotolo di carta la durata dell'avanzamento rapido.

Inoltre l'apparecchio comporta tre lampade per designare la fase o le fasi guaste ed un segnale acustico. La messa in funzione del meccanismo per l'avanzamento rapido della carta avviene a mezzo di un relais a corrente continua alimentato da un raddrizzatore collegato al riduttore di tensione. Questi riduttori sono però distinti da quelli destinati alle misure e ciò allo scopo di non indurre delle influenze perturbatrici in queste ultime.

Come già si è detto il massimo ritardo di intervento dell'apparecchio e di 0,12 sec. nel caso di variazioni di tensione dell'ordine di grandezza della tensione di esercizio; però tale velocità aumenta a 0,025 sec. nel caso di corti circuiti o di variazioni eccezionali.

G.R.M.

(i

## MODERNE SOTTOSTAZIONI PER IMPIANTI DI DISTRIBUZIONE

*Bulletin de l'A.S.E.*, 5 agosto 1932. – W. DÜHNE.

Le sottostazioni descritte dall'A. presentano un interesse particolare perchè rispondono ad alcuni criteri tecnici che vanno affermandosi da alcuni anni e che rispondono ad esigenze di economia di impianto e di sicurezza per l'esercizio.

Si tratta di tre sottostazioni di trasformazione allestite negli ultimi due anni dalle Officine Elettriche della città di Halle. Ciascun impianto è alimentato con corrente trifase a 3 kV e fornisce energia a bassa tensione 380/220 V, la trasformazione essendo effettuata da due trasformatori da 500 kVA. Tanto la rete ad alta tensione (15 oppure 3 kV) quanto quella a bassa sono in cavo: l'alimentazione a 3 kV è fatta con un massimo di 6 linee, mentre vi sono fino a 12 diramazioni a bassa tensione nelle nuove stazioni. Tutta la rete ad alta tensione è isolata per 10 kV.

*Gli interruttori ad alta tensione* sono del tipo ad espansione per corrente nominale di 350 A e potenza di rottura di 200 MVA. Essi sono, notoriamente, privi di olio ed esplicano la loro azione mercè l'intervento deionizzante sull'arco operato dalle molecole dell'acqua ottenuta per condensazione del vapore di « expansin ». Gli apparecchi sono costruiti per montaggio su parete: le caratteristiche più salienti sono visibili nella fig. 1.

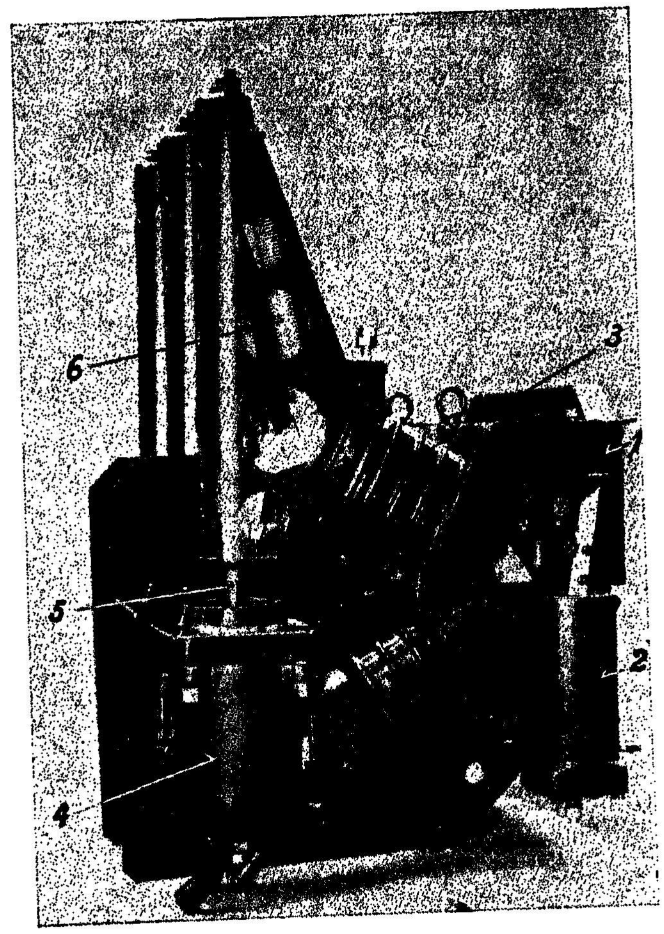



Fig. 1. - Interruttore ad espansione.

Il comando è effettuato da tre leve che attraversano gli isolatori di sostegno delle camere di guida per i contatti mobili. La necessaria velocità di inserzione è ottenuta, negli interruttori della prima sottostazione, liberando a mano un gioco di robuste molle; gli interruttori delle nuove sottostazioni sono comandati ad aria compressa. Quest'ultima è fornita da un'apposito impianto comprendente: elettrocompressore, serbatoio con manometro, regolatore di pressione, valvole, ecc. La disinserzione di tutti gli interruttori è provocata dalle apposite molle di scatto, liberate a mano.

*I due trasformatori da 500 kVA* di ciascuna sottostazione sono a raffreddamento naturale, con rapporto 3000/400/231 V

(prese + 4%) e collegamenti Δ/λ. Il peso di ciascun trasformatore è di 2900 kg., le dimensioni principali sono: lunghezza 1520 mm, larghezza 650 mm, altezza 800 mm.

Per ovviare a possibili inconvenienti causati da riscaldamento dell'isolante, i *riduttori di corrente* con isolamento di massa non vennero impiegati nei nuovi impianti; in loro vece vennero montati i riduttori a foro trasversale, privi di olio o di riempimento di miscela. Anche i *trasformatori di tensione* sono a secco con passante in porcellana. Le *valvole* sulle diramazioni a bassa tensione sono di tipo speciale ad alta potenza di rottura, (20000÷34000) A, tarate in modo da evitare opportunamente

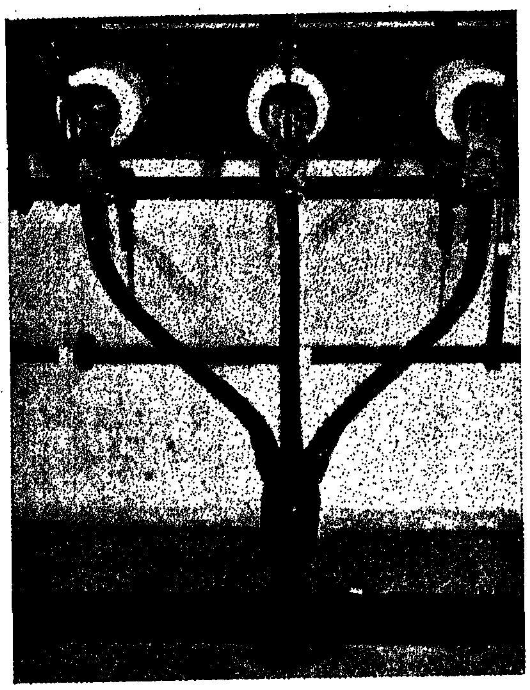


Fig. 2. - Testa di cavo ad alta tensione.

l'apertura degli interruttori sull'alta tensione. Le valvole a nastro, tubo, ecc. vennero abolite perchè dimostrarono di non essere in grado di soddisfare alle esigenze dell'esercizio, compatibilmente con la necessaria sicurezza contro gli incendi al verificarsi di corti circuiti violenti.

Come per tutti gli apparecchi ed il macchinario, l'olio e le altre miscele infiammabili furono evitate anche per le *teste di cavo*. Queste ultime furono ottenute isolando convenientemente i singoli conduttori in corrispondenza della diramazione terminale e proteggendo il cavo ed i conduttori mediante una bussola in piombo, accuratamente collegata col cavo medesimo (fig. 2).

*L'installazione del macchinario e degli apparecchi* costituenti l'equipaggiamento di ciascuna sottostazione ha potuto essere effettuata in un fabbricato tipo (fig. 3) di dimensioni assai li-

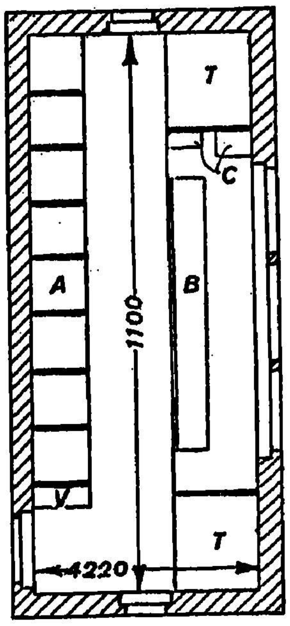



Fig. 3. - Pianta della sottostazione.

mitate. Questo è stato possibile, soprattutto, grazie alla mancanza di apposite celle per gli interruttori. Per ogni diramazione ad alta tensione è stata necessaria un'area di 1400÷1200 mm² ed un'altezza del fabbricato di circa 3000 mm. Il montaggio dell'interruttore, dell'impianto di produzione dell'aria compressa, dei conduttori, ecc., risultò di una semplicità estrema. La fig. 4 mostra due celle per diramazioni ad alta tensione, nelle quali sono contenute, oltre agli interruttori ed i relativi comandi, i coltelli sezionatori e, sopra una tavola in lamiera, l'amperometro ed i pulsanti di inserzione o di disinserzione dell'interruttore di ciascuna terna in arrivo.

I primi *risultati di esercizio*, noti dopo un anno e mezzo di servizio, lasciano concludere sopra un comportamento pienamente soddisfacente. Gli interruttori furono sottoposti, ancora prima della messa in servizio, a prove severe di corto circuito ed in seguito, a ripetute prove meccaniche, allo scopo di esaminare le qualità elettriche e meccaniche. L'esito delle prove dimostrò,

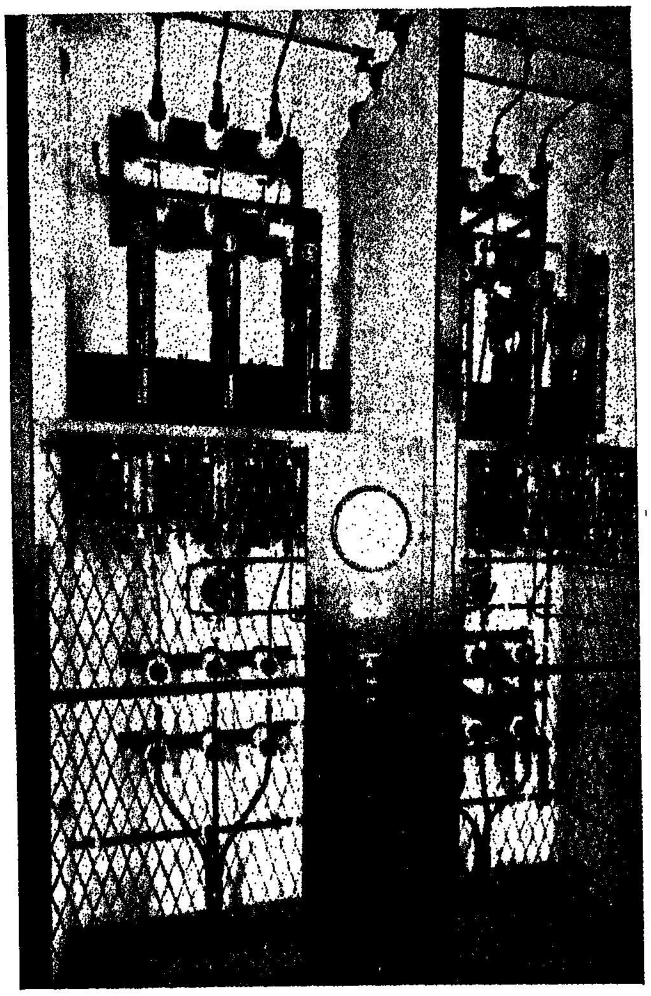


Fig. 4. - Entrata in cavo.

fra l'altro, che le bruciature dei contatti si mantengono in proporzioni limitatissime e che il consumo di «expansin» è, durante l'esercizio, insignificante. L'aggiunta di tale liquido è, peraltro, possibile durante il servizio. Si constatò che il compressore deve essere messo in azione dopo 28 inserzioni circa e, nel caso in cui nessuna inserzione venisse effettuata, ogni sei od otto giorni.

Volendo stabilire se l'impiego degli interruttori ad espansione è compatibile con una economia nei confronti con gli impianti equipaggiati mediante interruttori normali in olio, va tenuto presente che, almeno per ora, i nuovi apparecchi senza olio sono più costosi degli altri: essi consentono, tuttavia, una utilizzazione assai migliore dello spazio disponibile per l'installazione. Per le stazioni in questione, l'A. dimostra che un'economia d'impianto non è stata realizzata; la perdita totale è valutata del 2.8% per un'impianto con cinque linee ad alta tensione e del 4%, 5% rispettivamente per stazioni con 9 e 12 diramazioni sul lato primario.

Di fronte al maggior costo degli impianti stanno, peraltro, numerosi vantaggi non traducibili immediatamente in cifre; fra questi meritano di essere ricordati: la semplicità del fabbricato, che non deve tener conto di esigenze di ventilazione e di scarico dell'olio, e la maggior sicurezza di esercizio.

*d. m.*

---

(1

## STAZIONI DI TRASFORMAZIONE PARZIALMENTE ALL'APERTO

*Revue Générale de l'Electricité*, 13-20 agosto 1932. — Ing. G. Déri.

In questo articolo vengono descritte due particolari stazioni di trasformazione, dove, con gli accorgimenti adottati, si è realizzata una notevole economia delle spese di costruzione e una

grande semplicità nella installazione, pur ricorrendo ad un'apparecchiatura completamente normale. Precisamente i trasformatori e le sbarre principali di arrivo sono disposte all'aperto, mentre l'apparecchiatura ad alta tensione è montata in una cabina dove lo spazio è utilizzato al massimo. I due posti di trasformazione appartengono alla società di distribuzione di energia, della zona che comprende il lago Balaton, in Ungheria, il più esteso dell'Europa centrale, con una superficie di 650 kmq, la quale esercisce una rete a 5 kV, disposta sulle sponde del lago stesso, con uno sviluppo di oltre 100 km: essi precisamente sorgono a Zamardi e ad Aszofo, dove arriva la linea principale a 30 kV.

La sottostazione di Zamardi è illustrata dalla fig. 2, mentre la fig. 1 rappresenta la zona circostante il lago Balaton,

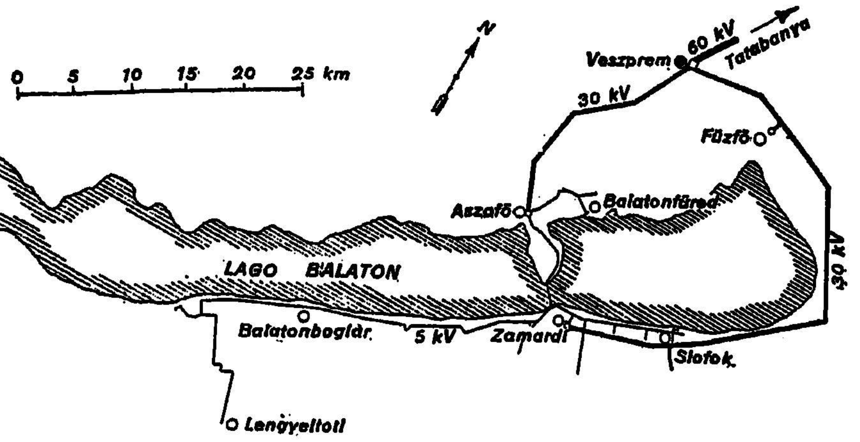



Fig. 1. - Schema delle linee di trasmissione intorno al lago Balaton.

collo schema delle linee di trasmissione. L'installazione di Zamardi comprende otto celle a 30 kV e dodici celle a 5 kV, con uno sviluppo della cabina di m 6,55 × 21,00, in pianta, e metri 6,50 di altezza. Nella zona mediana della cabina si sviluppa il corridoio di comando e, lateralmente, le pareti in cemento armato portano i quadri degli strumenti di misura, i relais ed i comandi degli interruttori in olio: a destra si ha l'apparecchiatura a 5000 V, a sinistra quella a 30 000 V.

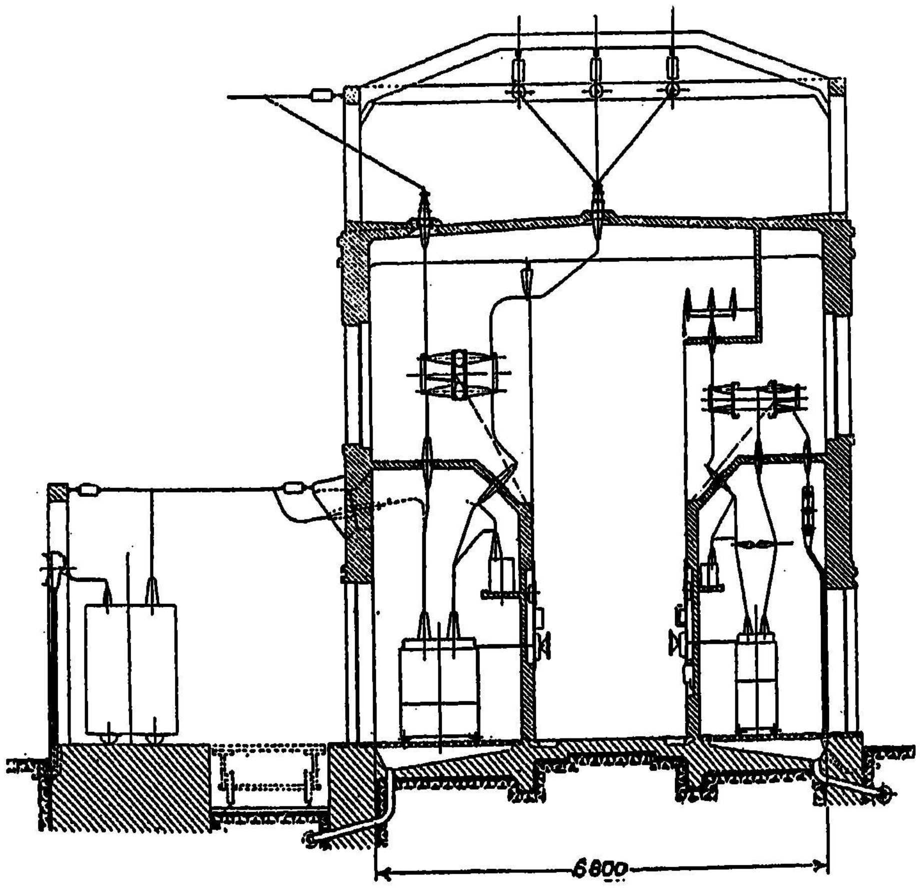



Fig. 2. - Sezione trasversale della sottostazione di trasformazione di Zamardi.

Le porte delle celle si aprono dall'esterno della cabina in modo che in caso di incidenti il personale addetto alle manovre rimane completamente al riparo e vengono pure evitati adescamenti di archi ecc.

Poichè le dimensioni verticali delle due apparecchiature risultano disuguali, per non dare alla cabina un'altezza sproporzionata, le sbarre principali a 30 000 V sono state disposte sul tetto, ciò ha naturalmente semplificato il complesso ed aumentata la sicurezza; una cura particolare è stata in tal caso richiesta dagli isolatori passanti, per evitare la formazione di gelo che avrebbe potuto distruggere la porcellana. I trasformatori principali, installati all'aperto, a tenuta stagna, sono disposti lateralmente alla cabina, con l'intermediario di una linea di corsa dei carrelli, che disimpegna anche il servizio per l'apparecchiatura ad A. T., portando essa linea alla officina riparazioni. Questi trasformatori hanno un rapporto a vuoto 30 500/5800 V, con prese per la variazione di +5%, sull'avvolgimento a 30 kV, e ± 5% su quello a 5 kV. Lo schema di connessione poi delle linee facenti capo ai trasformatori ed apparechiature relative, risulta molto semplice e si può così riassumere: La linea a 30 kV attraversa il tetto della cabina e fa capo ad un sezionatore tripolare, da qui va ad un interruttore in olio, e per un gioco di sezionatori unipolari si raccorda alle sbarre principali, sul tetto. Il collegamento ai trasformatori avviene attraverso la parete che chiude le nicchie degli interruttori. Lo schema dell'apparecchiatura a 5 kV è identico a quello per l'apparecchiatura a 30 kV, con la differenza che le sbarre principali sono all'interno. L'apparecchiatura principale viene poi integrata da quella di comando, di misura e di protezione che comprende: i dispositivi di comando degli interruttori del tipo bipolare, a massima corrente; i dispositivi di protezione dei trasformatori, a mezzo di interruttori azionati da relais; gli apparecchi registratori, con l'inserzione dei trasformatori di corrente; le protezioni contro i corti circuiti, contro le sovratensioni ecc.

Speciale menzione merita poi il dispositivo di segnalazione selettiva, delle messe a terra accidentali, del tipo a due bobine trifasi, a scorrimento, raccordate alle sbarre principali a 30 ed a 5 kV; esso, in caso di una messa a terra, a mezzo di un avvolgimento ausiliario, agisce sui relais wattmetrici del quadro di segnalazione, ciò ha molto importanza, tanto dal punto di vista della permanenza del servizio, come da quello della ricerca della natura dei guasti, potendo così immediatamente isolare lo scomparto che è sede del guasto.

I servizi ausiliari non presentano speciali accorgimenti, rientrando essi perfettamente nelle disposizioni normalmente previste ed adottate: una cura particolare è stata rivolta all'illuminazione dei trasformatori all'aperto, a mezzo di riflettori stagni, e proiettori che consentono di effettuare ispezioni interne anche durante la notte.

La seconda stazione di trasformazione, quella di Aszofo, comprende sei celle a 30 kV e sette celle a 5 kV, ed è stata costruita seguendo gli stessi principi di quella di Zamardi; poichè essa però ha la funzione di soccorso alla prima è stata dotata della sola apparecchiatura strettamente necessaria.

Strettamente connesso con l'installazione delle due sottostazioni è stato il problema della regolazione della tensione della rete, considerato che la linea alimenta dei punti lontani 40 km da Zamardi. Qui il problema è stato risolto installando a Zamardi due trasformatori survoltori a rapporto fisso 5100/5800 V, che possono essere inseriti od esclusi dalla rete e, successivamente, verso la estremità della linea di consumo si è inserito un dispositivo di regolazione sotto carico. Questo utilizza un trasformatore di regolazione in serie ed un commutatore, manovrabile sotto carico, connesso ad un avvolgimento terziario del trasformatore di regolazione. Con questo sistema la manovra si svolge unicamente sugli avvolgimenti del circuito ausiliario e quindi il collegamento con i circuiti ad alta tensione è solo induttivo; i circuiti ausiliari possono quindi essere previsti per il valore di tensione meglio appropriato ad ogni caso particolare, indipendentemente dal valore della tensione di linea.

Ru.

---

## UN NUOVO RELAIS PER IL COMANDO AUTOMATICO DEI REGOLATORI DI TENSIONE

*E. T. Z.*, 29 settembre 1932. – P. PASCHEN e M. SCHWAIGER.

L'impiego dei regolatori di tensione va continuamente estendendosi nella pratica dell'esercizio delle linee di distribuzione. Nella generalità dei casi basta una regolazione entro i limiti di ± 5% della tensione nominale ed allora i regolatori di tensione sono atti a garantire un ottimo funzionamento. Un punto debole dal punto di vista meccanico può essere rappresentato dai contatti che servono per passare da una all'altra presa del trasformatore e che sono soggetti a logorarsi. Però con opportune costruzioni degli interruttori annessi ai regolatori è possibile limitare questo logorio ad un valore tollerabile.

La regolazione della tensione può avvenire a mano direttamente o a mezzo di trasmissione elettrica a distanza ed in entrambi i casi è il personale addetto che deve curare la bontà del servizio. Generalmente, però, anche in un servizio molto vario,

difficilmente si arriva a più di 30 manovre quotidiane, sicchè l'intervento normale non sarebbe gravoso se non si dovessero temere delle variazioni brusche ed eccezionali che tuttavia sono all'ordine del giorno.

La regolazione automatica ha lo scopo di sostituire con un mezzo meccanico l'impiego di personale obbligato ad una perenne osservazione dell'andamento del voltaggio. È però necessario che il regolatore non intervenga prontamente per ogni piccola variazione di tensione, specie se questa è passeggera. Questa sensibilità sarebbe opportuna solo nel caso praticamente irrealizzabile di un trasformatore ad infinite prese, successive. Anzi è bene che il campo di insensibilità del regolatore di comando sia leggermente inferiore al divario di tensione fra due prese successive del trasformatore. Praticamente è opportuno che la regolazione si effettui con prontezza per forti variazioni di tensione, mentre per piccole variazioni essa deve effettuarsi solo se queste ultime persistono per un certo tempo. Questo funzionamento lo si può ottenere impiegando due relais di comando: l'uno insensibile alle piccole variazioni di tensione, ma con caratteristica di tempo piccolissima, mentre l'altro è sensibile anche a piccole alterazioni del voltaggio ed è tarato con un sufficiente ritardo per ciò che riguarda la sua caratteristica tempo (1).

Anzi quest'ultimo relais è bensì opportuno che intervenga con un certo ritardo, ma è necessario che, dopo aver lanciato il primo impulso di comando, esso porti con la massima rapidità le prese di corrente nella posizione finale senza perder tempo nel passaggio da un contatto intermedio all'altro.

Le condizioni richieste per una buona regolazione automatica sono le seguenti:

1° – Le piccole variazioni di tensione non devono essere avvertite dai relais di comando. La staticità del regolatore automatico deve poter essere regolata, a seconda dello scarto di tensione fra prese successive del trasformatore, tra il 0,5% e il 5% del valore della tensione nominale.

2° – Quando la tensione supera il valore tarato della staticità del regolatore, l'intervento di quest'ultimo deve avvenire con un ritardo inversamente proporzionale allo scarto della tensione dal valore nominale.

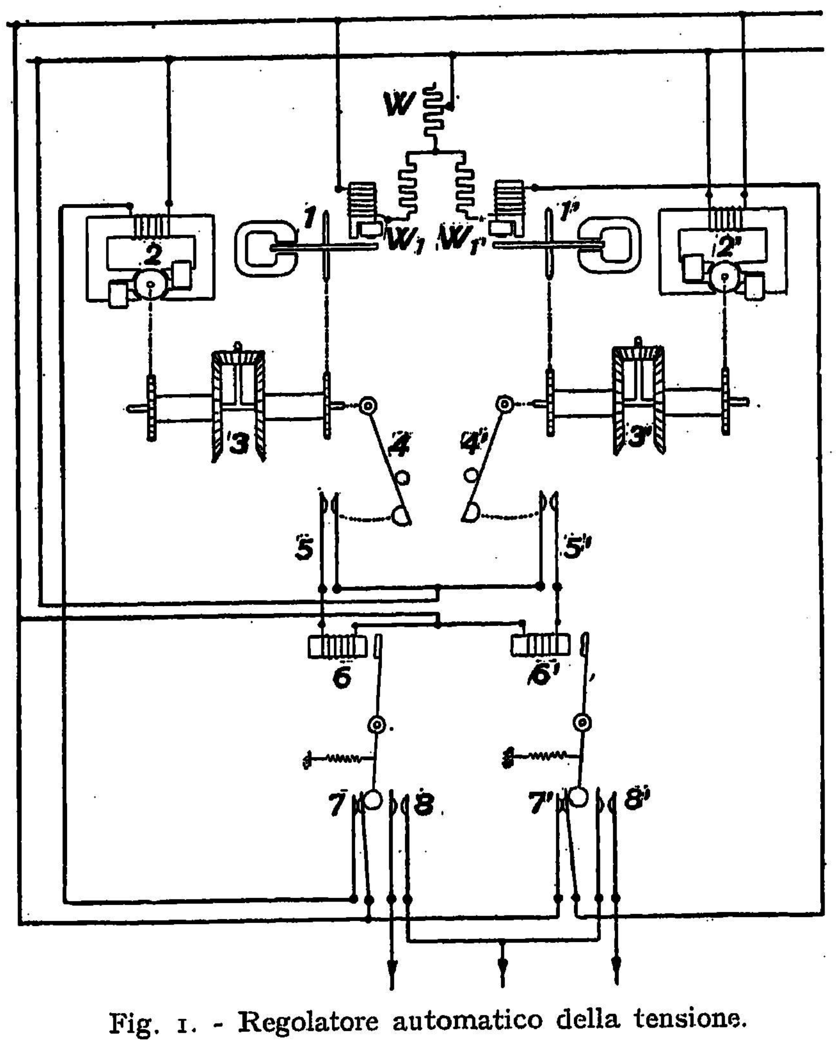



Fig. 1. - Regolatore automatico della tensione.

1 e 1', motori a campo Ferraris.
2 e 2' motori sincroni.
3 e 3' differenziali.
4, 5, 7, 8 e 4', 5', 7', 8', contatti.
6 e 6', relais.
W, $W_1$, $W_1$', resistenze ohmiche.

3° – L'impulso della corrente di comando deve essere di breve durata (½ sec).

4° – Indipendentemente dal ritardo di funzionamento del regolatore, quando la variazione di tensione è tale da richiedere il passaggio attraverso alcune successive prese del trasformatore, gli impulsi di comando devono susseguirsi abbastanza rapidamente.

5° – La chiusura e l'apertura dei contatti dei relais di comando deve essere rapida e decisa.

6° – Il comando proprio del regolatore deve essere molto piccolo.

Fu studiato un regolatore nuovo che risponde alle suesposte condizioni: esso è principalmente costituito da un motore asincrono a campo rotante nel quale notoriamente la velocità di rotazione è proporzionale al quadrato della tensione. La velocità di questo motore, inserito sulla tensione da regolare è paragonata con quella di un motore sincrono a velocità di rotazione costante.

La fig. 1 dà una idea dello schema su cui è basato il regolatore: si vedono segnati in 2 e 2' i motori sincroni ed in 1 e 1' i motori a campo Ferraris.

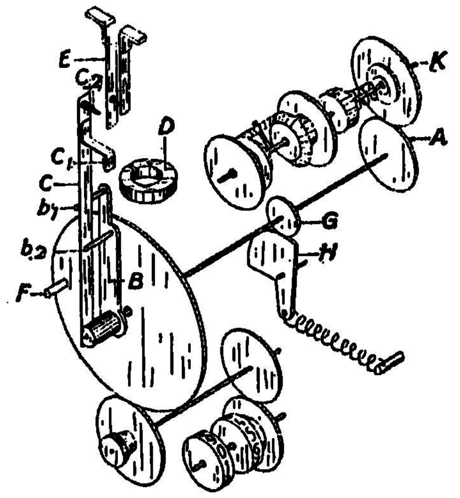



Fig. 2. Contattore del relais di tensione.

Quando la tensione si eleva al di sopra del valore nominale, il motore 1 aumenterà di giri e di conseguenza il differenziale 3 si sposterà angolarmente. Il contatto 4 rigidamente connesso ad un asse posto in rotazione dal differenziale viene spinto contro l'arresto fisso che gli impedirà di andare oltre. Ne conseguirà che le due ruote satelliti del differenziale, l'una mossa dal sincrono e l'altra dal motore a campo Ferraris saranno costrette a ruotare alla stessa velocità angolare e, precisamente, il sincrono, di maggior potenza del motorino, non andrà fuori passo, mentre quest'ultimo risulterà frenato.

Sui relais di destra della fig. 1 succede un fatto analogo, ma opposto. Qui il motore s'è tarato con una velocità normale più bassa di quella del sincrono 2', così che non potendo spostare l'indice 4' al di là del suo arresto, viene trascinato dal sincrono stesso. Aumentando la tensione, aumenta la velocità di 1', ma finchè si rimane nel campo della staticità del regolatore, ossia finchè 1' non supera in velocità angolare 2', l'indice 4' rimane fermo. Aumentando ulteriormente la tensione l'indice 4' chiude il contatto 5' con velocità tanto maggiore quanto maggiore è l'incremento di tensione. Quest'ultimo fa agire il relais 6' che chiude il contatto 8' e apre nel contempo quello 7'. Il contatto 8' chiude il circuito esterno di un relais di maggior potenza (non segnato in figura) che agisce sul controller dei contatti del trasformatore a prese variabili. Aprendosi il contatto 7' si disinserisce il motorino 1' e si ripristinano rapidamente le condizioni iniziali di funzionamento.

Se invece di un aumento si fosse trattato di una diminuzione di tensione il funzionamento sarebbe stato simile, solo che sarebbe avvenuto a mezzo dei relais situati a sinistra della fig. 1.

Le resistenze $W_1$ e $W_2$ sono tali da rendere praticamente la velocità dei motori 1 e 1' dipendente dalla frequenza della rete di alimentazione allo stesso modo con cui lo è quella dei sincroni 2 e 2'. Così tutto il regolatore è pressochè indipendente dalla frequenza della rete. La resistenza *W* serve per la taratura della staticità.

Nella costruzione pratica del regolatore si sono avute particolari precauzioni perchè i contatti 5 e 5' funzionassero in modo deciso. Nella fig. 2 si vede il dettaglio di questo particolare. La ruota dentata *k* solidale con l'asse mosso dal differenziale, aziona la ruota *A*. Questo a sua volta è solidale col braccio *B* che trattiene entro una forchetta $b_1$ e $b_2$ la piastra a molla *C*. Il piolo *F* rappresenta il punto di arresto del contatto *C*. Quando questo contatto deve chiudersi, il braccio *B* inizia il movimento e trasporta il contatto *C* in prossimità di un anello magnetico *D* che, attirandolo bruscamente a sè, chiude il contatto $C_1$. Il moto di ritorno avviene pure bruscamente poichè il contatto

(1) Palme – *Electrical World*, 1926, Vol. 87, pag. 1221.

$C_1$ viene strappato da $D$ e lo strappo è incrementato dall'azione della molla $C$. In $G$ esiste una ruota dentata che ingrana in un settore trattenuto da un'altra molla, atto ad annullare il passo perduto dei vari ingranaggi costituenti il sistema.

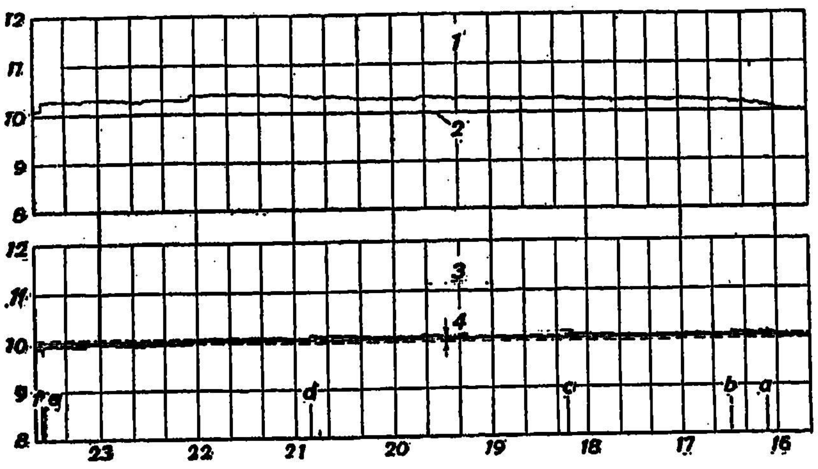



Fig. 3. - Diagrammi della tensione di esercizio della rete.

1 - Tensione non regolata.
2 - » nominale.
3 - » regolata con trasformatore a prese variabili e regolatore automatico.
4 - Grado di staticità del regolatore.

Nella fig. 3 sono riportati un diagramma della tensione di una rete senza regolazione automatica e della medesima con regolazione ottenuta col sistema automatico descritto.

G. R. M.

---

n) **APPARECCHIO DESTINATO AD INDICARE AUTOMATICAMENTE L'ORA A MEZZO TELEFONO.**

*Revue générale de l'Electricité,* 1 ottobre 1932. - M. LANGE.

L'articolo si occupa del secondo modello di orologio parlante installato all'Osservatorio di Parigi; del primo tipo è stata data anche una descrizione nella presente rivista (1). Questo secondo sistema è basato su di un principio diverso dal primo; l'altro metallico, in cui la regolazione del funzionamento è assicurata da un pendolo direttore, agente attraverso l'azione di un servomotore su di un differenziale. Con riferimento alla fig. 1, riportiamo la descrizione schematica dell'apparecchio.

Il primo disco metallico porterà la regolazione fotografica delle parole: sono..... ore..... minuti, dieci secondi, dodici, tredici, quattordici, quindici, etc. I puntini sospensivi intercalati corrispondono ai silenzi del primo disco, nello stesso tempo però si faranno sentire gli altri dischi, successivamente, secondo il loro turno. Il secondo disco, delle ore, porterà su 24 circonferenze concentriche la registrazione sonora della numerazione da 0 a 24. Il terzo ed il quarto disco, dischi dei minuti, porteranno l'uno la numerazione da 0 a 29, l'altro da 30 a 59, sempre distribuita secondo circonferenze concentriche; l'enumerazione su un solo disco richiederebbe per quest'ultimo delle dimensioni esagerate. Il movimento del complesso è ottenuto da un motore sincrono $M_1$ alimentato dalla rete di distribuzione a 50 periodi e funzionante alla velocità di 750 giri al 1', il quale a mezzo di una riduzione differenziale comanda un albero principale 4. Da 4, con pignoni 7 e 8, prendono moto gli alberi trasversali e paralleli, 5 e 6, compiendo un giro al secondo; su di essi sono calettati i piatti di vetro 9, 10, 11 e 12, su cui viene registrato il testo da emettere a mezzo di sorgenti luminose, con ampolla fotoelettrica.

Concentricamente agli alberi 5 e 6, si hanno gli alberi tubulari 40, 41 e 42, che portano i quattro dischi metallici $D_1$, $D_2$, $D_3$, $D_4$, situati dietro i dischi di vetro, muniti di finestre disposte lungo una spirale di Archimede: essi sono identici ai dischi di Nipkow utilizzati in televisione. Nella figura sono visibili le finestre sui dischi $D_1$ e $D_2$, mentre negli altri esse restano nascoste da 9 e 11. I dischi $D_1$ e $D_2$, calettati sull'albero 40, sono azionati mediante un sistema composto da una ruota 43, di 60 denti e da un nottolino 44, che riceve un impulso corrispondente allo spostamento di un dente della ruota a camma 45, che fa un giro al primo. Il disco $D_3$ invece, calettato sull'albero 42, marcia alla velocità di un giro al minuto, sotto l'azione del sistema d'ingranaggi 46 e 47. Il disco $D_4$, calettato sull'albero 41 è azionato mediante un sistema costituito come per i dischi $D_1$ e $D_2$, da una ruota 48 portante 24 denti e da un nottolino 49 che tutte le ore riceve un impulso corrispondente allo spostamento di un dente della ruota a camme 50, fissata sul mozzo del disco $D$, agente sulla leva 60. Un albero 51 portante una ruota tangente 52, comandato da una vite senza fine 53, calettata sull'albero 6 con moltiplicazione di 1/60, compie un giro al primo; esso a mezzo dei pignoni

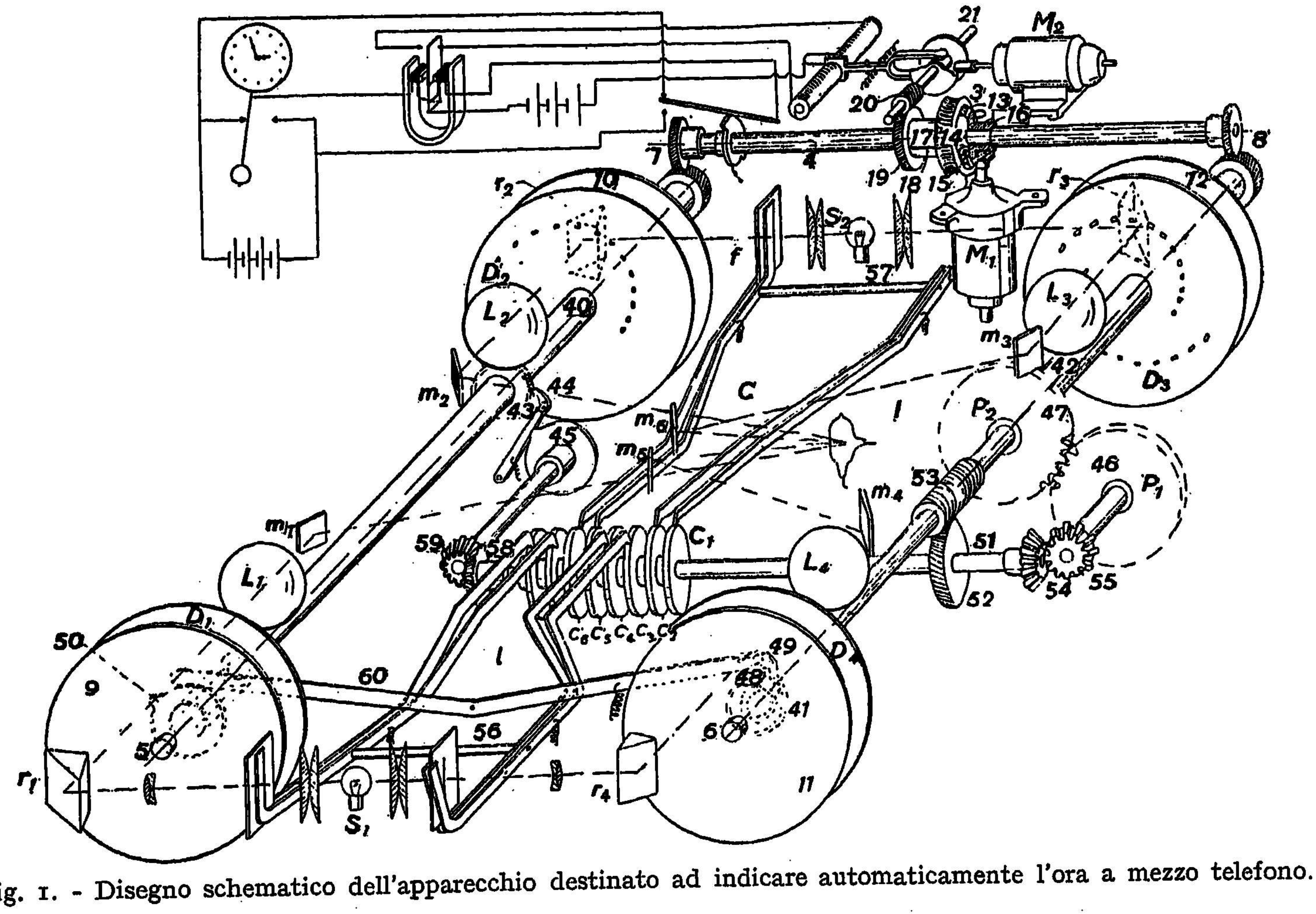



Fig. 1. - Disegno schematico dell'apparecchio destinato ad indicare automaticamente l'ora a mezzo telefono.

esso precisamente risulta una combinazione del fonografo e del film sonoro. Il meccanismo è costituito essenzialmente da quattro collegamenti di due dischi ciascuno, l'uno di vetro,

d'angolo 54 e 55 aziona il treno 46 e 47 che agendo sull'albero tubolare 42, conduce la ruota di Nipkow $D_3$, alla velocità di un giro al minuto. Quest'albero 51, d'altra parte, porta otto camme di commutazione, $C_1$, $C_2$, $C_3$, $C_4$, $C_5$, $C_6$, $C_7$, $C_8$, del sistema ottico; esse hanno lo scopo di comandare la caduta delle otto leve articolate sugli assi 56 e 57, che otturano e scoprono le

(1) « *L'Energia Elettrica* », settembre 1932, pag. 849: *Un orologio parlante.*

fenditure dei diaframmi attraverso cui si ha il passaggio dei fasci luminosi diretti alla cellula fotoelettrica I, al centro dell'apparecchio. L'estremità dell'albero 51, porta infine un pignone d'angolo 58, che trasmette al pignone 59 e di conseguenza alla camma 45 il suo movimento di rotazione alla velocità di

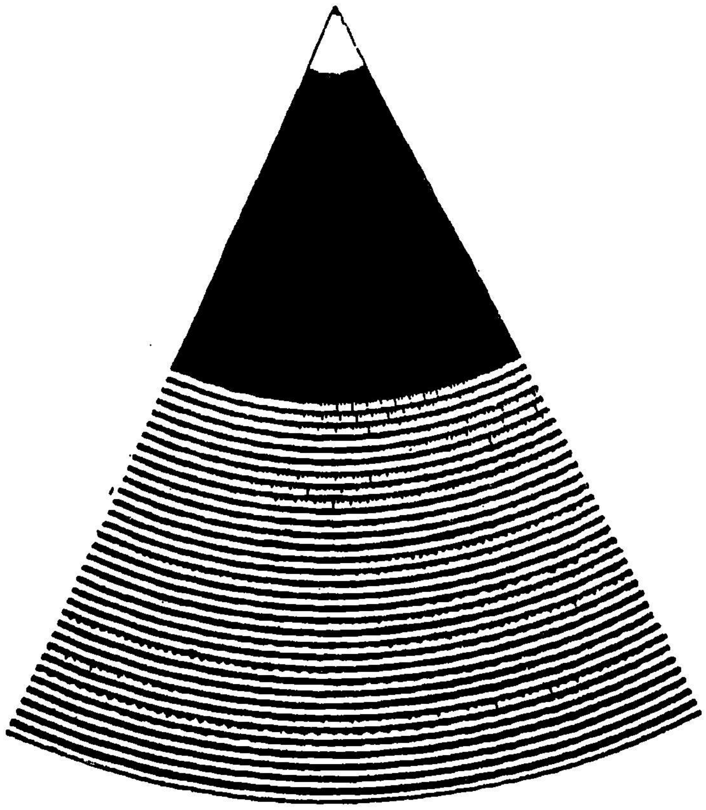


Fig. 2. - Vista di un disco portante i cerchi concentrici corrispondenti alla registrazione sonora.

1 giro al primo. Il dispositivo ottico e fotoelettrico, com'è visibile dalla figura, comprende le sorgenti luminose $S_1$ e $S_2$, i prismi $r_1$, $r_2$, $r_3$, $r_4$ che dirigono 4 fasci luminosi sui piatti di vetro, attraverso cui una parte penetra nelle finestre dei dischi metallici, subendo nel percorso una filtrazione e viene poi deviata dalle lenti *L* e dagli specchi *m*, fino a raggiungere la cellula fotoelettrica *I*.

Ecco come si verifica il funzionamento: supponiamo che alle ore 3 e minuti 5, un abbonato chieda il tempo. È evidente che se il fascio luminoso corrispondente al disco 1, lo attraversa nel momento in cui il disco ruotando, viene esplorata la parola « sono », l'abbonato sentirà appunto tale parola. Poi il primo fascio viene tagliato ed istantaneamente, nell'istante che verrà scoperto il fascio che attraversa il secondo disco, disco delle ore, l'abbonato sentirà pronunziare il numero 3. Questo secondo disco viene riportato al silenzio per la soppressione del fascio corrispondente, mentre verrà libero ancora il primo fascio e si udrà la parola ore. Quindi, essendo scoperto il terzo disco (dei minuti) nell'istante in cui si ecclissa di nuovo il fascio del primo disco, il fascio luminoso attraversa il terzo disco e l'abbonato percepisce la parola « cinque ». Cessa dopo l'attraversamento col fascio del terzo disco e ritorna ancora il fascio del primo disco, e quest'ultimo continuerà il suo ritmo con le parole: minuti, dieci secondi, dodici (e non undici perchè la parola secondi ne ha richiesto uno, per essere enunciata), tredici, quattordici, quindici....., e così di seguito.

In queste condizioni la macchina parla, però occorre che l'ora sia esatta. A tale scopo si è installato un sistema di regolazione e di controllo comprendente un differenziale, un servomotore ed un pendolo direttore, con funzionamento su principi classici.

Per la messa in funzione occorre agire sulla corrente dell'ampolla elettrica, amplificandola. Pertanto quando la corrente sarà lanciata dalla cellula, oppure automaticamente dalla stesssa richiesta dell'abbonato, od anche in momenti prestabiliti, l'emissione verrà messa in azione.

Ru.

---

## o) L'UTILIZZAZIONE DEL CALORE SOLARE E LE POSSIBILITÀ DI SFRUTTAMENTO DEL SAHARA COME SORGENTE DI FORZA MOTRICE

*La Revue Industrielle*, settembre 1932. – J. Boisse de Black.

Nel Sahara la costante solare, in prossimità del suolo, è di 1,35 cal/cmq, cioè 1,2 HP/mq. Su questo dato l'A. impernia il suo articolo riferendo intorno a stazioni solari, messe a confronto con quelle termiche utilizzanti carbone. Egli infatti partendo dalle condizioni del Sahara ed includendo nel computo tutti i fattori di perdita, le aree coperte ecc, arriva ad una potenza diurna di 750 miliardi di HP che potrebbe essere raccolta nella colonia francese di 10 milioni di kmq. Con la sola area di 1000 kmq si avrebbe quindi un'energia di 75 milioni di HP, cioè più del doppio di quella installata negli Stati Uniti per le industrie manifatturiere; in un anno, con un funzionamento di 12 ore giornaliere si arriverebbe a ben 240 miliardi di kWh. Ciò premesso, per merito del Colonnello medico Pasteur, il Sahara è già entrato nell'era di utilizzazione; così agli ospedali di Colomb-Bechar sono sorte delle sale da bagno con impianto annesso di fornitura di acqua calda per cucine, alimentate da un sistema di chassis. Le temperature realizzate sono di 100°, 80° e 60° a seconda dell'uso cui l'acqua è destinata; alcune fotografie riportate dall'A., mettono in evidenza le caratteristiche delle installazioni. Questo sistema è, da parte delle autorità militari, in corso di applicazione anche in altri posti. Un uso più esteso finora di tali impianti, è fatto in Egitto e in California. Nel primo caso merita di essere menzionata la stazione solare di Meadi, la quale utilizza un campo di riflettori solari, aventi 13 269 piedi quadrati di apertura, cioè 1233 mq, e fornisce solo 50 HP. I ricevitori sono dei cilindri a direttrici paraboliche, collocati orizzontalmente sul suolo, nella direzione Nord-Sud. Questa stazione, una delle prime del genere, non si trova certamente nelle condizioni di miglior rendimento per varie manchevolezze, e le critiche ad essa mosse possono così riassumersi:

*a*) I riflettori parabolici costituiscono un esempio imperfettamente rigido, poichè si disarticolano rapidamente. La quota annuale di ammortamento risulta poi elevata.

*b*) Non sarà possibile di mettere rapidamente in azione delle stazioni del genere, a clienti che ne facciano domanda, per il notevole lavoro locale di adattamento che si richiede.

*c*) Il numero considerevole di mq necessari per fornire un HP vapore rende difficile la realizzazione di un apparecchio stabile funzionante alla pressione atmosferica.

*d*) Un funzionamento ad alta pressione avrebbe un rendimento termodinamico migliore, ma richiederebbe un apparecchio di alta precisione locale, che risulterebbe notevolmente più caro di quello che si ha a Meadi. In sostanza la stazione di Meadi, con solo 50 HP di produzione, non risulta molto conveniente, ciò però non rappresenta alcun pregiudizio contro le possibilità di remunerazione di una stazione per esempio di 1000 kW che sarebbe oggetto di un regolare contratto in corso di stipulazione da parte di una Società Elettrica del Cairo.

Praticamente risultano interessanti le installazioni solari di potenza diurna, opportunamente munite di accumulatori capaci di immagazzinare il vapore per correggere le variazioni di rendimento: con esse l'elettrificazione delle strade ferrate potrà essere combinata con la vendita di energia per illuminazione. Per la ferrovia transahariana, lunga 2400 km, il problema si imposta molto semplicemente, ricorrendo ad una decina di stazioni da 10 000 kW ciascuna, che, con funzionamento giornaliero di 10 ore, possono servire ogni anno per 3 000 000 di tonnellate di traffico. Risulta quindi evidente l'enorme vantaggio di utilizzare l'energia solare per la trazione, specialmente per le merci, che possono essere fatte circolare di giorno, senz'altra spesa di quella dipendente dalla normale usura del materiale mobile, di quello fisso, delle installazioni e del salario del personale. L'articolo riporta infine un paragrafo sulla produzione effettiva delle calorie solari in diversi luoghi del globo: all'osservatorio di Dunbredy, nell'Africa del Sud, cioè in una regione di colonizzazione, si è constatata una costante solare media di 1,179, con un massimo di 1,47; per l'Egitto, l'Ackermann adotta il coefficiente 1,358 e tale valore può pure considerarsi mediamente per il Sahara; a Tunisi la media annuale è di 0,776, e d'estate cresce notevolmente; ad Onargla sono state fatte osservazioni nei mesi di gennaio, febbraio e aprile 1926 riscontrando una costante contenuta fra 1,33 ed 1,60. Altri dati, tradotti in tabelle, sono forniti per Kimberley e Cordova, dove le radiazioni solari sarebbero ancora molto interessanti. Certo nei luoghi o nei periodi di minori radiazioni solari, come a Tunisi ed a San Francisco, si ricorre al riscaldamento centrale, dove la perdita in calorie, dal punto di vista del rendimento termodinamico. è praticamente nulla.

Ru.

# Pubblicazioni

*DI TUTTE LE PUBBLICAZIONI INVIATE ALLA RIVISTA IN DOPPIO ESEMPLARE VERRÀ FATTO UN CENNO BIBLIOGRAFICO.*

P. AGOSTINO GEMELLI: *Recherches sur la structuration des paroles et des phrases.* (Rapporto al Congresso di Psicologia di Copenhaghen - 22-27 agosto 1932). - Con XXIII tavole fuori testo.

Viene riferito sull'applicazione dei metodi elettroacustici all'analisi della parola umana dal punto di vista psicologico.

Sono stati rilevati anzitutto oscillogrammi di vocali e consonanti; in seguito si è riusciti ad avere oscillogrammi di parole e perfino di frasi intiere. La grande velocità di svolgimento della pellicola sulla quale venivano impressi gli oscillogrammi (5 ÷ 8 m/1") ha permesso in questi ultimi casi di isolare i diversi elementi del suono. Tali elementi però non vanno considerati solo a sè, ma sono anche fusi nel tutto, sia questo parola o frase, in modo da influenzarne la fisonomia e da esserne influenzati a lor volta.

Il linguaggio come è percepito dall'orecchio umano si presenta così come un tutto vivo, dovuto a movimenti complessi differenti che si fondono e si organizzano diversamente. Esso è governato dalle stesse leggi della forma, tanto se vien considerato come azione di parlare (e cioè come organizzazione motrice) che come percezione delle parole (organizzazione intuitiva). Di più è stato possibile mettere in luce gli « individualismi » del linguaggio umano, ossia quei caratteri che distinguono la stessa parola o la stessa frase pronunciata da individui diversi o anche dallo stesso individuo in diverse condizioni fisiche, psichiche, emotive, ecc. e che sono caratteristici del linguaggio pronunciato coscientemente, con percezione del suo significato.

***

P. AGOSTINO GEMELLI - GIUSEPPINA PASTORI: *Recherches et nouveaux résultats dans l'étude des voyelles.* (Rapporto presentato al Congresso di Psicologia di Copenhaghen - 22-27 agosto, 1932). - Con XIX tavole fuori testo.

Sono analizzati numerosi rilievi oscillografici riferentisi alle vocali italiane, sia pronunciate isolatamente che facenti parte di parole o di frasi.

Nel primo caso l'oscillogramma serve a studiare il « profilo » tipico di ogni vocale e a determinare analiticamente le singole componenti del periodo caratteristico; mentre il confronto fra gli oscillogrammi delle vocali isolate e quelli delle vocali nel corpo di sillabe, parole o frasi permettono di rilevare le modificazioni che la vocale subisce entrando a far parte di un suono più complesso.

In quest'ultimo caso infatti il periodo tipico di ogni vocale varia secondo il tipo e il tono della voce, l'accentuazione, le consonanti che precedono o seguono le vocali e la vicinanza di altre vocali. Inoltre vi è sempre un'alterazione più importante per il fatto stesso che la vocale diventa parte di una parola; essa non si comporta più come un « suono » per l'orecchio che la percepisce, ciò che dipende dalle relazioni fra la vocale e gli altri suoni che compongono la parola o la frase.

***

DR. ING. F. MICHEL - *Lärm und Resonanzschwingungen im Kraftwerksbetrieb.* - VDI-Verlag G.m.b.H, Berlin 1932.

Il volumetto si occupa dei rumori che possono prodursi nelle varie parti di un impianto o anche in apparecchi utilizzatori per effetto di vibrazioni di risonanza dovute a fenomeni vorticosi e ciò tanto per ricercarne le cause che per indicarne i rimedî.

Per indagare le cause fisiche del fenomeno, l'A. si richiama ai fenomeni di distacco della vena fluida che in determinate circostanze si producono in condotti percorsi da un fluido (sia questo liquido o aeriforme) o in vicinanza a corpi circondati da fluido in movimento.

Il caso più tipico e più interessante dal punto di vista pratico è quello dei suoni dovuti ad effetti di risonanza che si rilevano con una certa frequenza nei focolai delle caldaie a vapore e che possono a lor volta dar luogo a vibrazioni in altre parti dell'impianto attinenti alle caldaie. Anche altri casi, per quanto meno diffusamente, vengono esaminati nel volume, e in particolare quelli dei rumori in tubazioni, ventilatori, canali di ventilazione, tubi d'acqua potabile ecc. e quello delle vibrazioni nelle linee elettriche aeree.

Lo studio, che si basa su osservazioni e dati della pratica, è dedicato in modo speciale agli ingegneri che si occupano dell'esercizio di centrali e impianti elettrici.

# Libri ricevuti

TULLIO GNESOTTO: *Effetti di variazione di tensione in cilindri magnetostrittivi in campi magnetici costanti.* (Note I e II).

ID. ID.: *Variazioni di resistenza elettrica di metalli magnetostrittivi in campi magnetici* (Note I, II e III).

ID. ID.: *Variazioni di rigidità in metalli magnetostrittivi per magnetizzazioni longitudinali, circolari ed elicoidali.*

ID. ID.: *Intorno a fenomeni elettromagnetici dovuti a magnetizzazioni elicoidali variabili. Ricerche sperimentali.* (Note I, II, III, IV Parte prima, IV Parte seconda, V Parte prima, V Parte seconda) - (Venezia, Officine Grafiche Carlo Ferrari).

I lavori, che riferiscono i risultati di ricerche e misurazioni eseguite per buona parte nell'Istituto di Fisica della R. Università di Padova, sono stati presentati al *Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti* e pubblicati negli *Atti* di questo.

***

TULLIO GNESOTTO: *Nuovo modello di invertitore rotante per frequenze prossime a quella industriale.* (Padova, Stab. Tipografico L. Penada, 1932).

È un estratto dagli Atti e Memorie della *Regia Accademia di Scienze, Lettere ed Arti in Padova,* nel quale l'A. descrive il modello più recente di un invertitore rotante a liquido per ottenere da un circuito a corrente continua una corrente alternata a frequenze inferiori a quelle industriali.

***

ANGELO DRIGO: *Variazioni di magnetizzazione longitudinale e circolare in cilindri di Ni e di Fe deformati torsionalmente, per effetto di un campo longitudinale alternato sovrapposto a campi costanti* (Note I e II). - (Officine Grafiche Carlo Ferrari, Venezia, 1932).

La prima di queste note, presentate al *Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti,* espone gli scopi dell'indagine sulle variazioni di magnetizzazione longitudinale e circolare che si producono nel nichel e nel ferro in determinate condizioni e descrive il dispositivo sperimentale adottato e il metodo di misura seguito; la seconda riferisce i risultati raggiunti e ne dà l'interpretazione, confrontandoli anche con quelli di altri sperimentatori.

***

UFFICIO IDROGRAFICO DEL R.º MAGISTRATO ALLE ACQUE, DI VENEZIA (Sezione Geologica). - SILVIO VARDABASSO: *Profili geologici attraverso le Dolomiti Occidentali.*
Padova, Soc. Cooperativa Tipografica.

***

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI. - ING. MARCO VISENTINI: *Le acque freatiche nella pianura Emiliana, fra Trebbia e Panaro.* Pubblicazione n.º 9 (Vol. 2º), dell'Ufficio Idrografico del Po. - Roma, Libreria del Provveditorato generale dello Stato.

# Notiziario

**L'ATTIVITÀ DELLA FONDAZIONE POLITECNICA ITALIANA** (a

Nei giorni passati si sono riuniti in Milano, presso la Società Edison, il Consiglio Direttivo e l'assemblea dei Delegati della Fondazione Politecnica Italiana, l'ente creato e presieduto dall'On. Ing. Giacinto Motta per il patrocinio degli studi d'ingegneria in genere e del nostro Politecnico in particolare.

Le riunioni, dopo aver approvato il bilancio al 31 luglio scorso, il quale presenta un patrimonio inalienabile di Lire 2 850 000 nominali di Consolidato Italiano 5%, oltre ad un fondo disponibile per erogazioni di circa 6 milioni e mezzo di lire, hanno ratificato i seguenti contributi versati nell'esercizio scorso: L. 270 000 al Politecnico di Milano per il funzionamento delle Scuole Superiori di Termotecnica e Elettrotecnica per Ingegneri; L. 100 000 allo stesso Politecnico per far fronte ad esigenze straordinarie del suo bilancio; L. 50 000 ancora al Politecnico per la scuola d'ingegneria d'arte stradale Cav. Angelo Puricelli; L. 20 000 alla Società d'Incoraggiamento d'arti e mestieri, e L. 8 000 all'Istituto Radiotecnico Italiano, oltre a L. 24 000 per altre opere diverse, a L. 15 000 per tre borse di studio intitolate al nome di Giuseppe Colombo e riservate a studenti della Scuola d'applicazione del nostro Politecnico e a L. 10 000 per due premii di studio Giuseppe Colombo, destinati ad assistenti della stessa Scuola.

I contributi di cui sopra sono stati confermati anche per l'esercizio in corso.

Le riunioni hanno inoltre preso atto dello stato dei lavori per la pubblicazione degli scritti di Giuseppe Colombo, che si spera possa venir condotta a termine entro l'anno venturo, ed hanno provveduto alla nomina di tre Consiglieri (Senatore Senatore Borletti, Ing. Comm. Giuseppe Gorla e Ing. Gr. Uff. Alessandro Taccani) e di tre revisori dei conti (A. G. Bianchi, Dott. Armando Liverani e Ing. Franco Nodari) nonchè alla designazione dei rappresentanti dell'ente nelle Commissioni aggiudicatrici dei premii triennali Giuseppe Colombo di L. 50 000 e Carlo Esterle di L. 100 000. Come è già stato annunciato a suo tempo, i due premii, per i quali il termine utile per la presentazione delle domande scade col 31 dicembre p. v., sono stati messi a concorso dalla Fondazione Politecnica Italiana e sono destinati all'italiano o agli italiani che nel triennio si siano dimostrati più benemeriti del progresso scientifico o pratico nel campo dell'ingegneria in genere il Premio Colombo, o nel campo dell'elettricità e delle sue applicazioni il Premio Esterle.

b)

## INAUGURAZIONE DELLA TRAMVIA ELETTRICA MONZA-CARATE BRIANZA

Il 28 ottobre 1932, nel decennale della Rivoluzione Fascista, è stata inaugurata la tranvia elettrica da Monza a Carate Brianza.

Con questa nuova elettrificazione è realizzato un altro passo importante verso l'abolizione delle vecchie tranvie a vapore, senza che nessuno le voglia rimpiangere.

Dall'ottobre 1928 ad oggi la Società Trazione Elettrica Lombarda (S.T.E.L.) con l'aiuto della Provincia di Milano, ha così inaugurato l'esercizio elettrico su ben 77 kilometri, in sostituzione di altrettanti esercitati a vapore. La illuminata direttiva segnata dal Duce di sfollare i centri urbani, che attraggono le genti dalle campagne per addensarle in abitazioni insufficienti e lontane dal verde che dà salute, trova la più fattiva collaborazione in queste elettrificazioni delle linee tranviarie che fanno capo a Milano e alle sue città satelliti.

Infatti con la maggiore velocità e con la aumentata frequenza delle corse, più agevolmente il lavoratore può stabilire la sua residenza nelle immediate vicinanze della città e recarsi sul posto del suo lavoro ogni mattina in breve tempo e tornarne la sera.

La tranvia Monza-Carate, prima esercitata con sei coppie di treni a vapore, che impiegavano quarantasei minuti a percorrere i suoi 12 km, conterà ora 10 treni di andata e altrettanti di ritorno, e il tempo del viaggio da Monza a Carate verrà ridotto a soli venticinque minuti.

La linea è costruita con i criteri più moderni e la velocità commerciale raggiunta è di km 29 all'ora, pur con le numerose fermate atte a servire le ridenti borgate di Vedano, Biassono, Macherio, Sovico ed Albiate.

Il binario, completamente rifatto, è costituito da rotaie da kg 30 al metro ed è armato su traverse di legno in sede separata su marciatram. La linea aerea, alimentata a corrente continua a 600 V, è tesata a catenaria, con feeder da mmq 175 ed è sostenuta da pali in ferro. Le vetture sono a carrelli. La centrale di conversione è sita ad Albiate ed è equipaggiata con due convertitori da 600 kW cadauno, l'uno di riserva all'altro.

Tra Monza e Carate si apre la Brianza, la regione salubre dal clima mite che a ragione è denominata « il giardino della Lombardia ». Le numerose ville patrizie con parchi annosi, stanno ad attestare che in ogni epoca questa regione fu prediletta per la villeggiatura.

Le nuove celeri comunicazioni faciliteranno ai Milanesi le gite in Brianza, poichè le corse della linea Monza-Carate sono predisposte in coincidenza con quelle della tranvia Milano-Monza, che partono da Milano Porta Venezia ogni venti minuti e impiegano soli 19 minuti nel percorso da Loreto a Monza.

(c)

## CORSI PREMILITARI PER RADIOTELEGRAFISTI DEL R. ESERCITO

I Ministeri della Guerra e dell'Educazione Nazionale comunicano che il giorno 1° Dicembre prossimo si riprenderanno presso l'Istituto Radiotecnico di Milano, Via Cappuccio, 2, i corsi serali di specializzazione preparatori per *Radiotelegrafisti* del Regio Esercito, per i giovani appartenenti alle classi di leva 1913, 1914, 1915 e 1916.

Chiedere schiarimenti e programma in Via Cappuccio, 2.

# Necrologio

L'undici ottobre si è spento, in Bologna, Alessandro Calzoni, figura esemplare di uomo e di industriale.

Laureatosi a Bologna nel 1889 in ingegneria civile, Alessandro Calzoni si perfezionò successivamente a Torino nei corsi di meccanica ed elettrotecnica, conseguendovi una seconda laurea specializzata. Entrato subito dopo gli studi nell'azienda familiare — la quale portava il nome del nonno — divenne ben presto il coadiutore tecnico più intimo e valoroso dello zio, Annibale Calzoni.

Dedicatosi dapprima, con competenza e successo, alla costruzione delle caldaie e delle macchine a vapore, non tardò a portare il suo contributo al rapido progresso delle macchine idrauliche di ogni tipo, sviluppando in Italia una industria che ben presto assurse a grande fama.

A Lui si deve, in questo campo, un sistema originale di tracciamento della palettatura delle turbine idrauliche che, per accuratezza di studio, rivela la chiarezza dell'ingegno e l'assoluta padronanza tecnica dell'argomento. Egli fu pure uno dei primi assertori del ricupero di energia cinetica nei tubi aspiranti delle turbine veloci.

Calcolatore mnemonico prodigioso, sviluppava a memoria i frequentissimi calcoli che ricorrono quotidianamente nell'opera di un costruttore, colla stessa approssimazione dei comuni regoli calcolatori e sorrideva alla meraviglia dei molti Suoi colleghi che, armati di regolo, giungevano al risultato con grande ritardo, dopo molteplici manovre.

Vasta quanto il sapere e l'ingegno, era la modestia, che lo tenne appartato nell'ombra di una vita attiva, schivo da ogni lode e sempre insoddisfatto della Sua fatica.

Fu un esempio raro di tecnico che, pur specializzato in un ramo particolare di costruzioni, non disdegnò di dedicarsi a molti altri rami della meccanica, mantenendo alla mente quella elasticità che è dote smagliante per un costruttore e che, purtroppo, l'eccessiva specializzazione moderna va disperdendo.

★

Il 24 settembre, il Cav. Dott. Ing. Umberto Serini, già capogruppo della Unione Esercizi Elettrici.

★

Il 4 novembre a Milano il Comm. Ing. Ettore Cardani, che fu docente al Politecnico di Milano e che diresse le Riviste *L'Ingegnere* prima e *Il Politecnico* poi.

SEN. PROF. O. M. CORBINO, *Direttore*

ARTI GRAFICHE E. CALAMANDREI & C. – MILANO
Fotoincisioni della « ZINCOGRAFICA » - MILANO

ING. ETTORE CESARI, *Redattore-Capo responsabile*

MILANO
Dicembre 1932 - Anno XI

Fascicolo XII
Volume IX

# L'Energia Elettrica

UFFICIALE PER GLI ATTI DELL'UNIONE NAZIONALE FASCISTA INDUSTRIE ELETTRICHE (UNFIEL)
E DELLA FEDERAZIONE NAZIONALE FASCISTA GRUPPI REGIONALI IMPRESE ELETTICHE (FENAGRIEL)
*Direttore :* SENATORE O. M. CORBINO

Le opinioni espresse dagli autori e dai redattori non impegnano nè la Direzione, nè le Associazioni di cui la Rivista è l'organo

ING. ANTONIO MOTTA
SOCIETÀ GENERALE ITALIANA EDISON DI ELETTRICITÀ

## Problemi costruttivi inerenti ai canali e alle condotte elastiche in roccia (1)

### CANALI.

*Generalità.* – Dallo studio della configurazione topografica e della natura dei terreni da attraversare, nasce l'ubicazione più conveniente da fissare per il tracciato di un canale. Sovente, però, le opere accessorie di presidio ed i lavori di manutenzione da prevedersi, in determinate zone, per garantire la stabilità ed il regolare e buon funzionamento di un canale assumono una entità tale da far preferire soluzioni che ad un primo giudizio potrebbero sembrare le meno convenienti.

Se lo studio riguardasse solamente la configurazione topografica, indipendentemente dalla natura del terreno, i termini di paragone di diverse soluzioni di tracciato sarebbero dati da quantità ben determinate, ma poichè in pratica non si deve prescindere dallo sfruttare razionalmente le qualità e le caratteristiche dei terreni che si attraversano e dal cautelarsi contro il sopraggiungere di possibili inconvenienti, insiti nell'esercizio stesso di una condotta d'acqua, non così semplice è talvolta la ricerca della soluzione di massima convenienza.

L'indeterminatezza di certi problemi, considerati anche soltanto nei confronti della misura e dell'entità delle opere da costruire per risolverli, è sufficiente a creare un'incertezza nella quale poi si dibatte il tecnico che deve raggiungere il giusto grado di sicurezza nelle costruzioni, impiegando il minimo mezzo.

Ad attenuare in parte questa incertezza valgono i dati e le osservazioni che seguono, raccolte su opere di canalizzazione costruite e costruende, dati ed osservazioni che hanno così il pregio di essere forniti dall'esperienza.

### CANALI SOTTO PRESSIONE.

Si possono distinguere:

*a*) canali in tubazione metallica con sede esterna,
*b*) » » » » » » in galleria,
*c*) » » galleria in roccia sana non rivestita,
*d*) » » » » » » rivestita.

(1) Relazione presentata alla Commissione permanente di Studio, della UNFIEL, per gli impianti idroelettrici e discussa l'11 maggio 1932/X.

I tipi fondamentali sopra citati si prestano naturalmente a ulteriori sottodivisioni dipendenti dai tipi di tubazione e dal materiale col quale queste sono costruite, nonchè dal tipo e dal materiale usato per il rivestimento delle gallerie.

Senza dubbio la struttura che dà il massimo affidamento, indipendentemente dal concetto economico, è rappresentata dalla tubazione metallica libera con sede in galleria.

Il comportamento di un tubo metallico sotto l'azione della pressione idraulica interna è perfettamente conosciuto; sindacabile col calcolo sono le sue condizioni di lavoro sotto le diverse sollecitazioni e, stabilito un margine di sicurezza, vi si può contare senza preoccupazioni.

Anche la condizione di speciale sollecitazione in cui vengono a trovarsi i tubi, specie se di grande diametro, a riempimento parziale, è stata oggetto di studi da parte di eminenti tecnici e non può dare luogo oggi nè a sorprese nè a difficoltà.

Si è creduto di tener conto del tipo della sede perchè una incertezza che ricorre nello studio è quella dovuta alla sollecitazione derivante dalle variazioni di temperatura.

In galleria le temperature estreme, per l'intervallo delle quali si procede al calcolo, sono molto meno discoste fra loro di quelle che si possono verificare all'esterno; sovente, anzi, là dove per una tubazione con sede all'esterno è necessario prevedere dei giunti di dilatazione, questi possono essere omessi se la tubazione è installata in galleria (1).

I giunti di espansione sono organi che richiedono una certa manutenzione e necessariamente degli amarraggi, i quali qualche volta, e per la pressione alla quale la tubazione è sottoposta e per la configurazione inadatta del terreno, possono risultare molto costosi; qualora però un amarraggio dovesse essere costruito in galleria è facile comprendere come esso potrebbe risultare relativamente piccolo di dimensioni e sicuro dal lato della stabilità.

Se però la tubazione esterna può venire tombata e l'anda-

(1) Canali in galleria del *Cingino* (diam. mm 880) e del lago di *Antrona* (diam. mm 1300).
Entrambi senza giunti di espansione, non hanno mai dato luogo ad inconvenienti.
Pressione di esercizio rispettivamente di 50 ÷ 80 e di 30 m di acqua.
Sviluppi liberi: m 2500 il primo e m 1900 il secondo.
Quote s. m. rispettivamente: 2100 e 1050.

mento planimetrico non è molto irregolare, è possibile sovente anche in questo caso evitare i giunti di dilatazione. Si tratta però di casi particolari che implicano ad ogni modo la spesa per una accuratissima verniciatura ed un eventuale rivestimento di tela iuta catramata, nonchè per un tombamento bene eseguito (1). Questa operazione tende però sovente ad ottenere altri vantaggi di cui si dirà in seguito e che giustificano pienamente le spese alle quali si è accennato.

La sede in galleria è poi una protezione sicura contro le insidie della montagna, come valanghe e frane, ed anche contro le temperature rigidissime, che si possono facilmente verificare ad alte quote; fatto, questo, che può costituire un pericolo nel caso di arresto nel funzionamento del canale, specialmente se prolungato per qualche tempo (2).

Si considerino ora le conseguenze di una possibile fuga d'acqua. Nel caso della sede in galleria l'acqua di fuga viene a scorrere, per così dire, in un altro canale costituito dalla galleria stessa, la quale per essere rivestita nelle parti non in roccia, non presenta dubbio alcuno sulla sua stabilità; per di più le finestre che vengono aperte per la costruzione delle gallerie, tolto qualche caso eccezionale, sboccano in valloncelli dove già scorrono dei rii; quindi, nel caso considerato, il deflusso delle acque di fuga viene convogliato al letto del torrente principale quasi per via naturale rendendo così nulli o trascurabili i danni conseguenti (3).

Non così avviene per le sedi esterne, sia dove i tratti di terreno non in roccia possono venire corrosi e rovinati dall'acqua e determinare delle frane più o meno importanti con rovina di parte del canale (4), sia dove la sede è costituita da roccia, nel qual caso, se danni non avvengono alla sede stessa, ne possono essere provocati più a valle, a meno che la roccia non si estenda fino al letto del torrente.

In parecchi studi eseguiti per canali in tubazione forzata, dopo di aver dato un giusto peso a tutte le considerazioni di cui sopra, è risultato consigliabile eseguire la sede in galleria anche se la spesa di impianto risultava notevolmente superiore a quello che sarebbe stata necessaria per una sede all'esterno (5).

Quando un canale sotto pressione con sede esterna viene annegato con tombamenti di terra od altro materiale allo scopo di proteggerlo dalle variazioni forti di temperatura e, fino ad un certo punto, dai pericoli di frane o valanghe, là dove il terreno di posa è deteriorabile al contatto dell'acqua, è sempre bene prevedere dei drenaggi, magari costituiti da semplici muretti a secco che sboccano all'esterno della tombatura, in modo che una eventuale fuga d'acqua trovi la strada comoda ed obbligata per scaricare senza pericolo di imbevere una zona vasta di terreno e determinare poi uno scoscendimento che, trascinando il canale, potrebbe arrecare seri danni (1). I drenaggi potrebbero sboccare in punti adatti per arrecare il minimo danno e nello stesso tempo servirebbero da spia; a questo proposito, anzi, è conveniente inserire altri drenaggi più piccoli e frequenti tra quelli principali.

Quando da uno studio per un canale in tubazione forzata emerge la convenienza di prevedere la sede di questo in galleria, si presenta subito il problema di verificare se non sia anche conveniente l'uso della galleria stessa come canale.

Lo studio del profilo geologico indica le opere da costruirsi e gli accorgimenti da prevedersi per la buona riuscita del lavoro e dal confronto dei preventivi di costo se ne trae la soluzione più conveniente.

È appunto sulle opere di rivestimento e sugli accorgimenti speciali di presidio che si vogliono esporre alcune osservazioni fatte durante e dopo le costruzioni.

### Gallerie in roccia sana e compatta.

Per quanto una roccia possa apparire sana e compatta, non si può contare sulla perfetta tenuta quando la pressione dell'acqua raggiunga valori massimi dell'ordine di 70÷80 metri, oggidì facilmente conseguibili.

In questo caso, però, la perdita non può preoccupare nè come quantità d'acqua inutilizzata, nè come insidia alla stabilità del canale.

Ovviamente, ed a maggior ragione, la stessa considerazione si potrà fare quando il battente d'acqua è minore di quelli citati, nel qual caso può anche esservi un limite al disotto del quale la impermeabilità si può ritenere praticamente assoluta.

Una galleria in pressione, in roccia sana e compatta non rivestita, è quella di derivazione dal Lago d'Avio (Adamello). Ha la sezione di metri 2 × 2 e funziona sotto il battente max di m 18 di acqua (2).

Praticamente la tenuta è buona.

Quando il battente di esercizio supera i m 20 di acqua è consigliabile ad ogni buon fine di rivestire la galleria in gunite.

Bene sarebbe poter fare prima un esperimento sulla tenuta, separando la galleria in tronchi ed usando accorgimenti atti ad indicare le eventuali vie di uscita; se queste sono ben *distinte* e *ben individuabili*, dopo una conveniente intasatura, se rifatta la prova si ha una tenuta sufficientemente buona, si può con tranquillità fare assegnamento sul grado di compattezza della roccia e non eseguire rivestimento alcuno.

Però se le perdite non sono bene individuabili, o sono troppe e diffuse, allora è senz'altro conveniente procedere al rivestimento in gunite.

La miglior prova (quella che permette di meglio individuare l'entità delle fughe e la loro distribuzione) si può fare con un periodo di esercizio; l'acqua corrente trascina dei corpuscoli in sospensione (che possono essere anche appositamente intro-

---

(1) Canale di Camposecco. Sito a quota 2100 circa, tutto annegato in terreno di riporto, non ha dato mai luogo ad inconvenienti di sorta; diam. int. 650 mm; pressione m 200 d'acqua circa.

(2) Canale di Camposecco: si è verificata una formazione di ghiaccio prima del tombamento, quando il canale non era in esercizio. Si è trattato di poca cosa. Però la formazione di ghiaccio è stata rapida e distribuita su tutta la lunghezza.

(3) Il primo tratto a monte di una tubazione forzata in galleria ha presentato in un primo tempo, per una fessura nel lamierino di rivestimento, una forte perdita che ha scaricato, attraverso la finestra rivestita, in un riale senza provocare danno di sorta.

La finestra attraversa nell'ultimo tratto verso l'esterno una roccia di talcoscisto sconnessa e fortemente deteriorabile dall'acqua.

(4) In un canale in legno a pelo libero, con sede a mezza costa su terreno morenico, le perdite hanno determinato una frana che ha trascinato il canale.

In un altro canale le perdite, sebbene modeste, hanno dato inizio ad una frana che non accenna a fermarsi. Per un tratto di circa 200 metri si procede sistematicamente a puntellamenti e rifacimenti. Il canale è in calcestruzzo con sede a mezza costa ed a pelo libero.

Per la rottura di un canale sottopressione in cemento armato, all'aperto, si sono verificati dei danni non indifferenti alle campagne.

(5) Canale del Toggia (in costruzione); canale del Cingino; canale del Lago di Antrona.

Questi canali hanno dato ottimi risultati e mai si è avuto a lamentare inconvenienti.

---

(1) Tubazione del diametro di 400 mm per stazione pompe Alpe Cavalli e per la captazione delle acque del Rio Cantonaccio per l'impianto di Rovesca.

Per la posa di due tubazioni da 400 mm per captare le acque di piccoli bacini sussidiari si dovevano attraversare terreni dove gli scavi non si reggevano alla minima infiltrazione d'acqua; è stato costituito il fondo di posa con muro a secco drenante e con frequenti sfoghi all'esterno in punti adatti. Qualche drenaggio geme sia per le filtrazioni dalla montagna che per perdite della tubazione, ma non si è verificato nessun movimento.

(2) Canale dal Lago d'Avio - H = 18 m di acqua.

Osservata la parete rocciosa si ha ragione di ritenere che la tenuta sia buona. Solo in prossimità di due avallamenti si notano traccie di filtrazione, e ciò perchè il tracciato si avvicina al cappellaccio della roccia dove la compattezza è minore.

Anche l'esame interno della galleria, dopo un periodo di esercizio, non ha permesso alcuna osservazione che facesse dubitare della tenuta.

dotti nel canale e li lascia sui bordi delle fessure di chiamata, depositati ed orientati in modo da non lasciar dubbio sulla perdita, dando qualche volta anche un'idea dell'entità di questa. Tale prova dovrebbe integrare la precedente, fatta comprimendo l'acqua nei tronchi di canale, la quale dà l'esatta misura della perdita, non individuando, od individuando con insufficienza, la distribuzione delle perdite stesse (1).

Generalmente però, ad esercizio iniziato, a meno che le perdite non siano imponenti (cosa che verrebbe allora notata anche senza bisogno di prova), è ben difficile trovare il momento di arrestare la centrale per rivestire il canale. L'arresto di una centrale rappresenta un onere sempre tanto grave che non vi si sobbarca se non per forza maggiore.

La gunite può costare da L. 15 a L. 25 al mq a seconda della difficoltà degli approvigionamenti, dell'incomodità del lavoro e dello spessore del rivestimento. Dà garanzia di ottima tenuta; fa aderenza buonissima sulla roccia, e ciò è dovuto specialmente a quella specie di smerigliatura che provoca la sabbia proiettata sulla parete rocciosa; la struttura ultimata è granulosa, ma raccordata e lucida; non presenta cioè asperità vive e taglienti. Battendo con martello uno strato di gunite bene eseguito si sente un suono e si nota una risposta al colpo, che persuade dell'ottimo risultato che si può ottenere da una così intima adesione di questa struttura di rivestimento sulle rocce sane. Per ottenere una buona gunite è sufficiente usare un rapporto tra cemento e sabbia da 1 a 3. In alcuni casi, dove erano richieste delle resistenze speciali, è stato anche usato un rapporto 1 a 1. Per rendere minimo lo sfrido è necessario usare sabbia molto fine, e la pressione dell'aria deve aggirarsi sulle 2,5 atmosfere.

Nel canale di Cheggio (valle Antrona) dell'impianto di Rovesca (Società Edison), là dove la roccia si presentava sana è stata rivestita in gunite ed i risultati sono stati ottimi. Pressione di esercizio: 30 m d'acqua, diametro m 2,00.

Pure in gunite è stata rivestita la galleria di presa dell'Alto Belice (Soc. Gen. Elettr. della Sicilia), soggetta ad una pressione di esercizio di 24 m d'acque; e così pure il pozzo piezometrico dello stesso impianto, entrambi con ottimo risultato.

In quest'ultima galleria, in 9 anni di esercizio, non si è verificato nemmeno una crinatura nella gunite (rapporto 1 a 1).

Se però la roccia è sana, *ma poco compatta* o fessurata, allora l'attenzione deve essere rivolta tanto alla perdita dell'acqua, che non viene utilizzata, quanto alla stabilità della roccia.

Per la prima ragione si tratta di stabilire sperimentalmente se la quantità d'acqua che si perde può giustificare la spesa di rivestimento; si ripete che è ad ogni modo sempre bene eseguire un rivestimento, magari di sola gunite, dopo aver intasato le fessure; per la seconda ragione sarà necessario un attento studio geologico, particolarmente della stratigrafia della roccia, specie quando la galleria è *parietale* (2); anzi, questo studio deve precedere quello sulla tenuta, inquantochè potrebbe sconsigliare l'esperimento per non andare incontro a seri inconvenienti. Si comprende difatti facilmente come, con pressioni anche relativamente piccole, se si viene ad interessare con l'acqua una superficie molto estesa, si possano determinare spinte totali imponenti e sufficienti a determinare spostamenti nella compagine della roccia.

Per gallerie parietali, la stratificazione a piano principale di sfaldatura nel senso longitudinale alla galleria può essere naturalmente pericolosa (1), mentre se la stratificazione è disposta in senso normale all'asse della galleria, l'acqua può facilmente trovare sfogo all'esterno prima di interessare con la pressione delle grandi superfici che per la loro disposizione, però, potrebbero ben difficilmente dar luogo a movimenti. Questo pericolo è naturalmente tanto maggiore, quanto più alta è la pressione, anche per il fatto che i materiali incoerenti interposti fra gli strati possono far da tenuta *fino a certe pressioni* limitando così la superficie che può venire interessata (2).

Si presenta in questo caso il problema di decidere, a seconda del grado di fratturazione della roccia, se sia ancora possibile pensare ad un semplice rivestimento di gunite o sia necessario un rivestimento in muratura o calcestruzzo. A questo proposito si ricorda quanto detto più sopra, e cioè che la gunite è una struttura di ottima resistenza sulla quale si può fare serio affidamento.

La luce massima delle fessure che si può ricoprire è una funzione della pressione nel canale, dello spessore dello strato di rivestimento e della qualità dei materiali per questo usati. La gunite è però conveniente per rivestimenti dello spessore di pochi centimetri (3÷6), e al di là di questi spessori può essere conveniente un rivestimento di calcestruzzo; per di più, non si può pensare a rinunciare ad una certa uniformità nello spessore medio di un rivestimento; in altri termini, non si può pensare di ingrossare gli spessori solo in corrispondenza delle fessure, anche perchè, una volta ricoperte queste con un primo strato, se ne perde la traccia e gli ingrossamenti dello spessore possono venire eseguiti proprio dove non sono necessari. Se le fessure che richiedono uno spessore di gunite superiore al massimo normale sono isolate (questione che non ha d'altra parte importanza perchè si tratta di casi rari) allora si può ancora ricorrere alla gunite estendendo i maggiori spessori in modo da essere sicuri di avere interessata la zona incrinata; ma se dette fessure sono distribuite e rappresentano una caratteristica della roccia, allora si può ritenere consigliabile un rivestimento in muratura o calcestruzzo (3).

GALLERIE IN ROCCIA FRIABILE ED IN FRANA.

Sovente, dove la roccia è schistosa od alterata, è ancora possibile pensare ad un semplice rivestimento in muratura od in calcestruzzo.

Naturalmente, questa possibilità dipende dal grado di alterazione della roccia e dalla pressione alla quale è sottoposto il canale e non occorre una speciale competenza per decidere volta per volta la possibilità di fare il rivestimento e di determinarne le dimensioni (4). L'attenzione deve essere rivolta

(1) Canale di Cheggio. È stata eseguita una prova di tenuta su un tratto di circa 250 m rivestito di lamierino. Si è potuto esattamene misurare la perdita, ma non è stato possibile individuare quali erano le giunte che perdevano.

Prove di questo genere sono state fatte alla galleria dell'impianto di Mezzocorona; la galleria fu provata per tronchi con setti a calotta sferica.

(2) In una galleria-canale, a pelo libero, all'invaso si è manifestato un cedimento in un piedritto, che ha determinato una fessura in calotta dalla quale usciva acqua che scaturiva poi dalla montagna.

È da notare che l'uscita dell'acqua aveva peggiorato la situazione.

In una galleria-canale dello stesso tipo si sono notate delle fessure in senso longitudinale a comportamento elastico. Non si tratta quindi di un assestamento della roccia, ma di uno spostamento suscettibile di aumento, coll'aumentare della pressione.

(1) In una condotta forzata in roccia, sotto un battente di circa 450 m d'acqua, per la rottura di un tubo si è spostata la parete rocciosa per circa m 0,25. (diametro della tubazione = 1500 mm).

(2) In una tubazione forzata in roccia, il dilavamento del materiale che riempiva un piccolo vano tra due strati di roccia ha provocato in un tempo successivo la rottura della condotta per il cedimento della parete di roccia.

(3) La galleria per l'impianto del Barbellino attraversa una struttura schisto ardesiaca, che presenta qualche filtrazione d'acqua; in un punto la pressione dell'acqua di filtrazione è superiore a quella di esercizio di m 27,50. Un rivestimento di calcestruzzo intonacato ha dato ottimi risultati per la tenuta.

Un tratto della galleria per l'impianto dell'Alto Belice, attraversante una roccia sana ma fessurata, è stato pure rivestito con calcestruzzo intonacato, che ha dato ottimo risultato per la tenuta. Carico di esercizio: m 33,70 di acqua.

(4) Quando le gallerie sono *parietali* bisogna però essere molto guardinghi, poichè il cappellaccio di rivestimento delle rocce presenta

in questo caso al comportamento della roccia al contatto dell'acqua; in altri termini, occorre rendersi conto che l'alterazione della roccia riguardi solo la resistenza.

Delle rocce che si sgretolano e si sfaldano al contatto dell'acqua si parlerà più avanti.

Quando la natura della roccia è tale da non poter fare assegnamento alcuno sulla sua resistenza, le condizioni sono assimilabili al caso della frana.

Il rivestimento deve allora essere resistente alla tensione e quindi si ricorre a strutture in cemento armato e a strutture metalliche di rivestimento.

Le strutture in cemento armato sono molto delicate e laboriose da costruire in galleria.

La necessità che la struttura non risulti troppo dissimile da quella geometrica è in contrasto con l'altra necessità di ben costipare il calcestruzzo intorno all'armatura di ferro se si vuol ottenere una buona costruzione. Il calcestruzzo piuttosto fluido, pur non essendo certo il migliore agli effetti della resistenza, bene si presta per eseguire il getto fino alle reni dell'arco; ma il volto superiore e la chiave sono punti delicati che richiedono tempo e meticolosità nell'esecuzione, e quando si tratta di pressioni piuttosto elevate si rendono necessarie delle iniezioni in calotta, di boiacca di cemento e sabbia, se si vuol essere garantiti contro eventuali sorprese (1).

In luogo delle iniezioni, quando le dimensioni del vano tra roccia ed estradosso del tubo in cemento armato lo permettono, si può fare il riempimento in muratura di pietrame (2); anche quando si fanno semplici rivestimenti in calcestruzzo, la chiusura del vano in calotta si deve sempre fare o con muratura di pietrame o con iniezioni; non è possibile intasare il vuoto tra armatura in legno e roccia con solo calcestruzzo.

Se la galleria è in frana, e quindi lo scavo è armato, e si vuol ottenere un buon risultato, bisogna prima costruire un rivestimento in calcestruzzo o in muratura e quindi eseguire il tubo in cemento armato (3); il primo rivestimento può essere ridotto in questo caso al minimo necessario per tenere in posto lo scavo.

Sono state costruite anche strutture in gunite armata dello spessore di circa 5 cm, interne ad un rivestimento in muratura, intasando il vano tra roccia e rivestimento con iniezioni di cemento. (Alto Belice - Soc. Elettrica della Sicilia). Il risultato è stato ottimo.

I rivestimenti in muratura e cemento armato, le strutture cioè che possono resistere anche e meglio alla pressione dall'esterno verso l'interno, non offrono particolari difficoltà di costruzione quando si incontrano acque di filtrazione.

Se si tratta di vera sorgente allora può anche nascere la necessità di convogliarla all'esterno con apposito canale (4), ma se si tratta di travenazioni, filtrazioni anche di una certa importanza, basta captarle con un tubo che viene annegato nel rivestimento e scarica nel canale; ad opera ultimata basta chiudere il tubo di drenaggio con apposito tappo. Questo particolare, di poca importanza per le strutture di rivestimento di cui si è trattato, si è ricordato solo perchè, per contrasto, vi si ponga molta attenzione nel caso di rivestimento con lamierino di tenuta.

Un tipo di rivestimento già usato con buon risultato è appunto quello consistente in un tubo di lamierino di 3÷4 mm, cioè dello spessore minimo compatibile con il diametro della galleria, annegato in calcestruzzo magro che riempie l'intercapedine tra tubo e roccia e tra tubo e rivestimento in muratura, dove la galleria attraversa terreni incoerenti, frane ecc. (1).

È manifesto come un canale in queste condizioni dia le maggiori garanzie di tenuta e di rendimento agli effetti delle perdite di carico.

Una speciale attenzione però è richiesta per quanto riguarda i drenaggi. Più sopra, parlando di rivestimento in cemento armato, si è citato il caso della raccolta delle acque filtranti per far presente come, dopo la chiusura dei piccoli tubi di raccolta, il rivestimento in cemento armato non soffra per effetto della pressione determinata dall'esterno verso l'interno dalle acque di filtrazione, e ciò per qualunque rivestimento murario, che in simile caso viene a lavorare come volto.

Nel caso invece di rivestimento metallico di tenuta, e cioè con intasatura tra metallo e parete della galleria, la pressione dell'acqua di filtrazione che, attraversando le inevitabili fessure che rimangono nel materiale di riempimento, raggiunge il lamierino, può interessare una superficie così grande di quest'ultimo da determinarne lo schiacciamento (2). Le fessure nel materiale di riempimento sono da ritenersi inevitabili poichè, alle reni ed in calotta, non è possibile realizzare un riempimento compatto al punto di fare tenuta, se si pensa che per ragioni economiche non è il caso di pensare a costruire elementi di tubazione di lunghezza minore di tre metri e che lo spazio tra tubo e parete di galleria, sempre per le stesse ragioni, non è in media superiore ai 0,30÷0,40 metri. Vi è poi l'inevitabile ritiro del calcestruzzo durante la presa.

Quando si parla di questo tipo di rivestimento, si deve pensare che il lamierino della tubazione ha la funzione di tenuta e che il riempimento non ha che quello di resistenza e, per il fatto di trovarsi in camera chiusa, può essere costituito da calcestruzzo magro o da muratura con malta magra, altra ragione economica che giustifica la spesa del lamierino di tenuta.

Per quanto sopra, si comprende come l'acqua di filtrazione dalla montagna possa trovare la via per scorrere tra la superficie del lamierino della tubazione ed il materiale di riempimento.

Rimane ad ogni modo impossibile, si ripete, pensare ad un *riempimento impermeabile*.

L'acqua, per così dire esterna al canale, può provocare anche con bassa pressione lo schiacciamento del tubo quando questo viene vuotato e pertanto gli viene tolta dall'interno la pressione di equilibrio (3).

Simili rivestimenti sono specialmente convenienti per sezioni piuttosto grandi che rendano minima la cubatura del riempimento tra tubo e roccia, compatibilmente con la minima sezione che si può dare ad una galleria.

---

in generale delle discontinuità che non sono paragonabili a quelle che si incontrano nel cuore della montagna.

In una galleria (canale a pelo libero) di cui si è parlato più sopra, si sono dovuti rifare alcuni anelli di rivestimento che si erano fessurati per il cedimento di assestamento della roccia sotto la pressione dell'acqua.

(1) Nella galleria per l'Alto Belice, il tubo resistente fu costruito in gunite armata entro ad un tubo di rivestimento in calcestruzzo. Il lavoro fu difficoltoso, specie per il piccolo diametro di m 1,30. Carico: m 34 d'acqua.

(2) Parte superiore del tratto orizzontale del riempimento tra lamierino e roccia nelle condotte forzate in roccia di Rovesca e Pallanzeno. Pressioni, rispettivamente, di 720 e 520 metri d'acqua. Non si è manifestato alcun cedimento nel rivestimento murario.

(3) Impianto di Molare - Alto Belice.

(4) Galleria di scarico Alpe Cavalli.

---

(1) Canale di Cheggio (diam. m 1,80); carico m 32 di acqua; spessore del rivestimento 3 m.

Canale di Camplicciolí: diametro m 1,65; carico m 65 di acqua; spessore del rivestimento 3 mm.

Galleria dal Lago Gabiet: diametro m 1,20; pressione 72 metri di acqua; spessore del rivestimento 8 mm.

Galleria dal Lago d'Avio: diametro m 1,75; carico d'acqua m 20; spessore del rivestimento 4 mm.

(2) In un canale con questo tipo di rivestimento, dove non furono curati i drenaggi, parecchi tubi vennero schiacciati dall'esterno all'interno. Non si potè rimetterli a posto che mettendo nuovamente in pressione il canale, quindi installando ad ogni metro delle corniere interne di ferro a L.

(3) Quest'acqua esterna può derivare sia per filtrazione dalla roccia, come da fughe del canale.

Dove non vi sono travenazioni della roccia e la tenuta del tubo è perfetta, lo schiacciamento del tubo è impossibile, come si è verificato nel rivestimento della galleria dal Lago d'Avio. È però prudente prevedere sempre i drenaggi.

Si entra così sull'ordine di m 1,70÷1,80 di diametro interno.

È ovvio che lo spessore della lamiera del tubo, data la sua funzione, deve essere la minima possibile compatibilmente con la possibilità di trasporto senza danno ai tubi stessi.

Pur avendo il lamierino il solo scopo della tenuta, non si ritiene però conveniente superare la sollecitazione di 12÷14 kg/mm²; d'altra parte, per tubi fino al diametro di 2000 mm, che è già una dimensione non più di facile trasporto, e per un carico fino a 60 m, risulterebbe necessario uno spessore di 4÷5 mm e dal rapporto tra diametro e spessore si rileva come bastino pochi metri d'acqua di pressione dall'esterno verso l'interno, per determinare lo schiacciamento del tubo.

Si ovvia a questo pericolo creando nell'intercapedine riempita di calcestruzzo o muratura una vera rete di drenaggi, tra loro collegati e di una sezione complessiva tale che l'acqua proveniente dalla montagna e dalle fughe del canale vi possa scorrere fino allo sfogo all'aperto con pressione praticamente nulla (1).

È necessario, cioè, che le due acque, quella interna al tubo e quella esterna, anche se derivata per fuga dall'interno, trovino un vano di separazione che impedisca a quella esterna di schiacciare il tubo quando il canale è vuoto e a quella interna di invasare e mettere in pressione eventuali fessure, determinando, in casi particolari, degli scoscendimenti come quelli più sopra accennati.

È manifesto come una rete di drenaggi richieda, per la buona riuscita, una meticolosità di esecuzione che non sempre è possibile ottenere dalla maestranza (2). Un altro inconveniente è determinato dal formarsi e dal depositarsi, lungo i drenaggi, di masse calcaree che col tempo ostruiscono i drenaggi stessi (3); ciò avviene più facilmente dove il riempimento è costituito da calcestruzzo.

Il tipo di rivestimento a lamierino imbottito, dunque, se i drenaggi son perfettamente eseguiti, ha tutte le caratteristiche della tubazione libera in galleria col vantaggio di poter raggiungere grandi diametri con piccoli spessori.

Dalla fig. 1 si rileva come, per ben ottenere l'intasatura, sia stata costruita la parte superiore in muratura lasciando in chiave un drenaggio a sezione relativamente grande tra roccia e sasso vivo della muratura; questo drenaggio si trova quindi in condizioni da rendere difficile l'ostruzione sia per cattiva esecuzione che per depositi.

Altri drenaggi sono lasciati nella parte bassa e, tratto tratto, in corrispondenza delle giunte fra tubo e tubo, si sono lasciati dei collegamenti tra i diversi drenaggi.

La rete drenante, se bene studiata, dà ottimi risultati (4).

È sempre il caso, specie per canali di sezione superiore alla media, di porre a confronto con le altre soluzioni anche quella del lamierino di rivestimento perchè, ancora si ripete, con un sistema drenante ben studiato e bene eseguito, che però comporta una spesa, è possibile garantirsi dagli inconvenienti accennati e conseguire vantaggi non indifferenti, specialmente dove, come detto sopra, il terreno attraversato richiede un rivestimento, che con questa soluzione sarebbe rappresentato dal calcestruzzo magro di intasamento.

Tutto quanto si è fin qui esposto si riferisce a canali di piccole e medie sezioni; si comprende come al di sopra di certe dimensioni, oltre ad entrare in gioco altre considerazioni, cambino i rapporti tra opere propriamente dette ed opere accessorie di presidio, in modo da giustificare soluzioni che non sarebbero accettabili per canali normali.

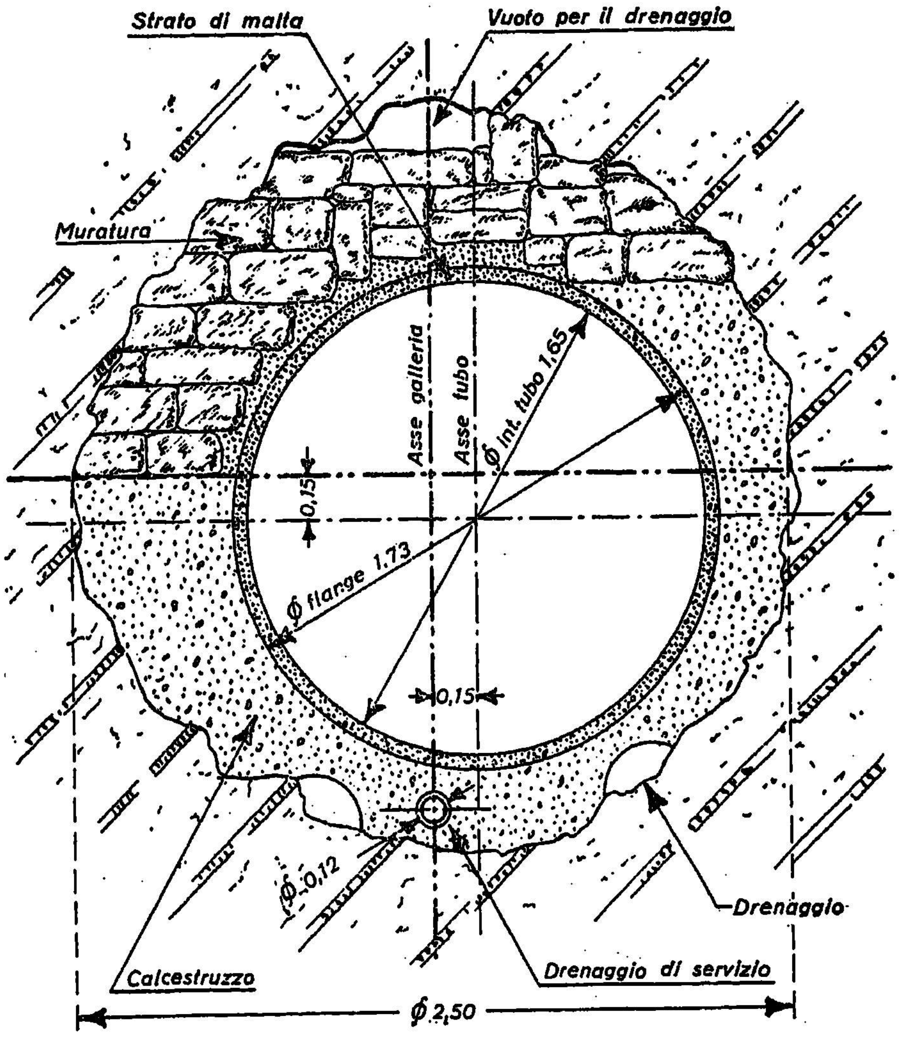



Fig. 1. - Canale Camplicci oli. Sezione tipo.

### Canali in rocce sfaldabili al contatto dell'acqua.

In questo tipo di rocce non bisognerebbe costruire gallerie forzate parietali.

Le inevitabili perdite dovute a crinature del rivestimento, se non trovano una rapida e comoda via di sfogo, interessano col tempo zone così vaste da provocare movimenti di frana di dimensioni imponenti, contro i quali non è più possibile trovar rimedio se non deviando la galleria nel cuore della montagna o ponendo nella galleria una tubazione libera lasciando alla prima la sola funzione di sede (1). Un caso tipico di queste rocce è dato dai scisti argillosi o « galestri » che si incontrano nell'Appennino parmense. Se la galleria attraversa il cuore della montagna, la zona interessata dalle filtrazioni, per quanto vasta, si può considerare come chiusa in un involucro fermo ed allora le conseguenze delle sfaldature, del cambiamento di consistenza e di altri simili fenomeni si risolvono in sforzi e sollecitazioni dovute a rigonfiamenti (ai quali si possono opporre strutture debitamente resistenti) (2) e a cedimenti di sistemazione mediante i quali viene raggiunto lo stato di equilibrio; dopo di ciò (se la struttura drenante di cui è sempre opportuno, se non indispensabile, munire le gallerie in questi terreni, è bene eseguita e funziona bene), si può sovente fare assegnamento su di una sufficiente stabilità.

---

(1) Canale di Camplicci oli. È stato previsto un drenaggio di m 0,20×0,20 superiormente e quindi più difficile ad otturarsi durante la costruzione. Altri drenaggi furono lasciati in basso e collegati tutti tra loro ogni 10 o 15 metri. Il risultato è stato ottimo.

(2) Nel canale citato più sopra, in merito alle deformazioni per contropressione, si sono rese necessarie le iniezioni, le quali, se hanno riempito i vani, hanno però tappato anche i drenaggi.

(3) Canale di Cheggio e condotte in roccia di Rovesca, di Mese, di Pallanzeno.

I depositi di calcare, se i tubi sono piccoli, arrivano persino ad otturarli.

(4) Canale di Camplicci oli; pozzo piezometrico Camplicci oli; pozzo piezometrico Lago Antrona.

(1) In più di una galleria, le piccole inevitabili perdite, dovute non fosse altro che al ritiro del rivestimento, hanno determinato lo spostamento della galleria stessa con rottura dei rivestimenti, anche in cemento armato.

(2) Una galleria in queste condizioni per lo spessore troppo piccolo del rivestimento, specie in corrispondenza dell'arco rovescio che era tra l'altro molto ribassato, ha richiesto il rifacimento di buona parte del rivestimento. La parte rifatta sta ora perfettamente a posto.

Terreno attraversato: argilla spingente-tortoniano-miocene superiore.

Se la galleria invece è parietale, è ben difficile evitare la frana (1). Comunque, in *entrambi* questi casi sarebbe consigliabile costruire il canale con tubazione libera in acciaio servendosi della galleria come sede. Una sede esterna in questi tipi di terreno non sarebbe consigliabile se non consistente in una serie di pilastri costituenti le selle per i tubi; in altri termini, la costruzione della sede non deve prevedere la manomissione del terreno, se non per eseguire scavi di fondazione, da riempire poi accuratamente con muratura, poichè una sede ricavata con uno scavo di sistemazione romperebbe l'equilibrio raggiunto nel tempo dalla struttura montana contro le acque di pioggia che, in questo caso poi, verrebbero ad accumularsi e a scorrere precisamente nel punto reso più vulnerabile (2). È questo d'altra parte il concetto che si segue anche nella costruzione delle strade quando si attraversano questi tipi di terreno; per quanto con cunette e fossi di guardia, drenaggi ed altre opere consimili di presidio, si possa ovviare a molti inconvenienti, il sistema che dà maggior affidamento per la stabilità, pur essendo più costoso, è quello dei muri a valle ricchi di drenaggi, con la sede stradale costituita da un riempimento a monte fatto con sano materiale di riporto.

Bisogna poi tener presente che il danno di un franamento su di una strada è rappresentato dal costo di riparazione del tronco franato ed in generale non produce le conseguenze, sovente gravi, che può provocare la rovina di un canale in carico.

In un canale all'aperto attraverso terreni di questo tipo, dopo di aver ripetutamente riparata la sede esterna fino ad interessare il piede a valle del pendio montano in corrispondenza del letto del torrente, è stato necessario sorpassare la zona incriminata per mezzo di un ponte-canale sospeso.

Si è creduto bene di tener distinta la struttura franosa costituita da detrito di falda, dalla struttura che diventa franosa per la decomposizione, o la sfaldatura della roccia al contatto dell'acqua. Per la prima, eventuali fughe dal rivestimento, raccolte da appositi drenaggi, non provocano generalmente alcun guaio, mentre per la seconda il drenaggio ricavato nel vivo del terreno con strutture a secco o tubi con feritoie ne comprometterebbe la consistenza; la zona che potrebbe venire invasata fino a creare il battente sufficiente per smaltire la perdita attraverso il drenaggio, mentre non modifica nulla nella prima struttura, deteriora la seconda in modo da provocare movimenti pericolosi della galleria (3).

I drenaggi, in questo secondo caso, devono quindi essere costituiti da condotti di dimensioni piuttosto grandi, in tubi aventi le feritoie circondate da nuclei di muratura a secco, in modo che grande sia la superficie pronta a ricevere la fuga d'acqua, obbligandola al minimo percorso attraverso il terreno, e rapido il convogliamento al tubo drenante collettore nel quale l'acqua deve scorrere *senza interessare il terreno*; questi drenaggi richiedono quindi una maggior spesa per le maggiori dimensioni, per la particolare struttura e per la cura speciale che richiedono nell'esecuzione.

(1) In un canale in galleria attraversante roccia scistosa e banchi morenici, si dovette ricoprire con lamierino il rivestimento in cemento armato. In un impianto appenninico, le filtrazioni d'acqua hanno determinato diverse frane imponenti nelle quali il canale giace tutto contorto. In un altro impianto dell'Appennino, in un tratto di galleria, dovrà essere installata una tubazione libera perchè le semplici filtrazioni della montagna chiamate dall'azione drenante della galleria hanno determinato una frana. Il tracciato di un canale in galleria è capitato tra la roccia ed un banco morenico di rivestimento: è stato necessario internare nel cuore della montagna il tracciato per una nuova galleria.

(2) Un canale a pelo libero, in legno con sede a mezza costa, a causa delle perdite, ha fatto franare il terreno, il quale ha trascinato il canale stesso fino al letto del torrente sottostante.

(3) In un canale in galleria attraversante una struttura morenica si dovettero raccogliere le forti filtrazioni dal terreno con un drenaggio: solo là dove questo fu creato con un canaletto di muro a secco, e filtrazioni dal canale determinarono il movimento della galleria.

Un sistema di rivestimento che pare dia ottimi risultati è quello Siemens (brevettato) consistente in uno strato di cartone feltro bitumato interposto fra due anelli di calcestruzzo; uno esterno che sposa la forma della roccia e costituisce il piano di posa del feltro ed uno interno di protezione (1).

Il cartone feltro bitumato ha uno spessore di circa 2 cm ed è piuttosto duro e resistente e richiede quindi carichi di compressione non indifferenti per diminuire il suo spessore; questo fatto ha una grande importanza, perchè la massima pressione ammissibile per questo tipo di rivestimento impermeabile dipende sia dalla impermeabilità specifica del feltro, indipendentemente dalle deformazioni, sia dalle deformazioni stesse agli effetti del comportamento della struttura, sotto battenti variabili da zero al massimo e specialmente per l'effetto di una eventuale contropressione, nel qual caso l'anello interno verrebbe ad essere sollecitato a compressione.

È, anzi, in base al valore di questa sollecitazione che bisogna prevedere le dimensioni della sezione.

In considerazione di quanto sopra, sono state sostituite, ultimamente, al feltro delle tele bitumate le quali, presentando minor deformabilità del feltro, rendono difficili o comunque trascurabili le fessurazioni dell'anello interno di calcestruzzo; condizione importante per la buona conservazione della struttura.

### Sistemi usati per ovviare agli inconvenienti sopraccennati.

*Movimenti delle gallerie.*

Bisogna distinguere se il movimento è avvenuto in causa dell'acqua perduta dal canale, o se è un movimento proprio della galleria, derivante da cause insite nel terreno attraversato.

Nel primo caso, se il terreno attraversato non si decompone al contatto dell'acqua, può essere sufficiente la riparazione della muratura e del rivestimento in genere; riparazione da eseguire con cura e con quel margine di sicurezza che possa garantire dal ripetersi del fenomeno (2). Bisogna in questo caso controllare bene la natura del terreno per rendersi conto se il cedimento è realmente dovuto a dilavamento del terreno attraversato e non a modifica del comportamento del terreno stesso al contatto dell'acqua, come avverrebbe per es. attraverso i galestri. Allora, come esposto più sopra, se la galleria è parietale, la soluzione migliore è quella di introdurre nel tratto incriminato una tubazione libera (3).

Bisognerà però prima eseguire gli studi necessari per rendersi conto di che ordine e di che estensione è il movimento che si è verificato, perchè sovente in questi terreni, quando il movimento è iniziato, non è più possibile trattenerlo.

Bisognerebbe in questo caso abbandonare il tratto di galleria franante ed addentrarsi nel cuore della montagna con una nuova galleria (4).

(1) Pozzo piezometrico di Cignana: diametro: m 4,50 $\div$ 3,60; pressione: 70 metri di acqua.

Pozzo di carico per la centrale del Coghinas: pressione: 60 m di acqua.

Entrambi hanno dato ottimi risultati.

Questo rivestimento, compresa la soletta di protezione, si può ritenere che costi 150 lire al mq.

(2) Galleria di Robbiate. Dopo il rifacimento di diversi anelli non si è più verificato nessun movimento. La struttura del terreno attraversato è costituita da un ceppo, da alluvione cementata da materiale calcareo.

(3) In un tratto in morena del canale di Cheggio è stato posto un tubo metallico libero nella galleria che aveva accennato a muoversi. La galleria in morena ora è ferma e nessun inconveniente è stato notato in 6 anni di esercizio.

(4) Per tre importanti canali si è dovuto ricorrere all'estremo rimedio di abbandonare il canale per costruirne un altro molto addentro nella falda montana.

Quando in un canale si introduce, in sostituzione di un tratto di galleria, un tronco di tubazione metallica, bisogna preoccuparsi delle crinature trasversali che inevitabilmente si formano per i movimenti dovuti alle variazioni termiche.

È sempre bene annegare le estremità della tubazione in robusti anelli di amarraggio, ma se non si introducono giunti di contrazione è impossibile evitare delle crinature. Questi giunti rispondono bene allo scopo quando sono installati alle estremità della tubazione metallica, poichè si è osservato che praticamente dove il calcestruzzo non è più intimamente a contatto con la parte metallica, non segue più questa nei movimenti dovuti alle variazioni termiche e si crea una fessura (1).

Questi giunti di contrazione, che possono essere a semplice onda di rame, possono presentare qualche difficoltà di esecuzione, ma poi danno ottimi risultati, come per esempio nel canale di Mezzocorona (Soc. Tridentina).

Anche quando nel tronco di tubazione metallica vi fosse un giunto di espansione, è sempre bene mettere i giunti di contrazione alle estremità, specialmente se gli anelli di amarraggio sono lunghi, poichè il blocco non potendo, per ovvie ragioni, contrarsi tutto da una sola parte, per quanto detto sopra, si formerebbe una crinatura, forse di luce minore, ma inevitabile, in corrispondenza all'estremità della tubazione metallica.

Se la galleria non è parietale può essere sufficiente il rifacimento del rivestimento, il quale deve essere previsto per forti pressioni dall'esterno e che per il buon comportamento è bene abbia sezione circolare e sia eseguito in mattoni con anelli di rinforzo in modo da seguire gli ulteriori movimenti di assestamento.

Le fessure di luce relativamente piccole che vengono a formarsi come ultima manifestazione di un movimento di assestamento e che non portano nessun pregiudizio alla stabilità del canale si possono tappare con miscele di Isolit (Marelli e Fossati - Como) e pece, o con Isolit e canapa. Il primo sistema è stato usato all'impianto del Tresa (Soc. Varesina Imprese Elettriche) ed il secondo nell'impianto di Mezzocorona (Tridentina) ed entrambi con ottimo risultato.

La miscela di Isolit e pece va applicata quando è resa fluida o pastosa col calore e previo riscaldamento della parte interessata.

La calafatatura della galleria di Mezzocorona è stata eseguita immergendo la canapa nell'Isolit per introdurla poi nella fessura mediante appositi scalpelli. *L'intonaco rifatto sulle fessure calafatate non ha più manifestato nessuna rottura.* La galleria ha una pressione di esercizio di 30 m d'acqua.

Si consideri ora il caso di gallerie che si muovono per cause non dipendenti dalle perdite del canale, ma in cui queste potrebbero concorrere ad aggravare la situazione.

Qui entriamo nel campo delle normali costruzioni di gallerie ed è pertanto un problema che esorbita dal nostro compito. Solo si deve accennare al caso in cui si dovessero costruire dei drenaggi o delle bocche di captazione di sorgenti; nel caso di gallerie canali, i drenaggi che captano le acque esterne devono essere costituiti da tubi a tenuta che corrono internamente al canale stesso fino a trovare uno sbocco all'esterno. Si tratta naturalmente qui del caso in cui non fosse stato previsto in origine una struttura drenante longitudinale lungo tutta la galleria (2).

Questi drenaggi devono essere provvisti di pezzi di smontaggio che ne permettano l'ispezione e la ripulitura. Se l'acqua drenata proviene da sorgente, in generale non intasa i tubi; qualche volta però trasporta sabbia sottile o limo che, col tempo, possono ostruire completamente i condotti. Se l'acqua raccolta ha attraversato degli strati di calcestruzzo, invece, dopo un certo periodo di tempo i tubi drenanti vengono completamente otturati da depositi calcarei (1).

A questo inconveniente abbiamo già accennato più sopra ed ancora oggi se ne temono le conseguenze. Circa i drenaggi si potrebbe concludere che: se sono previsti in origine, e quindi annegati tra rivestimento e terreno, debbono presentare dimensioni trasversali relativamente grandi, ed avere uno sviluppo per quanto possibile breve, con frequenti scarichi all'esterno. Oltre ad un drenaggio principale se ne possono prevedere altri più piccoli a diverse quote, collegati fra loro e con quello principale, in modo che l'eventuale ostruzione di uno di essi non renda inutilizzabile tutto il rimanente tratto di drenaggio (2).

Come si è accennato più sopra, i drenaggi devono avere sezioni tali che l'acqua non vi scorra in pressione; le bocche di emungimento devono essere vaste e costituite da specie di spugne fatte con sassi, al fine di avere una piccola velocità dell'acqua quando questa lascia il terreno per entrare nel tubo drenante e rendere così difficile il trasporto del materiale che può otturare il drenaggio.

In un canale in galleria scavata nel porfido, si è verificato che l'acqua sfuggente dalle fessure dell'intonaco e raccolta da un tubo metallico di drenaggio usciva in pressione, attraverso le connessioni non ermetiche delle flange di quest'ultimo, sgretolando il calcestruzzo fino a lasciare il solo intonaco sforacchiato. Propendo a ritenere che il calcestruzzo non fosse troppo buono; comunque, questa circonstanza non infirma il concetto generale nel senso che sia preferibile non mettere drenaggi e lasciare che l'acqua, sia di sorgente che di perdita, si trovi la strada di sfogo da sola. I drenaggi si possono costruire per raccogliere le acque di sorgente, per bene eseguire la costruzione del rivestimento, oppure per evitare che le acque di perdita possano compromettere la stabilità del terreno attraversato dalla galleria. In questi casi i drenaggi sono necessari, specialmente se il canale ha un forte battente di esercizio. Il drenaggio in questi casi va sorvegliato, poichè fa da spia e permette di eseguire le riparazioni prima che avvengano degli inconvenienti.

Se i drenaggi sono interni si costruiscano in modo che sia semplice e pratico il ripulirli.

In questi ultimi tempi alcuni drenaggi della condotta forzata di Rovesca, che erano sempre rimasti liberi, sono stati quasi completamente ostruiti da depositi calcarei. In particolare, un tubo del diametro di 150 mm. che raccoglieva le acque di filtrazione della roccia, è rimasto completamente ostruito dai suddetti depositi, e si ha ragione di ritenere che ciò sia dipeso dall'avervi collegato per lo scarico due tubi drenanti forati, annegati nel calcestruzzo di rivestimento della tubazione forzata.

Nel lamierino di rivestimento del canale si è anche provato ad innestare delle valvoline funzionanti dall'esterno verso l'interno (3); ne furono studiati diversi tipi, provati, modificati, ma si può concludere che un tipo che risponda allo scopo di evitare le contropressioni, non è stato trovato. La sabbia, il limo ed i corpuscoli che inevitabilmente trasporta l'acqua del canale possono depositarsi sulla sede; le molle, dopo un

(1) Si sono verificate queste fessure in due impianti; data la natura del terreno attraversato non si sono verificati guai conseguenti. È stato portato rimedio con giunti elastici e sigillature di canapa e Isolit, con buon risultato.

(2) In un canale sottopressione, dove i drenaggi sono stati otturati dalle successive iniezioni di cemento (d'altra parte inevitabili per la stabilità), si dovette costruire un drenaggio interno per evitare che le contropressioni schiacciassero il lamierino di rivestimento.

Lo stesso provvedimento si dovette usare per una condotta forzata in roccia.

(1) Drenaggi delle condotte in roccia di Rovesca-Pallanzeno-Mese e del canale di Cheggio, sia interni che esterni al tubo.

Facendo scorrere continuamente dell'acqua nei drenaggi si è notato una certa progressiva disincrostazione. Sono in corso esperimenti presso il nostro Politecnico per trovare un disincrostante che non nuoccia alle lamiere.

(2) Un drenaggio della condotta elastica di Rovesca, che si era otturato, è stato collegato con i rimanenti.

(3) Canale di Cheggio. Valvole di bronzo contrastate a molla; area di efflusso: circa 80 mmq. Non hanno dato buon risultato.

certo tempo perdono la taratura, le sfere si incrostano; ad ogni modo basta il primo inconveniente accennato per sconsigliarne l'uso, almeno nel caso generale.

Tubi di raccolta chiusi a *clapet* sono stati installati nella galleria di Mezzocorona; non si può dare un giudizio sul loro funzionamento poichè l'acqua di sorgente ha una pressione superiore a quella del canale e pertanto l'acqua entra sempre in quest'ultimo, che è sottoposto ad una pressione di esercizio di circa 30 metri.

*Iniezioni.*

Il sistema è ormai universalmente conosciuto e sono oggi pochi i costruttori di gallerie ai quali non sia occorso di eseguire delle iniezioni di cemento.

Ricorderemo alcune osservazioni relative ai canali.

Quando si tratta di canali con rivestimento in lamierino annegato, le iniezioni sono da sconsigliarsi perchè inevitabilmente andrebbero a tappare i drenaggi, sull'importanza dei quali abbiamo già troppo insistito; allorchè si debba costruire un simile tipo di rivestimento, è necessario quindi ricordarsi che è pericoloso eseguire delle iniezioni a lavoro ultimato. Altra attenzione è quella che riguarda la pressione; è facile comprendere come bastino sovente poche atmosfere ($3 \div 4$) per determinare lo schiacciamento del rivestimento dall'esterno all'interno (1); si può ovviare a questo inconveniente armando internamente la galleria, per un certo tratto, ma, dato il costo di questa operazione, si comprende come sia da usarsi solo in casi particolari.

Qualche volta è stato necessario fare delle iniezioni di riempimento tra tubo e calcestruzzo (condotte forzate elastiche) e si è osservato che, data la vasta superficie investita dalla boiacca, sono bastati $7 \div 8$ m di pressione per determinare un rigonfiamento del tubo.

Nella posa in opera di una condotta rigida, costituita da tubi di spessore considerevole e con sede in galleria, nel riempire il vano libero di circa 5 cm tra il rivestimento in calcestruzzo ed il tubo, sono bastati una quarantina di metri di pressione (di boiacca) per determinare un notevole schiacciamento della tubazione.

È da notare che il getto venne eseguito in un tempo in cui era presumibile che la parte bassa avesse già fatto una presa sufficiente per non essere più considerata atta a trasmettere delle pressioni in tutti i sensi (2).

Con la macchina Ransome sono state eseguite anche delle iniezione di malta, costituita da *una parte di cemento ed una di sabbia*; queste iniezioni servivano a riempire dei vuoti dei quali si conosceva il volume non indifferente, rimasti in calotta tra il rivestimento in muratura ed il terreno.

*Ossidazione delle lamiere.*

I fenomeni di ossidazione delle lamiere si verificano più o meno in tutte le condotte quando la parte metallica è costituita dal semplice lamierino di tenuta; allora il fenomeno, anche se non molto pronunciato, costituisce uno degli inconvenienti del canale e richiede dei provvedimenti che impediscano o ritardino il più possibile il proseguire dell'ossidazione.

In qualche tubazione il fenomeno si è manifestato particolarmente pronunciato, come, ad esempio, nella galleria delle Mesce (CIELI), nel canale di Cheggio (Soc. Edison) e nella condotta forzata elastica di Rovesca.

Lo spessore della lamiera del canale delle Mesce è di mm 8; l'incisione della ruggine fu misurata fino a mm 8/10 e pertanto il rapporto tra quest'ultima e lo spessore della lamiera non poteva costituire una ragione di eccessiva preoccupazione. Ma per il canale e la condotta forzata di Cheggio, rivestiti di lamierino dello spessore rispettivamente di 3 e 4 mm, l'incisione della ruggine fu misurata fino a mm 0,8, e ciò dopo soli 3 anni di esercizio. L'acqua è derivata dal serbatoio dell'Alpe Cavalli, dove si osservano, a lago svasato, delle pozzanghere fortemente arrossate, ed in brevissimo tempo diventano rossastre anche le strutture murarie bagnate dalla stessa acqua.

Questi fenomeni di ossidazione si sono verificati nonostante la catramatura iniziale dei tubi, data prima della posa in opera. Esperimenti di verniciatura sono stati fatti sul canale delle Mesce con minio di piombo e sul canale e la condotta forzata di Cheggio (Edison) con vernice Isol della Ditta Marelli e Fossati di Como.

La galleria delle Mesce è stata verniciata nell'ottobre 1930 e quindi non si può ancora conoscere l'efficacia del provvedimento. Il canale e la condotta forzata di Cheggio sono stati verniciati nel marzo 1930 e quindi anche per questo tipo non si può ancora avere un'idea del risultato pratico. Sono state tentate verniciature con miscele di silicato e cemento, silicato e calce, silicato semplice, ma tutte con risultato, si può dire, negativo.

La condotta forzata ed il canale di Cheggio, ad ogni modo, dopo quasi due anni si presentano in buone condizioni; se questo intervallo di tempo non è sufficiente per un sicuro giudizio sul risultato, garantisce però che questa verniciatura ha dato migliori risultati della precedente verniciatura a minio di piombo.

Può aver influito il modo di applicazione della vernice poichè è notorio come la preparazione della superficie da verniciare abbia grandissima importanza sul risultato del lavoro.

Tanto sul canale quanto sulla condotta forzata di Cheggio, il lavoro di pulitura è stato eseguito mediante una raschiatura con appositi raschietti di acciaio, taglienti, temperati e sagomati secondo la curvatura del tubo; dopo di che la lamiera è stata resa quasi lucida mediante spazzole di acciaio. La verniciatura seguiva immediatamente la pulitura ed era preceduta da uno strofinamento della lamiera mediante stracci in modo che la superficie da verniciare non fosse solo pulita, ma anche perfettamente asciutta (1).

Fu scelta anche una stagione in cui l'effetto dell'umidità e del relativo deposito di condensazione fosse meno sentito. Si può calcolare che la spesa per la verniciatura con Isol varî dalle 4 alle 6 lire per mq a seconda della località, della difficoltà creata dall'acqua di filtrazione, del diametro, della pendenza della tubazione e, sopratutto, del grado di preparazione della lamiera (2).

*Intonachi.*

In generale, se eseguiti con cemento buono e scevro da impurità, con sabbia ben lavata (condizione essenziale) e granulometricamente idonea, ed impastati con acqua pulita, gli intonachi danno buoni risultati di durata. Le superfici, anche se rese lucide a cazzuola, col tempo diventano scabre e, nei canali che attraversano terreni vegetali, specialmente se hanno sede all'aperto, diventano in seguito viscide per il nascere di sostanze organiche che tappezzano le pareti e che traggono la vita dalla porosità e dalle crinature del rivestimento (3). Anche nei canali in galleria sovente si verifica che, dopo un certo tempo di esercizio, le pareti diventano viscide per il deposito di sostanze diverse organiche ed inorganiche (4); questi depositi

(1) Condotte in roccia di Pallanzeno e di Rovesca.

(2) Diametro esterno del tubo rigido: circa 1500 mm; spessore del tubo: 11 mm.

(1) Dove questa operazione non è stata eseguita bene, si è verificato che al disotto della verniciatura, in aree dove questa non ha ben aderito, la ruggine continua a progredire.

(2) Si deve notare però a questo proposito che la diminuzione della perdita di carico in un tubo ben verniciato rispetto ad uno identico ricoperto di ruggine è tale da compensare largamente la spesa della verniciatura, a prescindere dal vantaggio della conservazione.

(3) Canale di Vigevano.

(4) Canali di Cheggio, di Campliccioli e di Pallanzeno.

conservano l'intonaco aumentando però in massima il coefficiente d'attrito (1).

Difficoltà particolari nell'applicazione dell'intonaco non si incontrano se non in presenza d'acqua.

Sovente basta raccogliere le acque forando debitamente il rivestimento; se durante la costruzione le filtrazioni si manifestano subito, si provvede a raccoglierle in modo che risulti poi facile eseguire l'intonaco.

Nella galleria in pressione del Barbellino sono stati adoperati per gli intonachi in presenza di acqua alcuni preparati impermeabilizzanti (*sika*) che hanno dato buoni risultati.

Nella galleria dell'Alto Belice, gli intonachi in presenza d'acqua sono stati pure eseguiti col preparato *sika* ed i risultati sono stati ottimi (2).

Dove l'intonaco viene guastato più facilmente è sul fondo del canale, a causa del materiale che viene trascinato dall'acqua (ciò riguarda esclusivamente i canali a pelo libero con presa diretta dai fiumi o torrenti e provvisti di opere per sghiaiare e dissabbiare insufficienti. Attualmente è molto usato un intonaco costituito da una specie di grossa limatura di ferro (che ha subito un particolare trattamento), impastato con cemento; il prodotto è conosciuto sotto il nome di *Stahlbeton*. Da diverse monografie su lavori eseguiti in Europa si deve ritenere che il risultato sia ottimo, specie nei confronti degli ultimi inconvenienti citati.

In Italia, dato l'elevato costo di questo prodotto, questo tipo di intonaco non è ancora entrato nell'uso comune, s'intende là dove sarebbe raccomandabile per condizioni particolari che richiedono una speciale resistenza dell'intonaco all'usura (3).

Sull'intonaco, per migliorare l'impermeabilità si è fatto uso di vernici a base di catrame. Informazioni in merito depongono in senso sfavorevole.

## Condotte forzate in roccia.

Dai risultati sul comportamento delle ultime grandi condotte forzate in roccia, viene spontaneo di non consigliare di fare affidamento, per la resistentza alla pressione dell'acqua, unicamente sulla roccia stessa.

Il tipo di rivestimento elastico è ormai noto; esso consiste in un tubo di lamierino dello spessore di circa 4 mm con scanalature longitudinali aventi lo scopo di permettere al lamierino stesso di seguire i piccoli cedimenti elastici e di assestamento del rivestimento in calcestruzzo e della roccia. Le scanalature hanno la convessità rivolta verso l'interno e sono ad una distanza fra loro che è una funzione della pressione idraulica nella condotta, nel senso che il carico totale sulla superficie di lamiera tra due scanalature contigue determini una resistenza d'attrito allo scorrimento, tra lamiera e rivestimento, minore del carico massimo di lavoro al quale si vuol far resistere la lamiera stessa.

Delle bande di lamiera tenute in posto da un fasciame di reggia di ferro impediscono che i canaletti esterni delle scanalature vengano riempite di calcestruzzo (fig. 2).

Per garantirsi dai cedimenti della roccia fu studiata una modifica (che d'altra parte cambia radicalmente il concetto iniziale) consistente nel nastrare questi tubi di rivestimento con filo di acciaio ad alta resistenza (fig. 3), ricoprendoli di uno o più strati ben tesi inizialmente in modo che il carico di lavoro in esercizio risultasse circa 1/8 del carico di rottura e cioè circa 60 kg/mm² (1).

Tubi campione così nastrati e provati nelle Officine Togni di Brescia hanno dato risultati così soddisfacenti, che il tipo fu subito adottato e, fino ad oggi, con ottimi risultati (2).

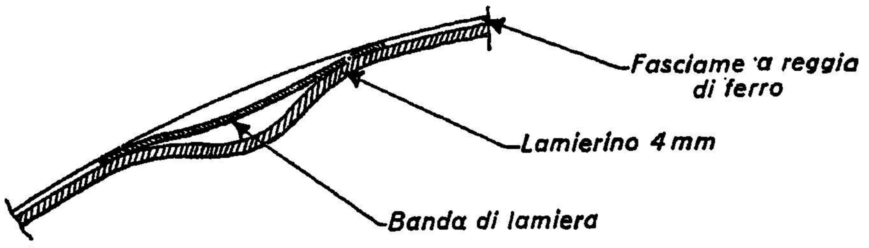



Fig. 2. - Condotta elastica in roccia dell'impianto di Rovesca. Particolare della tubazione di lamierino ondulato.

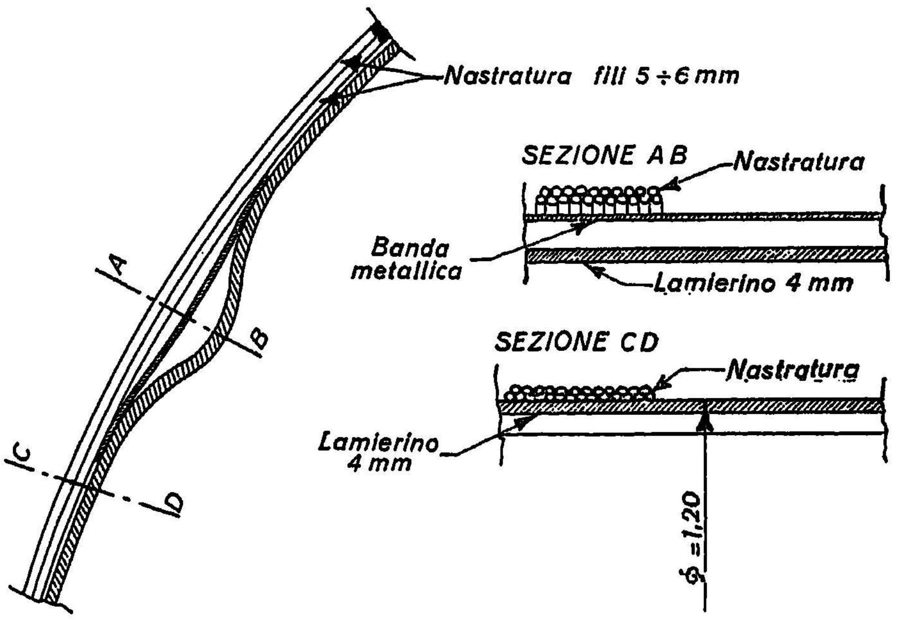



Fig. 3. - Particolare di una tubazione elastica nastrata.

Il costo della nastratura incide di poco sul costo totale dell'opera ed offre ancora grande vantaggio economico sulla condotta forzata rigida.

Entrambi questi tipi di rivestimento richiedono una cura speciale per i drenaggi; valga qui quanto è stato detto per i rivestimenti in lamiera nei canali sotto pressione. Ma nel caso delle condotte forzate il problema è ancora più grave; la formazione ed il deposito delle masse calcaree (per la pressione con cui l'acqua attraversa il calcestruzzo per raggiungere il drenaggio) avviene in brevissimo tempo ed in quantità imponenti. Le fughe d'acqua che non trovassero immediato sfogo nei drenaggi potrebbero, con la forte pressione, interessare facilmente una superficie sufficiente a compromettere la compagine della roccia (3).

Da ultimo, un insufficiente funzionamento dei drenaggi, quando la condotta si dovesse vuotare, farebbe gravitare dall'esterno verso l'interno battenti d'acqua che schiaccerebbero inevitabilmente i tubi di rivestimento, come si è verificato in qual-

---

(1) Necessita quindi, di quando in quando, provvedere alla pulitura delle pareti, operazione che rende a sua volta scabro l'intonaco. *Si è potuto constatare che la spesa per la ripassatura a cazzuola dell'intonaco, in modo da renderlo lucido ed il meno poroso possibile, è largamente compensata dal vantaggio di eliminare gli inconvenienti citati.*

(2) È necessario che i cementi da impastare coi prodotti sika siano freschissimi e puri.

Lo spessore può raggiungere i 3÷4 cm ed allora l'intonaco può resistere anche a notevoli contropressioni. Nella galleria dell'Alto Belice si sono lasciati dei tubi con saracinesca che si sono chiusi ad intonaco ultimato, senza che si verificassero in seguito degli inconvenienti.

(3) Sebbene sia cosa nota, si vuole qui ripetere che affinchè l'intonaco resista è condizione essenziale che esso aderisca bene *sull'intera superficie* da intonacare, specialmente se la parete non è fresca di esecuzione.

(1) Studi analitici ed esperienze hanno dato la misura sufficientemente approssimata del lavoro che può assorbire la roccia scaricando della stessa quantità la blindatura la quale, per i dati suesposti, viene in pratica a lavorare con un coefficiente di sicurezza eguale a 3,5.

(2) Di questi risultati ha parlato dettagliatamente l'Ing. U. Bono, il quale ha seguito direttamente gli studi e le esperienze, nella relazione sulle condotte forzate in roccia (*L'E. E.*, fasc. XI, 1932).

(3) Condotta in roccia di Pallanzeno.

che elemento delle condotte di Pallanzeno, di Rovesca e di Mese (1).

Ciò non toglie che i drenaggi si possano prevedere di dimensioni ispezionabili e che per condotte di grandi diametri ed alta caduta, il tipo nastrato possa presentarsi ancora molto conveniente e sicuro nel suo comportamento.

La preoccupazione che si aveva per l'eventuale riparazione di una rottura del lamierino, per la tema che la saldatura autogena potesse guastare la nastratura, non ha più ragione di essere poichè il tubo nastrato si può ricostruire in galleria con ottimo risultato. L'operazione è stata eseguita nel mese di ottobre del 1931 come qui di seguito è descritto (2). Un tubo della parte bassa della condotta di Rovesca (pressione 675 m di acqua) aveva manifestato una perdita; levata la lamiera si era notata una screpolatura di circa 1 mm nel calcestruzzo; non volendo quindi più fare assegnamento, per la resistenza, sulla roccia e volendo verificare se era avvenuto qualche fatto notevole nella roccia stessa, sono state asportate le lamiere di tre tubi, scalpellato il calcestruzzo, indi rifatto, perfettamente in asse con la rimanente parte in opera, un tubo in cemento armato, dove l'armatura era costituita da matassine di filo di acciaio ad alta resistenza accostate e del diametro interno di circa due centimetri maggiore del diametro del tubo finito. Si è quindi ricostituito il tubo mediante lamiere che sono state saldate sul posto (fig. 4).

Ora la condotta è in esercizio e non ha dato luogo finora ad inconveniente alcuno.

Le matassine furono costruite geometricamente perfette e la posa in opera fu fatta introducendo nella galleria delle direttrici circolari di ferro a T esattamente calandrate, sulle quali erano applicate delle generatrici, pure di ferro a T, che costituivano col bordo interno dell'anima una gabbia circolare di diametro eguale a quello esterno delle matassine; l'intonaco interno fu eseguito dopo il getto, facendo correre il listello di regolarizzazione della faccia interna finita su dime circolari di ferro a T poste in asse alla condotta (fig. 5).

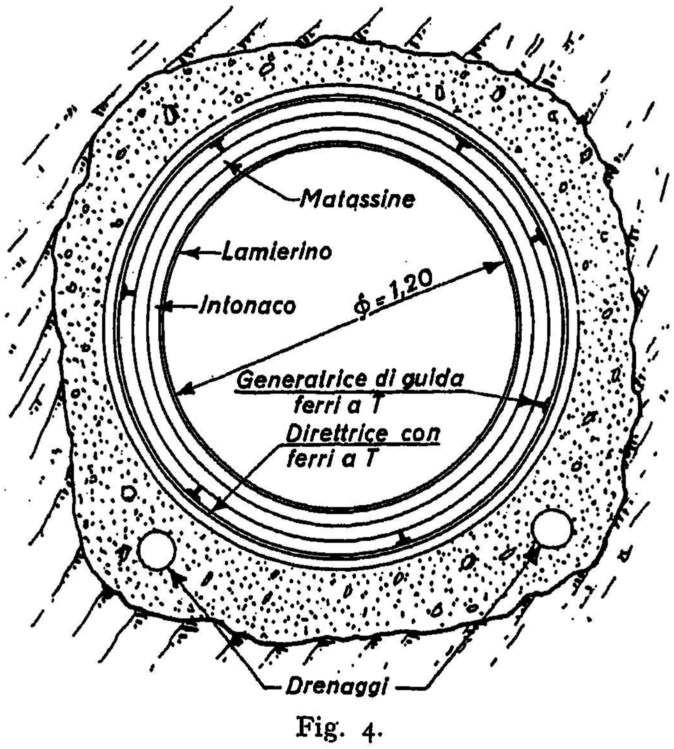


Fig. 4.

Ritornando ai tubi, giova ricordare che il getto di calcestruzzo per il riempimento tra tubo e roccia deve essere ad ogni modo buono per qualità di materiali, per quantità di cementante e per esecuzione, giacchè, pur potendo prescindere dalla resistenza della roccia, non si deve rinunciare alla sua attitudine a diminuire il carico di lavoro del rivestimento metallico.

Per questa ragione il calcestruzzo non deve essere molto bagnato e perciò è conveniente portare il materiale asciutto a piè d'opera e poi dosare l'acqua e battere accuratamente l'impasto nell'intercapedine; prima delle riprese è bene asportare per un paio di centimetri la superficie della gettata precedente poichè, durante il getto, la schiuma delle impurità del cemento viene a galla e forma uno strato di calcestruzzo di pochissima resistenza (1).

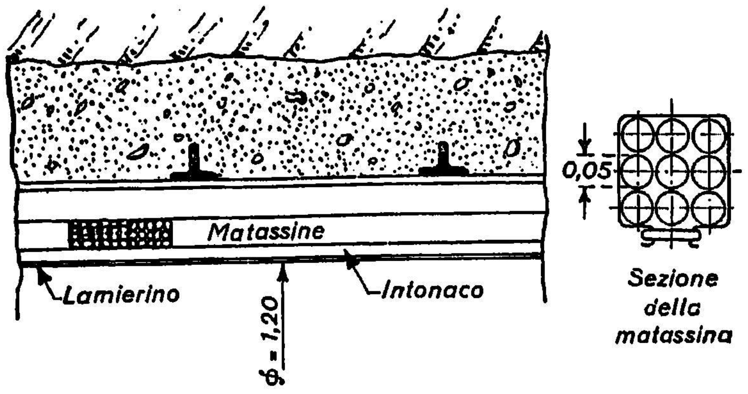


Fig. 5.

Nel getto di una di queste condotte, sotto un certo battente, si sono manifestate delle insaccature di qualche mm di profondità e per una larghezza di due o tre centimetri, disposte proprio nel piano delle riprese; esaminato il materiale di riempimento lo si è trovato inconsistente.

In alcuni punti, dove si sono incontrate delle sorgenti che avrebbero potuto ostacolare il lavoro, si è provveduto a raccogliere l'acqua mediante fogli di piombo che, battuti con martello sui bordi contro la roccia, sposavano la forma di questa; ne risultava una specie di mammella alla quale veniva saldato un tubo di raccolta che scaricava nel drenaggio di servizio.

Lo scavo di una galleria inclinata per una condotta forzata è sempre un lavoro molto più laborioso di quello per lo scavo di una galleria orizzontale o di un pozzo.

Il trasporto del materiale di scavo nel primo caso è fatto semplicemente per mezzo di vagoncini; nel secondo, il materiale scarica automaticamente sul fondo poichè, a meno di qualche caso e per ragioni eccezionali, il pozzo viene scavato dal basso all'alto e l'allargamento, di solito, dall'alto al basso, scaricando il materiale attraverso il pozzo già perforato.

Volendo aiutarsi con benne tirate dall'alto non si incontrano particolari difficoltà quando non vi sia acqua.

Non così avviene per gallerie inclinate; a meno che la pendenza non raggiunga almeno il 120% (2), il materiale non riesce a scendere per semplice gravità fino al fondo; comunque deve sempre essere aiutato poichè tende a disporsi secondo la scarpa naturale creando un materasso sul fondo che, se non è rimosso subito, obbliga poi ad un lavoro lungo e costoso più di quanto una considerazione superficiale non farebbe credere.

Per lo sgombero del materiale, in generale, si costruisce una barriera resistente a 15÷20 metri dall'avanzamento, dove il materiale viene paleggiato; a valle della barriera, su una carrucola di rinvio bene amarrata alla calotta della galleria, scorre una corda metallica, un capo della quale è collegato all'argano installato all'imbocco inferiore e l'altro capo è collegato o ad

(1) Che d'altra parte sono state ottimamente riparate con mezzi e spese modeste.

(2) Riproducendo artificialmente le condizioni di una lamiera nastrata rivestita di calcestruzzo sono stati eseguiti degli esperimenti di saldatura elettrica interponendo un foglio di amianto tra nastratura e lamiera.

Dai risultati delle prove eseguite successivamente sul filo di nastratura si può asserire che la saldatura, in dette condizioni, può essere eseguita senza danno apprezzabile per le caratteristiche del filo stesso.

(1) Per la condotta forzata di Pallanzeno il getto fu eseguito con macchina pneumatica che trasportava l'impasto già confezionato. Il getto risultava non omogeneo per distribuzione granulometrica e per grado di umidità.

(2) Gallerie inclinate per le condotte forzate di Campliccioli, Rovesca e Cadarese.

un vagoncino, se è possibile collocare il binario, (1) oppure ad un semplice slittone in legno; con certe pendenze e certe qualità di rocce lo slittone è più indicato del vagoncino (2).

Naturalmente, se le pendenze sono tali che lo slittone richieda troppo sforzo per essere mosso, allora l'installazione del binario si impone e condizione essenziale perchè il lavoro di scavo per una galleria inclinata proceda il più spedito possibile è quella di eseguire accuratamente, volta per volta ad ogni volata, lo sgombero del materiale (3).

Faticosa è l'ascesa dei minatori all'avanzamento e difficile la ventilazione; il materiale che sovente rotola sul fondo guasta le tubazioni dell'aria compressa e di ventilazione e comunque ostacola il movimento già laborioso di per sè stesso (4). Si consigliano le finestre a distanze brevi, fino a 50÷60 m l'una dall'altra, per agevolare la ventilazione, il rifornimento dei materiali ed il movimento degli operai.

In quanto si è fin qui esposto sono state riportate considerazioni ed osservazioni riguardanti tanto i canali in pressione che quelli a pelo libero; ciò era inevitabile, poichè numerosi problemi sono comuni ad entrambi.

Qui sotto si riportano considerazioni ed osservazioni riguardanti in modo particolare i:

## Canali a pelo libero.

Parecchie osservazioni e considerazioni fatte sui canali sottopressione valgono anche pei canali a pelo libero.

Richiamandoci quindi a quanto scritto in proposito per i primi cominceremo dal considerare la sede.

Se la sede del canale è in galleria, in massima non v'è nulla da temere a meno che non si attraversino dei terreni alterabili al contatto dell'acqua.

In un canale a pelo libero, le eventuali fughe hanno battente trascurabile e pertanto sono facilmente raccoglibili in drenaggi i quali, attraversando le zone anche franose, non corrono pericolo di andare in pressione e quindi non recano pregiudizio alcuno all'opera.

La captazione delle acque di filtrazione è pure semplice, poichè è facile raccoglierle ed introdurle nel canale dalla parte alta fuori dal perimetro bagnato dall'acqua.

Nel caso di roccia poco sana può bastare un modesto rivestimento in calcestruzzo o in muratura, esteso fino a qualche centimetro sopra il pelo massimo dell'acqua nel canale; per i terreni franosi e detritici occorre generalmente un rivestimento completo della sezione con eventuale drenaggio.

Per il terreno alterabile al contatto dell'acqua valgono tutte le osservazioni fatte per i canali in pressione. Il trascurabile battente di un canale a pelo libero non è una ragione sufficiente per tener meno conto in questo caso di tutti gli inconvenienti indicati per i canali in pressione (1).

### *Canali con sede esterna.*

Importante è sempre lo studio dei terreni che si attraversano per giudicare la necessità o meno di eseguire il rivestimento e per stabilirne il tipo nonchè per studiare la sezione, la pendenza, la velocità dell'acqua e tutte quelle questioni dalle quali emergono gli elementi per costruire un canale che concigli con la massima convenienza la garanzia di buona stabilità.

Se i terreni attraversati sono *alterabili al contatto dell'acqua*, allora si impone un rivestimento che sia stabile alla spinta dell'acqua ed alla spinta del terreno quando è reso melmoso dalle inevitabili filtrazioni. Questo è forse il tipo di canale che può presentare le maggiori difficoltà per la buona riuscita, e che quasi sempre riserva ancora delle sorprese.

Canali di questo genere devono esser previsti tutti in trincea, in modo che le sponde siano costituite da terreno naturale in posto, e comunque *non* a mezza costa. Se la configurazione del terreno obbliga ad attraversamenti di questo genere bisogna pensare a ponti canali o a qualche altra struttura che tenga il canale staccato dal terreno ed è opportuno sistemare questo in modo da raccogliere le possibili perdite e convogliarle dove non possano più recar danno alla costruzione (2).

Quanto altro è stato detto più sopra per i canali in pressione con sede esterna a mezza costa vale anche per i canali a pelo libero.

Quando il terreno attraversato da un canale è invece di natura compatta e coerente e tale che l'acqua sopra di esso non possa esercitare nessuna azione disgregante, ad eccezione di un semplice dilavamento per puro effetto meccanico, allora, a seconda della configurazione topografica del terreno, si può pensare di ricavare il canale con semplice scavo in trincea e rivestimento delle sponde anche solo in ciottoli, allettati o meno in malta a seconda della inclinazione delle sponde e della velocità dell'acqua.

Canali di questo genere, che funzionano da qualche decennio in ottime condizioni, sono per es. il tratto a monte del canale per la Centrale di Vigevano (3) ed il canale di irrigazione Langosco tra Magenta e Vigevano, il primo della portata di circa 50 mc/sec ed il secondo di circa 20, con velocità sia l'uno che l'altro di m/sec 1,60 con una pendenza del 0,6 ‰.

Attualmente esistono diversi tipi di rivestimento basati però tutti sullo stesso concetto, costituiti da blocchetti con bordi a sagome congruenti tenuti in posto da fili di rame o ferro zincato che li attraversano.

Nel caso di grandi superfici si possono realizzare dei costi di vera convenienza: ad esempio L. 12,00 al mq, per un rivestimento in calcestruzzo dello spessore medio di m 0,18.

In terreni del genere considerato si possono anche costruire canali a mezza costa con la sponda a valle costituita da un argine.

---

(1) Galleria inclinata per la condotta forzata di Ponte.

(2) Galleria inclinata per le condotte forzate di Campliccioli, Rovesca e Pallanzeno.

(3) Nella galleria di Ponte, poichè la pendenza è del 61%, si è dovuto installare il binario. La difficoltà del trasporto del marese risulta anche dalla considerazione che, a parità di allargamento, in una galleria orizzontale ed in una inclinata, fino ad una certa sezione l'allargamento nel primo caso guadagna per ml sul tempo per l'avanzamento, mentre nel secondo l'allargamento richiede sempre maggior tempo che non l'avanzamento.

(4) Alcuni confronti tra gli scavi in roccia per gallerie orizzontali e gallerie inclinate:

Gallerie orizzontali - con 2 sciolte di 12-14 uomini e di 10 ore ciascuna: 2 volate per sciolta; fori da 16 a 20 della lunghezza da m 1,10 a 1,60 con un impiego di ferri da 100 a 250 per volata; avanzamento per sez. di m 2,4×2,6: media m. 2,75; max 4,00 in 24 ore.

La stessa galleria in presenza d'acqua ha richiesto una forza di 35 uomini in 24 ore per lo stesso avanzamento.

La stessa galleria con 3 sciolte di 13 uomini e di 8 ore ciascuna ha permesso un avanzamento circa doppio del precedente fino all'avanzamento di 4,00 metri, però con un consumo del 15% in più di esplosivo che non per le due sciolte.

In presenza d'acqua l'avanzamento si è ridotto a metri 3,30 al giorno, fermi restando gli altri dati.

Il consumo di esplosivo si è tenuto sui kg. 2,00 per mc di roccia di media durezza *non* in presenza d'acqua.

Gallerie inclinate: avanzamenti da m 1,10 a 3,70 nelle 24 ore, a seconda della durezza della roccia con max fino a m 5,60 con due sciolte. Consumo di esplosivo come per gallerie orizzontali.

La diversità dei dati trascritti dipende dalla qualità della roccia che anche quando è buona e non vi è acqua non permette avanzamenti medi superiori a quello indicato.

---

(1) D'altra parte, gli esempi citati più sopra si riferiscono in massima a canali a pelo libero.

(2) Un tratto che, con le sue perdite, aveva determinato una frana fu superato con un ponte canale sospeso.

A questo proposito bisogna ricordare che un ponte canale sospeso deve essere di tipo rigido per non avere inconvenienti alla messa in carico.

(3) Rivestimento in ciottoli non allettati ed allettati si conservano molto bene.

Una cura particolare deve essere posta, per questi argini, nella preparazione del piano di elevazione, nel senso che bisogna tendere ad ottenere la minor discontinuità possibile tra terreno vergine e riporto.

Tra le altre cause, fu prima quella di non avere bene osservato quanto sopra, a determinare il franamento di un tratto del canale di Vigevano prima citato. Nel tratto dove avvenne la rottura, il terreno, di natura alluvionale, è sempre molto imbevuto di tutti gli scoli dei terreni costituenti il terrazzamento sulla sponda destra del canale, a monte della costa lungo la quale il canale si sviluppa; si notano pertanto al piede a valle dell'argine delle sorgentelle che variano la loro portata indipendentemente da quella del canale.

Naturalmente, eventuali aumenti di perdita del canale stesso (giacchè le perdite sono fino a un certo limite inevitabili) possono non essere più contenute nei meati, per così dire in equilibrrio, e sforzano di preferenza, come si è notato, tra terreno vergine ed argine, precisamente perchè non è stata bene curata la continuità della struttura (1).

Naturalmente, questi canali a mezza costa, per quanto accurata sia l'esecuzione dell'argine e ben costruito il rivestimento, devono essere sottoposti ad una continua vigilanza, per poter scoprire in tempo se qualcuna delle sorgenti aumenta la sua portata fuori del consueto o, quel che è peggio, trasporta materiale.

In parecchi tratti del precitato canale sono state rifatte le sponde e la platea in calcestruzzo, ed inoltre sono state eseguite delle iniezioni di cemento e sabbia tra il rivestimento in calcestruzzo e l'argine, col vantaggio di avere eliminato quasi completamente le sorgenti provenienti dal canale e comunque arrestato completamente il trasporto del materiale sabbioso di dilavamento.

Quando un canale deve lasciare la sua sede in trincea per diventare pensile, la cura nella costruzione degli argini non è mai sufficientemente attenta e meticolosa, sia per lo studio dei materiali che si devono usare, come per il lavoro manuale di esecuzione.

È ovvio che si risolve di eseguire un canale pensile quando, per la formazione del corpo degli argini, è possibile l'uso dei materiali provenienti dagli scavi del canale stesso integrati a volte da materiali provenienti da cave di prestito prossime al lavoro.

Il nucleo interno impermeabile, i rivestimenti, le incigliature, che con i loro particolari requisiti devono rendere il tutto atto allo scopo, se non è possibile ricavarli in posto, possono soffrire di una certa spesa di approvvigionamento in considerazione della loro cubatura, che è piccola in confronto di quella totale dell'argine.

Non è mai prudente fidarsi soltanto del rivestimento interno di muratura o di calcestruzzo; i cedimenti di assestamento del terrapieno dell'argine, che si completano in un tempo molto lungo, i movimenti dovuti alle variazioni di temperatura, al ritiro di presa ed a possibili alveolità del rivestimento, sono fenomeni inevitabili, tutti tendenti a creare delle fughe d'acqua che l'argine deve trattenere affinchè non ne risulti compromessa la stabilità, specie quando il tirante d'acqua nel canale è considerevole.

A seconda della speciale funzione che un argine deve esplicare, diversa può essere la distribuzione più conveniente delle varie qualità di materiali ottenibili con opportuna vagliatura dal materiale che si ha disponibile per la costruzione. Dall'attento esame delle diverse materie, e dalla cura posta nella disposizione e nella materiale operazione di posa in opera delle stesse, dipende la buona riuscita della costruzione.

Ad esempio, il sistema del nucleo impermeabile centrale, ottimo per piccole dighe di ritenuta, non è forse il più indicato per argini di canali rivestiti in muratura.

(1) Ne segue un trasporto di materiale che si nota depositato dove sboccano le sorgenti e che fa da spia sull'entità del dilavamento.

L'argine per il canale dell'impianto idroelettrico di Mori, nel quale il livello idrostatico sovrasta costantemente il piano di campagna da un minimo di 3 metri ad un massimo di 8 e che in tre anni di esercizio non ha dato luogo ad inconveniente alcuno e nemmeno ha permesso osservazioni che potessero far supporre qualche cosa di irregolare nel suo comportamento, è stato eseguito, come chiaramente descritto in una interessante relazione dell'Ing. Manfredini (1), nel modo che riassumo.

Mediante profonda aratura è stato reso anzitutto il piano di imposta atto a saldarsi con l'argine da costruire, indi, a seconda dei materiali disponibili, si è così proceduto: là dove si doveva usare detrito di falda sono stati eseguiti strati alternati di detto materiale con materiale minuto di terra vegetale; una continua abbondante irrorazione convogliava il materiale terroso in sospensione a riempire le cavità del materiale detritico.

Quando il materiale disponibile era in massima costituito da ghiaietto e sabbia fine, allora non si è ricorso a speciali distribuzioni, e come per il caso sopraesposto si è curata una continua rullatura degli strati che venivano eseguiti dello spessore di 25÷30 cm.

La parete verso l'acqua venne tutta rivestita con humus vegetale, per uno spessore da 1 a 2 metri, posto in opera con gli stessi accorgimenti adottati per il corpo dell'argine, sia per la bagnatura che per il costipamento.

Il rivestimento in calcestruzzo è stato eseguito a lastroni alternati (per ridurre al minimo l'effetto del ritiro) dello spessore medio di 20÷25 cm.

Anche questo lavoro fu eseguito con una cura particolare, specialmente per riguardo al getto, al costipamento ed alla formazione della faccia lisciata ad intonaco.

Dopo il rivestimento in calcestruzzo, più per prudenza che per necessità, furono eseguite nell'argine delle iniezioni di argilla e sabbia che valsero a togliere anche le insignificanti fughe d'acqua riscontrate al primo invaso, e venne rinforzato il calcestruzzo di rivestimento, in corrispondenza al tratto di massimo tirante d'acqua, con gunite armata. Altre iniezioni di cemento e di argilla furono eseguite per riempire le eventuali cavità dovute all'assestamento dell'argine sotto il rivestimento.

Rimandando il lettore alla citata relazione dell'Ing. Manfredini per tutti gli interessanti particolari che nella stessa sono descritti, si vuol far rilevare come lo scrupolo nella ricerca delle eventuali possibilità di fuga dell'acqua e la meticolosità nell'esecuzione dei lavori abbiano valso ad ottenere ottimi risultati in un canale in condizioni di carico tanto eccezionali.

Più sopra è stata menzionata la rovina, avvenuta parecchi anni or sono, di un tratto dell'argine del canale di Vigevano, dove il tirante d'acqua era di 3 metri ed il dislivello tra il pelo statico dell'acqua ed il piano di campagna di circa 12 metri; si può affermare che il franamento è avvenuto perchè non era stato eseguito lo scotennamento per il piano di imposta, ed anche per la poca cura posta nella costruzione del corpo dell'argine. Quest'ultimo, costruito con materiale alluvionale quasi totalmente sprovvisto di humus vegetale o altro materiale corrente, disposto a strati non omogenei, aveva potuto resistere per parecchio tempo forse solo per merito della sua struttura drenante.

Il rivestimento della sponda fu trovato, in corrispondenza della frana, di pessima qualità, alveolato, ed insufficiente di spessore; le inevitabili perdite, che dovevano essere anche considerevoli, non affioravano che in piccola quantità al piede dell'argine, molto presumibilmente perchè la parte esterna dell'argine stesso, imboschita con pioppi canadesi ed altre piantagioni adatte per il consolidamento di scarpata, offriva una resistenza maggiore di quella della massa interna e le perdite venivano restituite in una grossa roggia che scorre parallelamente all'argine, poco a valle del suo piede.

(1) V. *L'E. E.* 1932, fasc. X.

A questo proposito si ha ragione di ritenere che quando non è possibile costruire tutto un argine con materiale impermeabile ed omogeneo, sia preferibile portare quest'ultimo tutto sulla parete verso l'acqua, perchè una eventuale fuga resta allora localizzata e, trovando facile e vasto sfogo verso l'esterno, non provoca l'immediata rovina dell'argine ed offre quindi il tempo di provvedere ai ripari.

Se la zona impermeabile, invece, costituisce il nucleo centrale, può avvenire che una perdita dal rivestimento murario invasi in un primo tempo una certa zona dell'argine, prima di incontrare il nucleo impermeabile, e che al primo verificarsi di una fuga attraverso quest'ultimo la massa d'acqua d'imbibimento forzi questa via di uscita trasportando materiale, fino a determinare lo sfasciamento dell'argine; fatto che non sarebbe avvenuto per la semplice portata dovuta alla perdita del rivestimento murario.

Più in generale, le strutture che contengono materiale impermeabile devono essere meticolosamente curate nella costruzione, specialmente per quanto riguarda l'omogeneità di distribuzione. Delle zone impermeabili discontinue, attraversate da altre più o meno permeabili, possono presentare dei punti di una vulnerabilità che forse non si riscontra nelle strutture omogeneamente drenanti.

Alcuni mesi or sono, una roggia della portata di circa 20 mc/sec per irrigazione, scavata in terreno naturale costituito da un metro circa di humus vegetale alla superficie ed interessante per il resto dei tre metri di profondità delle strutture miste di terreno vegetale, argilla e sabbia fina, si ritiene sia rovinato per le ragioni suddette.

Un'ultima osservazione riguarda l'effetto del gelo sulle sponde di un canale, quando la portata diminuisce scoprendo parte della superficie prima bagnata, in periodi di basse temperature. Se il rivestimento è molto sottile (m. 0,05÷0,08) il terreno umido sottostante, non sufficientemente protetto, gela e, gonfiandosi, spacca e solleva il rivestimento stesso; se, al contrario, è superiore ai 15 cm circa, e specialmente se il calcestruzzo è bene eseguito, la protezione, almeno fino a temperature non eccessivamente rigide, è sufficiente perchè il gelo non interessi uno spessore di terreno tale che il rigonfiamento possa recare danno al rivestimento; la compattezza del getto garantisce anche meglio agli effetti dell'inevitabile permeabilità che, permettendo al terreno retrostante di imbeversi d'acqua, rende più gravi le conseguenze del gelo.

In zone dove si possono verificare freddi particolarmente intensi è quindi prudente non scendere al disotto di certi spessori per i rivestimenti e curare in modo particolare la compattezza dei getti; a questo proposito non si deve dimenticare che, in un canale, il gelo non provoca danni isolati, ma può estendersi a tutta la costruzione.

*Giunti di dilatazione.*

I giunti di dilatazione rappresentano il punto debole, l'unica difficoltà oserei dire, della costruzione di un ponte canale in muratura o in calcestruzzo o, comunque, di un condotto d'acqua dello stesso tipo, emergente dal terreno o che, per quanto protetto da un buon tombamento di terra, possa risentire degli effetti delle variazioni di temperatura.

Parecchi tipi furono studiati e qui sotto seguono alcune osservazioni e considerazioni in merito.

Nel canale in pressione per l'impianto di Croce del Gallo, costituito da un tubo in cemento armato del diametro interno di 3 m e per la pressione di esercizio di 14 metri d'acqua, il giunto è ricavato a maschio e femmina nello spessore del calcestruzzo, con interposti due strati di bitume asfaltico (fig. 6).

I giunti sono alla distanza di m. 50 l'uno dall'altro ed il tratto di tubo adiacente al giunto, per circa un metro, venne *gettato d'inverno* nel periodo più freddo. Nel getto precedentemente eseguito si erano lasciati sporgere degli spezzoni di ferro perchè l'anello di chiusura venisse collegato col resto del tubo nel miglior modo possibile. Il comportamento è risultato ottimo. Il tubo è annegato in materiale ghiaioso con uno spessore minimo di m 0,80.

In un impianto (della Livenza) dove il tubo in cemento armato, del diametro di m 3,80, è annegato in terreni ar-

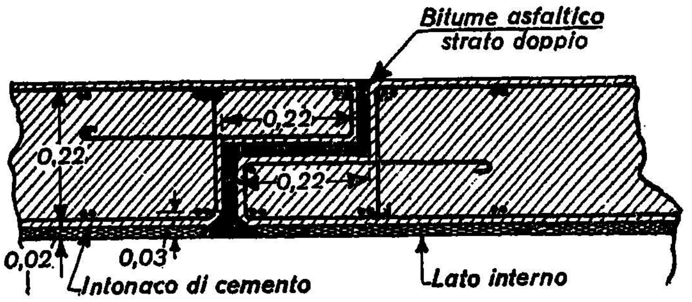


Fig. 6.

gillosi, i giunti sono costituiti da anelli a cuneo, a sezione trapezia che costipano un mastice, il quale è tenuto in posto da corda catramata e va ad ostruire la fessura di separazione fra un tronco di tubo e l'altro (fig. 7).

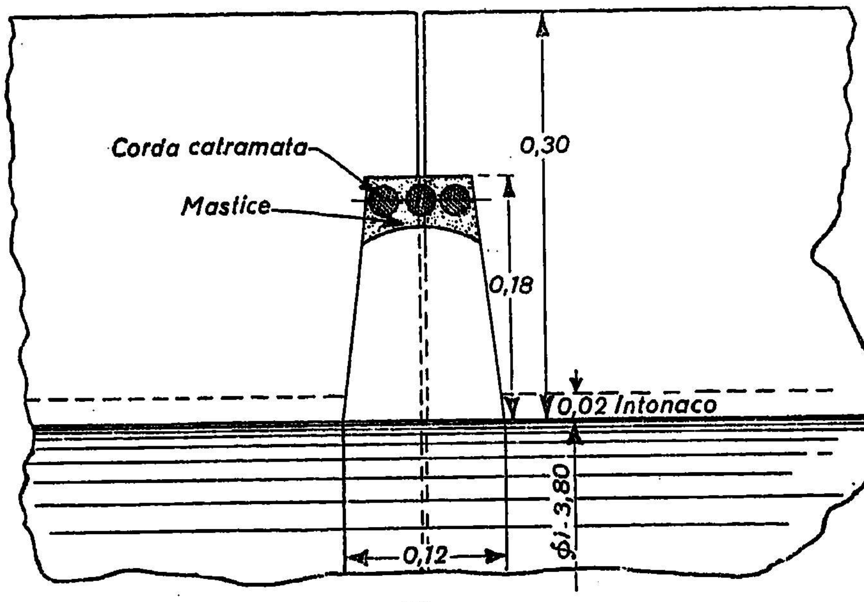


Fig. 7.

Poichè l'anello a cuneo è armato, non può dilatarsi sino a comprimere il mastice e perciò si crea di fianco una via d'uscita. È stato riparato a questo inconveniente ponendo una seconda guarnizione elastica di corda catramata e mastice, rivestita da un altro anello, in corrispondenza del distacco formatosi di fianco (fig. 8). Non si conosce ancora l'esito di questa riparazione.

Questi giunti sono posti alla distanza di 24 metri l'uno dall'altro ed il carico d'acqua nel tubo arriva fino a m 24.

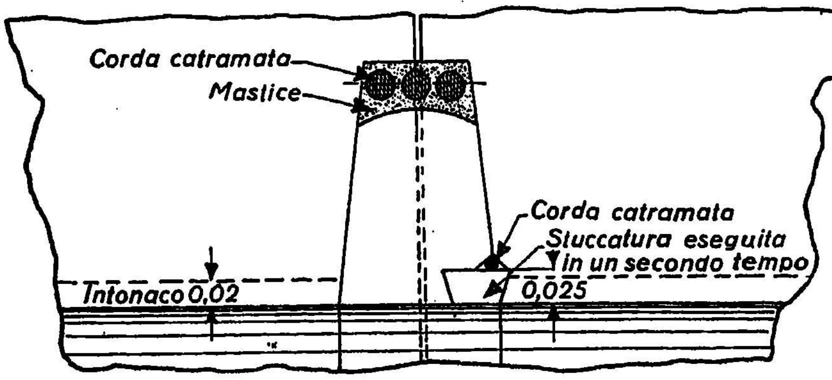


Fig. 8.

Particolare degno di nota, in confronto di quanto è stato detto per il tipo di giunto prima descritto, è che il getto per il secondo tipo è stato fatto d'estate.

A questo proposito citeremo il tubo in cemento armato del 3° salto del Cellina (Partidor), del diametro di m 3,10. Il tubo è tombato, con uno spessore minimo di copertura di 1 m; la lun-

ghezza è di m 900; non è stato previsto nessun giunto, ed il getto è stato eseguito tutto d'inverno a bassa temperatura. Fino ad oggi non si sono manifestate perdite.

Nel caso di un altro impianto si è anche pensato di creare nel tubo degli spessori minimi, ad una certa distanza l'uno dal-

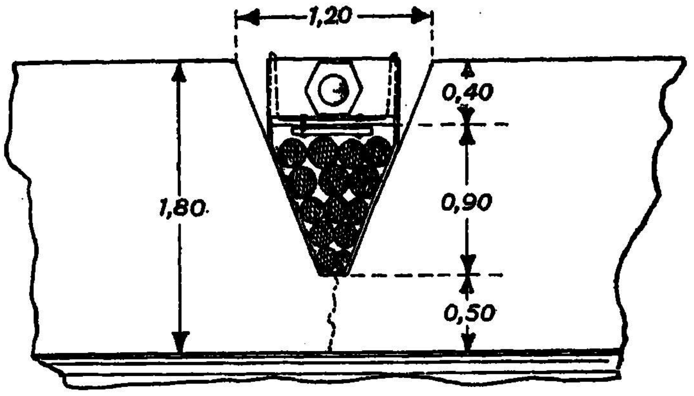



Fig. 9.

l'altro, dove avrebbe dovuto rompersi il tubo, prevedendo esternamente una struttura atta a far tenuta.

Ogni 50 metri è stato ridotto lo spessore del tubo creando una sezione longitudinale a V con il vertice verso l'interno del tubo (fig. 9); il vano è stato riempito di corda bitumata e mastice, che vengono compressi da un anello metallico, il quale può essere stretto a mezzo di tiranti a vite che seguono la curvatura del tubo.

Il tubo però non si è rotto solo nei punti previsti, anzi in alcuni di questi non si è rotto. Si può ritenere che ciò sia dipeso sopratutto dalla distanza troppo grande lasciata tra giunto e giunto.

*Anche in questo caso il getto è stato eseguito d'estate*; le rotture sono avvenute preferibilmente nelle sezioni di contatto tra la parte di tubo già gettata ed il tratto di chiusura in corrispondenza al giunto che veniva gettato per ultimo.

Per quanto sopra è parere di qualche competente costruttore di tubazioni in cemento armato di questo genere, che la miglior soluzione, agli effetti delle contrazioni termiche, sia prevedere un robusto intonaco retinato ed eseguire il getto in pieno inverno.

Tutto ciò, si comprende, quando il tubo possa essere ben annegato nella terra.

Un tipo di giunto che ha presentato qualche difficoltà di posa in opera, specie per le saldature, è quello ad onda di rame. Le estremità di questa vengono bullonate a sagomati di ferro con interposta guarnizione; i sagomati di ferro possono essere bene annegati ed amarrati al tubo in modo da garantire la tenuta; un giunto di questo tipo ha dato ottimo risultato (Impianto di Mezzocorona).

ING. ANTONIO MOTTA.

## APPENDICE I

(*Verbale della discussione svoltasi l'*11 *maggio* 1932-X)

In assenza del prof. Forti presiede il prof. De Marchi, il quale, prima di iniziare i lavori, rievoca con commosse parole la figura del compianto prof. ing. Gaetano Ganassini, mancato improvvisamente il 28 aprile.

Segue la discussione del rapporto generale dell'ing. Antonio Motta, in ordine di argomento:

*Tubazioni forzate in galleria.*

ING. BONO (cfr. pag. 1043). – Osserva che quanto afferma l'Ing. Motta, circa l'ottimo risultato dato da tubazioni-canali prive di giunti di dilatazione, potrebbe sembrare in contrasto con quanto è stato da lui affermato nel parag. « Giunti di dilatazione » del suo rapporto sulle condotte forzate (v. *L'Energia Elettrica*, fasc. X e XI, 1932), dove egli ha cercato di dimostrare quali e quanti siano i vantaggi dei giunti di dilatazione applicati sulle livellette di una condotta forzata.

Effettivamente, però, non esiste contrasto alcuno, poichè l'Ing. Motta parla sempre di tubazioni libere collocate in una galleria che percorre l'interno della montagna; tubazioni che si trovano quindi in condizioni molto diverse da quelle di una condotta forzata all'aperto. Nel tubo-canale in galleria, gli sbalzi di temperatura sono molto più limitati che in una condotta scoperta; più precisamente, il massimo scarto di temperatura in una tubazione in galleria è solitamente dato dalla differenza fra la temperatura ambiente della galleria stessa (temperatura che poco varia fra l'estate e l'inverno e che rappresenta anche la temperatura dei tubi durante il montaggio) e la minima temperatura dell'acqua defluente nei tubi. È però sempre necessario fare la verifica delle sollecitazioni delle giunzioni trasversali per queste variazioni termiche.

Se la tubazione ha un andamento planimetrico serpeggiante, essa si trova certamente in condizioni migliori, rispetto alle sollecitazioni termiche, almeno sino a che i tratti rettilinei compresi fra i vertici planimetrici sono sensibilmente della stessa lunghezza; in questo caso, però, alle sollecitazioni termiche si aggiungono algebricamente le sollecitazioni della spinta idrostatica, ed è opportuno dare ai sostegni una forma tale che consenta spostamenti trasversali all'asse del tubo.

Attesa la facilità di eseguire amarraggi in galleria, e dato il costo relativamente esiguo che ne risulta per essi, sarà bene interporre qualche amarraggio nei tratti di lunghezza molto rilevante.

Di solito il tubo-canale in galleria non viene collocato lungo l'asse di questa, ma spostato verso un paramento per lasciare dall'altra parte uno spazio sufficiente per un comodo transito, a scopo d'ispezione. Occorre tener presente in questo caso l'opportunità che, almeno in corrispondenza delle giunte trasversali, il tubo sia accessibile con una certa comodità su tutta la circonferenza.

Questa precauzione ha sopratutto lo scopo di rendere possibili i calafataggi delle giunte dall'esterno della tubazione.

Difatti non è improbabile, specie quando mancano i giunti di dilatazione, che qualche giunto trasversale (in questi casi generalmente chiodati) perda per deterioramento del calafataggio sotto l'azione delle sollecitazioni assiali. Se la deficenza di spazio vieta il calafataggio esterno, per ovviare la perdita occorre vuotare la tubazione per calafatare dall'interno. È questo, evidentemente, può rappresentare un inconveniente intollerabile per l'esercizio; mentre, date le modeste pressioni cui sono ordinariamente soggetti i tubi-canali in questione, il calafataggio esterno può essere eseguito senza interruzioni. L'Ing. Bono insiste su tale circostanza perchè in qualche tubazione del genere il calafataggio esterno non è possibile.

ING. SEMENZA, della Soc. Idr. Veneta. – Riferendosi alle variazioni di temperatura dell'acqua convogliata dai tubi-canali in oggetto osserva che, mentre in alta montagna si può senz'altro ammettere che tali variazioni siano piccole, alle basse quote, invece, si possono avere notevoli escursioni di temperatura fra estate ed inverno (20-25° C.)

Inoltre rileva che le pressioni di esercizio raggiungibili nelle stesse tubazioni possono equivalere anche a 70-80 m di colonna

d'acqua, il che acquista notevole importanza nel caso dei grandi diametri.

Passando poi alla questione delle condotte interrate, fa notare che il tombamento dei tubi metallici implica il grave problema della loro protezione contro la ruggine, problema di difficile soluzione e denso di incognite.

ING. BONO. – Condivide il pensiero dell'Ing. Semenza, dichiarandosi egli pure contrario, in linea di massima, alla tombatura dei tubi metallici, date le difficoltà d'ispezione, esterna ed interna, e di manutenzione, che tale sistema implica.

ING. SEMENZA. – È del parere che per le tubazioni tombate a bassa pressione convenga ricorrere preferibilmente ai tubi in calcestruzzo armato. Ritiene anche che nei tubi in ferro, a bassa pressione, con andamento planimetrico prossimo alla piezometrica, la probabile presenza di aria libera possa favorire le corrosioni.

ING. ALBERTO TACCANI. – In vista dei gravi danni che potrebbero essere causati dall'eventuale rottura di una tubazione in galleria relativamente inclinata, ritiene che converrebbe in taluni casi predisporre degli appositi diaframmi di sicurezza.

ING. A. MOTTA. – Osserva che i casi considerati si riferiscono propriamente a condotte-canali con lieve pendenza e non a condotte forzate vere e proprie e che perciò il pericolo prospettato dall'Ing. Taccani non è molto temibile.

ING. ALBERTO TACCANI. – Pone il quesito della convenienza economica delle condotte-canali in galleria.

ING. MOTTA. – Fa rilevare, a questo proposito, che la convenienza di una tubazione libera in galleria va stabilita, caso per caso, in base al confronto fra il costo di questa e quello di una galleria normale in terreni che diano scarso affidamento per riguardo sia alla tenuta che alla resistenza, e richiedenti perciò costosi rivestimenti. I casi accennati nella relazione si trovano appunto in condizioni di tal genere.

ING. SEMENZA. – Osserva che oltre agli elementi accennati dall'Ing. Motta si deve però tener conto anche del fatto che le perdite di carico complessive del canale, riducendo la sezione a quella del tubo metallico, aumentano notevolmente rispetto a quelle di una galleria normale. Ritiene poi che, nelle attuali condizioni dell'industria idroelettrica, il costo di una tubazione rinchiusa in galleria sia comunque troppo elevato, salvo naturalmente casi speciali.

ING. MOTTA. – Aggiunge che un altro elemento di preferenza a favore delle tubazioni libere in galleria è dato dalla sicurezza d'esercizio di queste; il che acquista particolare valore per le derivazioni ad alta quota, come quelle citate nella relazione.

*Rivestimenti in gunite nelle gallerie sotto pressione.*

ING. SEMENZA (cfr. pag. 1044). – In base all'esperienza compiuta sui canali di alcuni impianti del Gruppo Società Adriatica, afferma che i rivestimenti di gunite non lisciata non presentano in generale un sufficiente grado di impermeabilità. Se lisciati, invece, non solo diventano impermeabili, ma consentono anche una sensibile riduzione delle perdite di carico. Nel canale dal Piave al lago S. Croce, ad esempio, un accurato rifacimento del rivestimento con gunite lisciata ha contemporaneamente eliminato le perdite d'acqua primitive e aumentata la capacità del canale del 20%. La lisciatura risulta abbastanza economica se eseguita immediatamente dopo la gunitazione.

ING. CONTESSINI. – Ritiene che la questione della permeabilità dei rivestimenti di gunite meriterebbe di essere studiata a fondo mediante ricerche sistematiche.

ING. ALBERTO TACCANI. – È del parere che il carico limite di 20 m indicato dal Relatore per l'adozione dei rivestimenti di gunite semplice, nelle gallerie in pressione, sia troppo elevato.

ING. MOTTA. – Ammette che, per riguardo alla tenuta, tale limite potrebbe essere abbassato a 15 m.

ING. BONFIOLI. – Riferendosi alla lisciatura dei rivestimenti di gunite, osserva che nel caso di gallerie in roccia questa operazione è assai ardua, se non impossibile, a causa delle asperità che presentano le pareti rocciose dopo lo scavo; d'altra parte, egli afferma che in diversi casi anche la gunite non lisciata, in rocce sane e compatte, ha mostrato requisiti di impermeabilità abbastanza soddisfacenti.

PROF. DE MARCHI. – Nota però che occorre tener presenti sempre anche le perdite di carico, le quali, con rivestimenti semplici di gunite in gallerie rocciose a pareti irregolari, sono particolarmente notevoli.

ING. SEMENZA. – Chiede se esistono dati sperimentali sulle perdite di carico in gallerie rivestite di gunite, senza rivestimento in calcestruzzo (Cheggio).

PROF. DE MARCHI e PROF. SCIMEMI. – Esistono alcuni dati desunti specialmente da impianti svizzeri; ma sono insufficienti per poter stabilire i coefficienti di scabrezza adottabili nei diversi casi della pratica. È certo tuttavia che tali perdite sono dello stesso ordine di grandezza di quelle verificabili nelle gallerie in roccia non rivestita (con riferimento alla formula di Gauguillet e Kutter: $n \sim 0{,}022 \div 0{,}027$). In un tronco di canale (Piave-Lago di S. Croce) fu trovato $n = 0{,}020$.

ING. SEMENZA. – È pienamente concorde col Relatore circa l'opportunità, anzi la necessità, di costruire prima un rivestimento in calcestruzzo per applicare su questo, successivamente, la gunite.

*Rivestimenti di lamierino.*

ING. BONO (cfr. pag. 1046). – È del parere che sia prudente non esagerare nella sottigliezza del lamierino di rivestimento di una galleria in pressione, anche se il rapporto fra il diametro e l'altezza del carico idrostatico permette, in linea teorica, di scendere a spessori molto bassi: ad esempio di 3 mm.

Quando si hanno spessori così piccoli (3-4 mm) i tubi debbono essere longitudinalmente chiodati oppure saldati all'ossiacetilene od elettricamente. E questi sono tutti tipi di giunzioni che non lasciano perfetta tranquillità, appunto se applicati a spessori piccoli. Inoltre, occorre tener presente che la lamiera, sia internamente che esternamente, è soggetta a corrosioni aventi più di una causa.

Per la sola ossidazione, si sono constatate, in diverse tubazioni di spessori variabili, delle corrosioni notevolmente diffuse e di profondità superiore a 1 mm, già al terzo anno di esercizio.

Queste corrosioni all'interno del tubo, nel caso di spessori esigui ($3 \div 4$ mm), rappresentano già una diminuzione di efficienza oscillante fra il 33 ed il 25%. Il lamierino sottile rende inoltre il tubo praticamente inefficiente alle pressioni esterne.

Secondo l'Ing. Bono, per questi rivestimenti, il tipo migliore di tubo sarebbe quello saldato al gas d'acqua. Ma per tale tipo di tubo è già poco consigliabile lo spessore di 6 mm, essendone difficile la saldatura. Anche la deformabilità, durante il trasporto o il montaggio, è particolarmente grande nel caso di tubi con spessori molto sottili. Per questi rivestimenti con lamierino, quindi, è bene ponderare minutamente tutte le circostanze prima di prendere una decisione.

ING. BORDINI. – È del parere che nel caso in cui, per speciali ragioni, si debba escludere l'adozione dei rivestimenti in calcestruzzo armato, ricorrendo invece ad un rivestimento in lamierino, questo debba essere costituito da tubi resistenti alla pressione idrostatica, non essendo nè conveniente nè giustificato fidarsi della resistenza della roccia. Di più, egli ritiene che ben poca fiducia possa nutrirsi sulla efficacia, nel tempo, dei comuni sistemi drenanti (ai quali è sopratutto affidata la sicurezza dei rivestimenti in oggetto), costituiti da tubazioni o fori di piccolo diametro immersi opportunamente nel calcestruzzo di rivestimento compreso fra la lamiera e la roccia. L'acqua d'infiltrazione della montagna, attraverso il calcestruzzo e massimamente attraverso i calcari, diventa *dura*, per cui ben presto appariscono i depositi e le incrostazioni di carbonato di calcio che mano a mano otturano i tubi di drenaggio (i quali, nel caso delle tubazioni-canali, accoppiano alla eccessiva lunghezza la piccola pendenza) e i meati stessi della mutatura. Stabilitasi una situazione di questo genere, l'efficacia del sistema drenante può essere talmente limitata, in qualche tratto, da costituire un serio pericolo per le tubazioni in caso di vuotamento. Per queste ragioni, nel progetto di derivazione dell'alto Liro, ad Isolato, si è previsto di munire la derivazione forzata, costituita da tubi metallici murati in galleria, con uno sviluppo di 2180 m, di un cunicolo laterale di drenaggio praticabile, della larghezza di m 0,90, il quale, oltre a garantire lo smaltimento delle acque esterne calcaree, facilita la messa in opera del calcestruzzo, compensando quasi interamente la spesa del maggior scavo. Il provvedimento è stato giudicato necessario per le seguenti circostanze:

I - La roccia è generalmente fratturata e poco compatta, presentando venature di argilla, limo e arenaria. Questo giustifica l'adozione del tubo resistente (pressione circa 4 atm.).

II - Le acque di precipitazione sono rapidamente assorbite dal terreno, tanto che alla superficie esistono numerose e ampie cavità, nelle quali l'acqua di pioggia e della neve sparisce in breve tempo.

III - Le acque così infiltratesi nella massa calcare hanno sfogo in copiose sorgive nella valle del Liro, in sinistra, ed è evidente l'imponente incrostazione calcare formatasi lungo il loro percorso sulle pendici da cui precipitano nel Liro.

I punti II e III giustificano l'adozione del cunicolo laterale praticabile, di drenaggio, anzichè l'uso di tubi immersi, anche se di diametro apprezzabile.

ING. A. MOTTA. – È del parere che, quando non si superino le sollecitazioni indicate nel testo della relazione, anche lo spessore di 4 mm per il lamierino sia sufficiente, sia perchè,

attraverso il riempimento di calcestruzzo, la roccia si assume una parte del carico — sebbene piccola — sia perchè una accurata verniciatura può preservare il tubo dalla ruggine; fa poi notare che, praticamente, non è sempre possibile giungere a spessori di 6-7 mm per ovvie ragioni economiche; mentre, nel caso di gallerie non troppo grandi, rivestimenti di lamierino dello spessore di 4 mm. possono tornare ancora convenienti. Ed invero si possono citare ormai due esempi di gallerie costruite con tali criteri, delle quali la prima costruita ha dato diversi inconvenienti solo per insufficenza di drenaggio e la seconda, in cinque anni di esercizio, ha dato risultati molto soddisfacenti.

ING. BONFIOLI. – Ritiene che la relazione metta un po' troppo in buona luce le gallerie rivestite in lamierino rispetto a quelle con rivestimento in calcestruzzo; e ciò, malgrado le riserve formulate dal Relatore.

ING. SEMENZA. – È del parere che, pur non escludendo in modo assoluto il sistema di rivestimento in oggetto, converrebbe non metterlo troppo in evidenza, limitandone esplicitamente le possibilità d'applicazione a casi affatto eccezionali. Ciò, specialmente, per la paurosa incognita delle pressioni esterne.

ING. BONO. – Insiste sulla grave incognita del comportamento di tali rivestimenti rispetto alle pressioni esterne dovute alle acque d'infiltrazione, le quali, nonostante i drenaggi, possono giungere a formare delle sacche o dei compartimenti stagni in prossimità dei rivestimenti stessi, con grave pericolo per questi nel caso di svuotamento della galleria.

PROF. DE MARCHI. – Osserva che accogliere in pieno la riserva dell'Ing. Bono equivarrebbe ad escludere senz'altro il sistema di rivestimento con lamierini.

INGG. BONFIOLI & SEMENZA. – Ritengono che, pur senza giungere ad una esclusione completa del sistema, si dovrebbe subordinarne l'adozione ad un confronto esauriente e rigoroso con i rivestimenti di calcestruzzo armato.

ING. A. MOTTA. – Afferma che i rivestimenti di calcestruzzo armato in qualche caso costano più di quelli in lamierino.

ING. BONFIOLI. – Non è dello stesso parere; egli, poi, ritiene che in una galleria con rivestimento in calcestruzzo e intonaco di gunite armata si possa ancora realizzare qualche risparmio sullo scavo, rispetto al caso di galleria rivestita con lamierino.

PROF. DE MARCHI. – Riassumendo le varie argomentazioni esposte in merito al sistema di rivestimento in lamierino, ritiene che esse possano dar luogo alle seguenti conclusioni pratiche: *a*) il sistema di rivestimento in oggetto può essere preso in considerazione solo in quei casi nei quali le condizioni geognostiche e idrauliche della galleria di derivazione siano tali da rendere molto costoso qualunque altro tipo di rivestimento in calcestruzzo semplice od armato;

*b*) in ogni caso, attese le gravi incognite che il sistema stesso presenta nei riguardi, sopratutto, della valutazione delle eventuali pressioni esterne, l'adozione di esso deve essere subordinata alla possibilità e convenienza di praticare un efficace e duraturo drenaggio, preferibilmente a mezzo di un cunicolo laterale praticabile;

*c*) lo spessore del lamierino di rivestimento dovrà essere il massimo compatibile con la esigenza di non oltrepassare il costo di altri rivestimenti, ma non dovrà mai essere inferiore ai 4 mm.

La Commissione approva.

Assume quindi la presidenza il prof. Scimemi, dovendosi assentare il prof. De Marchi.

*Feltri e cartoni catramati.*

ING. SEMENZA (cfr. pag. 1048). – Chiede notizie sui feltri e cartoni catramati e specialmente sul loro costo.

ING. GAVAZZI. – Cita le riparazioni effettuate da diversi anni, con ottimo successo, alla condotta in cemento armato a bassa pressione del 2° salto dell'Ozola, che, per fenomeni di contrazione, presentava lesioni trasversali numerose, causa di seria preoccupazione per la stabilità del manufatto, in terreni soggetti a scorrimento. Si provvide con rivestimento dall'interno a mezzo di fasce anulari di feltro bituminoso applicato con spalmatura di bitume a caldo: sopra il feltro si applicò poi a protezione un intonaco di cemento, assicurato a grappette nel cemento armato lungo le direttrici estreme. Nell'intonaco era disposto un giunto (lungo la direttrice mediana) dosato in calce idraulica, per localizzare le eventuali screpolature ulteriori.

*Sistemi usati per ovviare ai principali inconvenienti.*

ING. BONO (cfr. pag. 1049). – Accenna alle valvole di scarico per le acque esterne, adottate nel canale di Idro, le quali hanno dato buoni risultati, almeno per quanto riguarda il funzionamento dall'esterno all'interno del canale.

ING. SEMENZA. – Chiede spiegazioni all'Ing. Bonfioli sull'esito delle riparazioni eseguite nella galleria di Mezzocorona, accennate dal Relatore (v. pag. 1049).

ING. BONFIOLI. – Esprime il parere che le fessure verificatesi nella suddetta galleria non si siano più riaperte, in seguito alla calafatatura eseguita, per il fatto che, avendo impedito all'acqua di penetrare nelle fessure stesse, è venuta a mancare sulle facce di queste la spinta idrostatica tendente ad aprirle.

ING. SEMENZA. – Conferma che, alla messa in carico delle gallerie in pressione, si riscontrano quasi sempre delle fessure longitudinali che, una volta chiuso con iniezioni lo spazio, sia pure limitatissimo, fra roccia e rivestimento, non danno più inconvenienti.

ING. BONO. – Ritiene che per il fatto stesso che tali incrinature si richiudono a galleria vuota, si potrebbe attribuirne l'origine ad effetti termici.

ING. MANFREDINI. – Conferma questa ipotesi osservando che, effettivamente, fra la temperatura di costruzione dei rivestimenti e la temperatura invernale dell'acqua convogliata, si possono avere delle differenze dell'ordine di 20° C.

ING. SEMENZA. – Ritiene che le fessure longitudinali in questione siano dovute (v. sopra) alla mancanza, dopo la costruzione, di un perfetto contatto fra roccia e rivestimento, determinato anche dal ritiro del calcestruzzo e dalle variazioni termiche. Le fessure si chiudono a galleria vuota, perchè, mancando la pressione interna, la volta si assesta per effetto del peso proprio.

*Verniciatura.*

ING. BONO (cfr. pag. 1050). – Insiste sulla difficoltà che presenta generalmente la verniciatura delle tubazioni, specialmente all'interno. E, associandosi a quanto afferma l'Ing. Motta nella sua relazione, mette in rilievo la necessità assoluta di far precedere alla verniciatura una accuratissima pulitura della lamiera a mezzo di raschietti, spazzole e stracci. Altra condizione *sine qua non* è che la parete sia perfettamente asciutta quando si dà la prima mano di vernice. È condizione pure indispensabile, per la buona riuscita delle verniciature interne, è che la vernice abbia potuto asciugare bene prima di introdurre l'acqua dei tubi.

Anche la spalmatura regolare della vernice ha molta importanza; non è tanto necessario che lo strato sia spesso, quanto invece che sia ben « tirato ».

Recentemente, ha avuto occasione di visitare internamente la condotta elastica in roccia di Mese, verniciata con due mani di Isol nel luglio dell'anno 1929, ed ha constatato che dove è stato possibile eseguire con perfetta cura la verniciatura, questa ha dato ottimo risultato. La vernice è intatta, anzi è ricoperta da uno strato di limo e la lamiera, sotto, è ancora in condizioni perfette. Nei punti invece dove, per condizioni particolarissime del momento, non è stato possibile asciugare perfettamente la lamiera, o dove la vernice era ancor fresca all'atto del riempimento della tubazione, la verniciatura non ha avuto nessun effetto. In questi punti la lamiera si è fortemente ossidata e la vernice è scomparsa. Da ciò, sopratutto, l'Ing. Bono trae la conclusione che se si vuol eseguire bene la verniciatura di una tubazione convenga affidarla a personale pratico e non nuovo a questo lavoro.

ING. MOTTA. – Riconosce che l'operaio cui viene affidata la verniciatura non debba essere nuovo al lavoro, ma ritiene che, consistendo la parte principale di questo in una ottima raschiatura e pulitura delle superficie da verniciare, l'esito di tali operazioni dipenda più dalla scrupolosità degli operai e dei capi, che non dalla loro abilità specifica.

*Stahlbeton e intonachi speciali.*

ING. GAVAZZI (cfr. pag. 1051). – Dice di essere stato informato che in qualche impianto della Sila è stato adottato lo *Stahlbeton* per il rivestimento di uno scarico di fondo, ove ha dato buoni risultati.

ING. AUDOLY. – Ritiene che, atteso l'elevato costo di tale rivestimento del quale, peraltro, non è ancora ben noto il comportamento, sia ancora conveniente, ove si possa disporre di graniti o porfidi, adottare rivestimenti in pietra anzichè in *Stahlbeton*.

ING. MANFREDINI. – Osserva che nel caso di acque contenenti in sospensione sabbie silicee, nemmeno il granito può resistere all'usura.

ING. GAVAZZI. – Conferma che appunto per tale ragione fu preso in considerazione lo *Stahlbeton* nel caso citato.

ING. BONFIOLI. – Riferisce che nella galleria di deviazione di Mollaro ha resistito benissimo all'azione erosiva dei materiali trasportati dall'acqua anche un intonaco comune, eseguito molto accuratamente.

Ing. Alberto Taccani. – Al Barbellino si sono avuti ottimi risultati con rivestimenti in mattoni di grès.

Ing. Semenza. – Alle dighe del Cellina e del Piave si sono ottenuti buoni risultati adottando i porfidi della Valle del Cismon ricavati da trovanti anzichè da cave.

Ing. Manfredini. – Alla soglia della diga di Mori sull'Adige ha dato buoni risultati il profido.

Ing. Bonfioli.– Comunica che il Genio Civile di Trento, in occasione della sistemazione della Rocchetta, ha istituito apposite esperienze su diversi materiali ed ha ottenuto risultati ottimi col cemento fuso.

Ing. Semenza. – Chiede se a qualcuno dei presenti siano noti i risultati di eventuali intonachi eseguiti con cemento granito.

Ing. Audoly. – Risponde che un rivestimento in cemento granito è stato eseguito, nell'estate del 1931, nella galleria di derivazione dell'impianto di Airole della «Cieli»; dopo un anno di esercizio tale intonaco era ancora perfettamente conservato.

*Condotte forzate in roccia.*

Ing. Bono (cfr. pagg. 1051-1052). – Osserva che l'unico punto debole delle condotte elastiche in roccia consiste nel sistema drenante.

Cita l'esempio di Mese, del quale ha già avuto occasione di parlare nel suo rapporto sulle condotte forzate.

Ing. Semenza. – Il sistema delle condotte forzate in roccia merita certamente di essere studiato esaurientemente, sia agli effetti economici, che a quelli militari. Però ritiene che l'esperienza sinora compiuta lasci notevolmente perplessi sull'opportunità di adottarlo anche là dove le condizioni topografiche e geognostiche renderebbero particolarmente ardua e costosa una condotta forzata normale.

Ing. A. Motta. – Osserva che, fra le condotte elastiche sinora costruite in Italia, quella di Rovesca, ad esempio, ha dato ottimi risultati.

Ing. Manfredini. – Dubita che il cunicolo di drenaggio praticabile, accennato dal Relatore, implichi un aumento di spesa assai notevole.

Ing. Bono e Ing. Motta. – Dimostrano che tale aumento non è così notevole come potrebbe apparire a prima vista.

Ing. Manfredini. – Ritiene che per ridurre al minimo la spesa dovuta ad un cunicolo di drenaggio praticabile si dovrebbe dare alla galleria una sezione ovoidale, nella parte superiore della quale dovrebbe essere collocata la condotta elastica mentre in quella inferiore verrebbe ricavato il cunicolo di drenaggio.

Ing. Semenza. – Dubita ancora che, tenuto conto di tutto, le tubazioni elastiche in roccia consentano effettivamente una economia di spesa rispetto alle condotte normali.

Ing. Bono. – Rileva che le condotte elastiche sinora costruite non permettono di dare una risposta definitiva a tale quesito, poichè gli impianti esistenti hanno dovuto creare l'esperienza per questo tipo di costruzione, affatto nuovo.

Ing. Motta. – Osserva, tuttavia, che la condotta elastica di Rovesca, pur essendo stata costruita in periodo sperimentale, ha dato un vantaggio economico non indifferente.

A. T.

Milano, 11 maggio 1932.

---

## APPENDICE II

# Cenno sui dispositivi di drenaggio adottati nel canale derivatore di Galleto, presso l'imbocco della Galleria S. Angelo (1)

Come è noto, il canale derivatore dell'Impianto di Galleto, a Marmore, salvo il primo tratto in corrispondenza della Fossa Colonnesi, ove si è dovuto traversare uno spesso banco argilloso, è stato in generale scavato in terreno costituito superiormente da sabbia più o meno compatta ed inferiormente, al disotto circa della quota 369, da concrezione calcarea a struttura travertinosa, cosparsa di cavernosità e di lenti sabbiose. Terreno in complesso abbastanza buono da consentire un rivestimento relativamente leggero.

Però, in corrispondenza dell'ultimo tratto del canale presso l'imbocco della galleria S. Angelo, la natura del terreno varia e lo scavo del canale attraversa, tra l'altro, una profonda formazione costituita da sabbie inconsistenti, argilla, e materiali detritici.

Questa formazione è dovuta, con tutta probabilità, all'esistenza di un antico fosso che in origine si sviluppava alle falde del sovrastante monte S. Angelo, raccogliendone le acque scolanti dalle pendici.

Presumibilmente il fosso è andato poi, col tempo, man mano colmandosi di argille e materiali detritici, calati dal costone del monte, e perfino di materiali legnosi, come si è potuto constatare durante gli scavi.

Benchè colmato e successivamente livellato dalla sabbia alluvionale, che costituisce quasi generalmente il primo strato superficiale dell'altopiano di Marmore, il fosso, data la permeabilità del suo riempimento, ha seguitato a funzionare come un drenaggio per le acque scolanti dal monte.

Tanto che lo scavo del canale, in quel tratto, fu effettuato in presenza di materiale fortemente umido, ed in qualche punto quasi fangoso, che rese difficile l'impiego degli scavatori meccanici.

Naturalmente, nel predisporre il rivestimento del canale in quel tratto, fu necessario tenere in particolare considerazione la presenza dell'acqua in corrispondenza del banco inciso con lo scavo.

Infatti un eventuale accumulo d'acqua dietro il rivestimento

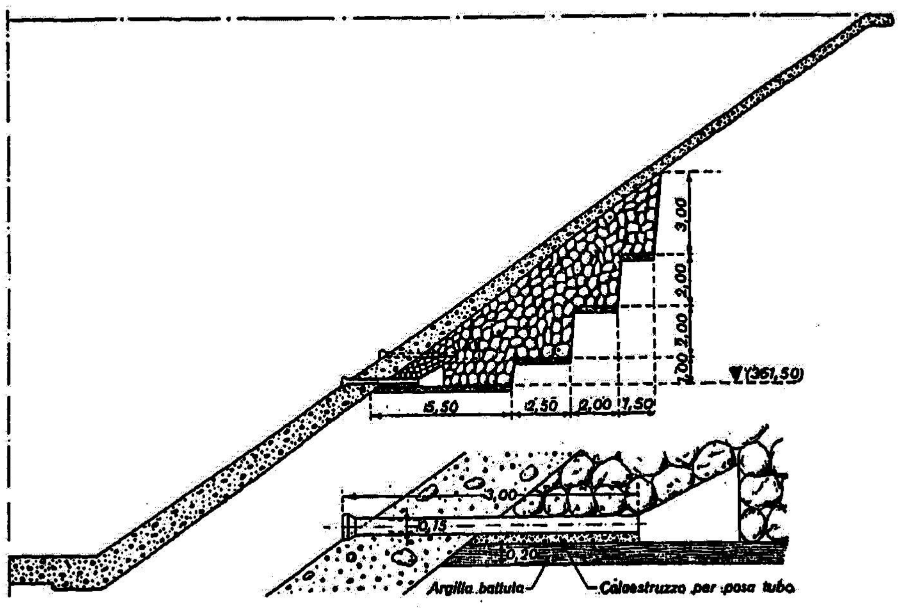



Fig. 1.

(1) Nota trasmessa dall'Ing. Giuseppe Spingardi della Società « Terni ».

impermeabile delle sponde avrebbe potuto determinare, in caso di svuotamento del canale, delle pericolose pressioni sul rivestimento stesso, tali da comprometterne la stabilità.

Onde evitare questo pericolo era quindi necessario far sì che queste acque potessero avere libero deflusso nel canale quando questo fosse vuoto, attraverso un certo numero di bocche opportunemente disposte, senza per altro provocare, attraverso le stesse bocche, la dispersione delle acque del canale, quando questo fosse pieno.

Quest'intento fu conseguito nel seguente modo: facili vie di uscita per le acque del canale, quando questo fosse in esercizio, sulla bocca esterna dei tubi venne applicata una valvola costituita da un elemento di ghisa a forma di *bout* a flangia inclinata di 60° rispetto all'asse del tubo, munita di coperchio apribile a cerniera.

La perfetta tenuta della valvola venne assicurata con una guarnizione di tondino di gomma da mm 20 allogata in apposito incasso a coda di rondine, ricavato nella flangia del *bout* (fig. 2).

Data la posizione del *bout* e l'inclinazione della flangia, il coperchio tende naturalmente, per peso proprio, a mantenersi

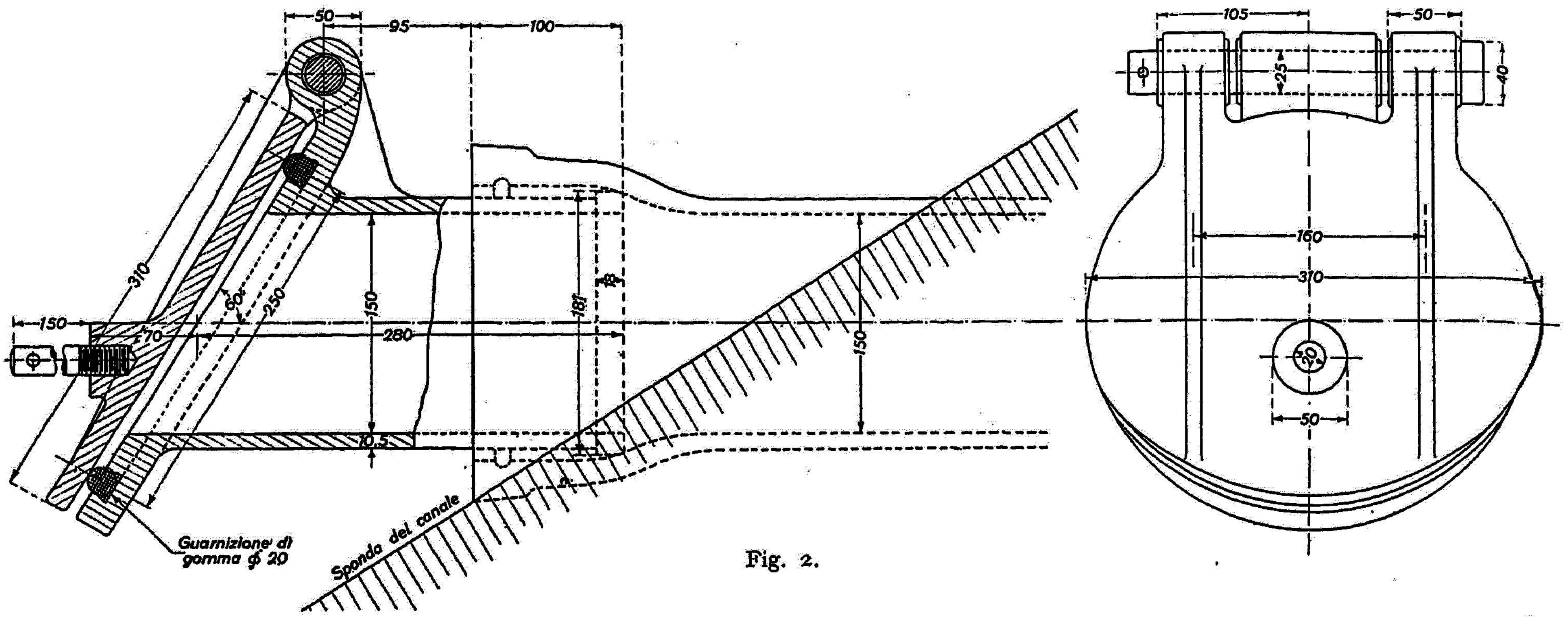



Fig. 2.

In entrambe le sponde, in corrispondenza delle zone soggette allo stillicidio, vennero effettuati dei drenaggi in pietrame a secco dello spessore di parecchi metri, disposti a gradoni ed incassati lateralmente nel terreno solido, in modo da circoscrivere il contorno del banco. Lo schizzo della fig. 1, più ancora che una dettagliata descrizione, può dare una idea della disposizione dei drenaggi.

Sopra i gradoni furono battute delle platee di argilla dello spessore di circa cm 20, e su queste vennero collocati dei comuni tubi di ghisa da mm 150, a cordone e bicchiere, posti in modo da costituire, attraverso lo spessore del rivestimento del canale, una comunicazione tra i drenaggi e il canale stesso (fig. 2).

In corrispondenza della bocca dei tubi, rivolta al drenaggio, venne creato, con sassi disposti a secco, un piccolo vano per favorire il richiamo delle acque. Questo vano non ha l'ampiezza nè la forma regolare risultanti dal disegno, ove era stata prevista l'applicazione di una scatola metallica forata che all'atto pratico fu ritenuta superflua.

Stabilita così la comunicazione tra il drenaggio ed il canale, attraverso i tubi, per impedire che questi costituissero delle

in posizione di chiusura. Con il canale pieno, al peso del coperchio, viene ad aggiungersi, inoltre, la pressione dell'acqua, assicurando così una maggiore aderenza contro la guarnizione.

Sul coperchio della valvola era stato previsto un perno onde permettere l'applicazione di uno zavorramento complementare, qualora il solo peso del coperchio fosse stato insufficiente; ma la precauzione è risultata superflua.

A canale vuoto è sufficiente una limitatissima pressione da parte dell'acqua accumulata dietro il rivestimento del canale per sollevare il coperchio e permettere il libero scarico dell'acqua stessa.

Una leggera cappa di cemento, armata con rete metallica, protegge le valvole da eventuali depositi fangosi, che potrebbero ostacolarne il funzionamento.

Le numerose esperienze eseguite durante le prove di tenuta del canale hanno dimostrato che i dispositivi adottati rispondono perfettamente.

Certamente, dopo un certo periodo di tempo sarà necessario provvedere al ricambio delle guarnizioni di gomma.

---

## ERRATA - CORRIGE

All'articolo dell'ing. Frediani dal titolo «Le caratteristiche delle macchine elettriche funzionanti su lunghe linee di trasmissione dal punto di vista del costruttore e dell'esercente» pubblicato nel numero di settembre de *L'Energia Elettrica*, si devono portare le seguenti correzioni:

*a*) Nel testo e nelle fig. 8, 9, dev'essere sempre posto I, E, V, invece di: *I*, *E*, *V*.

*b*) Pag. 780-781. Invece di $v = \frac{1}{\sqrt{l_c}}$ si ponga $v = \frac{1}{\sqrt{l_c}}$

*c*) Pag. 781, 2ª colonna, formula del 6° rigo. Invece del segno uguale (=) si ponga il segno meno (—).

*d*) Pag. 782, 1ª colonna, formula del 3° rigo. Invece del segno meno (—) si ponga il segno uguale (= .

*e*) Pag. 783. L'espressione (4) dev'essere scritta come segue:

$$V_{II} + \Delta V_{II} + \Delta V_0 \frac{I_{c\,vII}}{I_B}$$

essendo $I_{c\,vII}$ la corrente ecc.

*f*) Pag. 784, 1ª colonna, righi 18 e 24. Dopo la parola trasformatore, inserire: riduttore.

ING. ANGELO STEINER
DIRETTORE DEI LAVORI DELLA SOC. FORZE IDRAULICHE DELLA SILA

# Gli impianti idroelettrici della Sila

*(Continuazione e fine, vedi Fascicoli VII e XI, Vol. IX, Luglio e Novembre 1932, pagg. 573 ÷ 593 e 962 ÷ 1002)*

## CAPITOLO IV

## NOTIZIE SULLA COSTRUZIONE DELLE OPERE DI DERIVAZIONE DELL'ARVO

Riteniamo interessante dare in questo Capitolo una descrizione dettagliata dello svolgimento dei lavori e dei procedimenti costruttivi adottati per le opere di derivazione dell'Arvo, che per le loro particolari caratteristiche si distinguono sensibilmente da analoghe costruzioni finora eseguite in Italia. La diga è infatti la maggiore del tipo in terra e la galleria è notevole per la lunghezza della tratta che traversa il Montenero senza attacchi intermedi (quasi 5 km) e per le fortissime venute d'acqua che ne ostacolarono la perforazione.

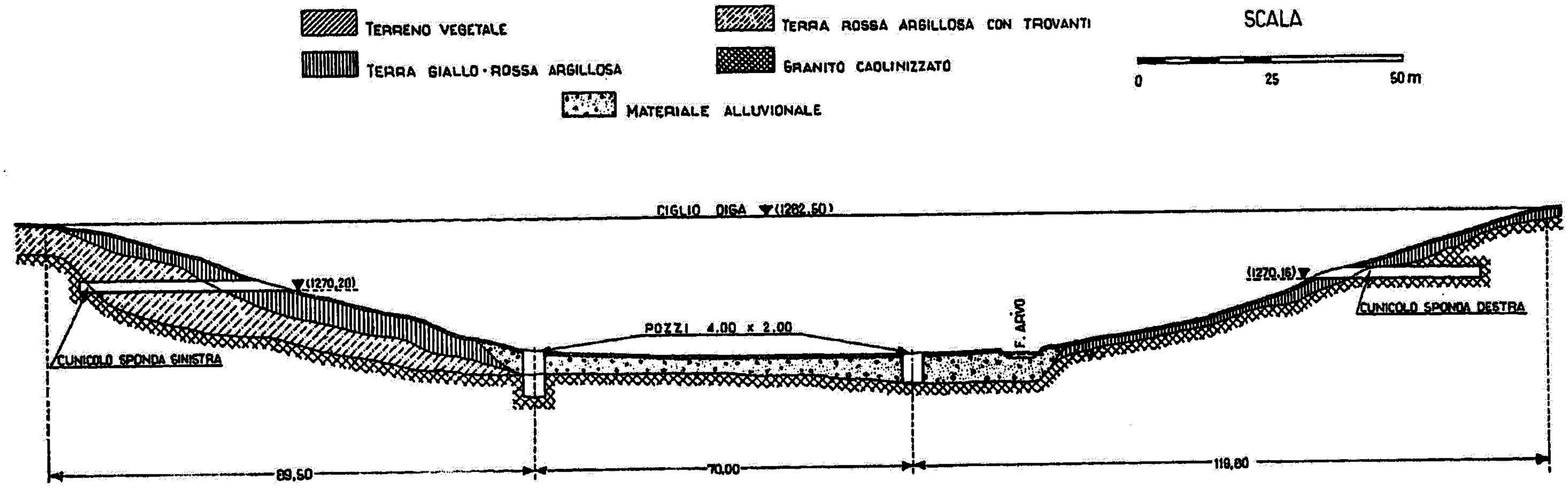



Fig. 1. - Sezione della stretta di sbarramento. - Cunicoli e pozzi di assaggio.

### *A*) DIGA IN TERRA DI NOCELLE.

#### 1) PREMESSE.

Abbiamo accennato nel Cap. I i motivi per i quali fu prescelto per la diga di sbarramento dell'Arvo il tipo in terra e abbiamo indicate le caratteristiche principali della struttura, nella descrizione del Cap. II.

Poichè per la costruzione era previsto un fabbisogno di circa 300 000 mc di terra comune e di argilla, prima di iniziare i lavori, oltre a praticare nella località che si presentava topograficamente come più adatta per lo sbarramento, vari cunicoli e pozzi di sondaggio (fig. 1) si provvide anche ad estendere nella zona la ricerca delle terre occorrenti ed a studiarne le caratteristiche

Negli alti bacini Silani, dei quali abbiamo già indicato la configurazione generale, i coni di deiezione degli affluenti laterali sono sempre di modesta ampiezza e coperti di humus. Il granito decomposto, che domina nella regione, ha dato un aspetto particolare a queste valli, dove a perdita d'occhio non esiste uno sperone roccioso; i fiumi hanno poca ghiaia e non trasportano materiali.

La conca dell'Arvo offre essenzialmente tre varietà di terre e di materiali che possono esservi assimilati: terre argillose propriamente dette, esistenti in banchi sui fianchi della valle; graniti decomposti più o meno frammischiati alle terre argillose; infine, materiali alluvionali, componenti i coni di deiezione e lo strato che, coperto di abbondante vegetazione di erbe palustri, forma il fondo della valle.

Questi ultimi materiali sono costituiti da sabbie, ghiaie, ciottoli, con larghe lenti sabbio-argillose, elementi che, mescolati assieme (scartando i grossi ciottoli) risultano assai adatti per la formazione di un rilevato di caratteristiche non molto impermeabili.

Le qualità di terre sopra distinte sono profondamente differenti tra di loro e, prese ciascuna per conto proprio, sono: o troppo argillose, o poco consistenti, o poco impermeabili. Per sfruttarle tutte nel miglior modo, fu decisa la costruzione di una diga con nucleo centrale di terra argillosa, e due contronuclei di terre meno argillose, formando i due massicci a monte e a valle col materiale alluvionale.

Furono eseguite indagini e studi su tutti questi materiali ed un cenno di tali studi sarà fatto nel paragrafo 4°.

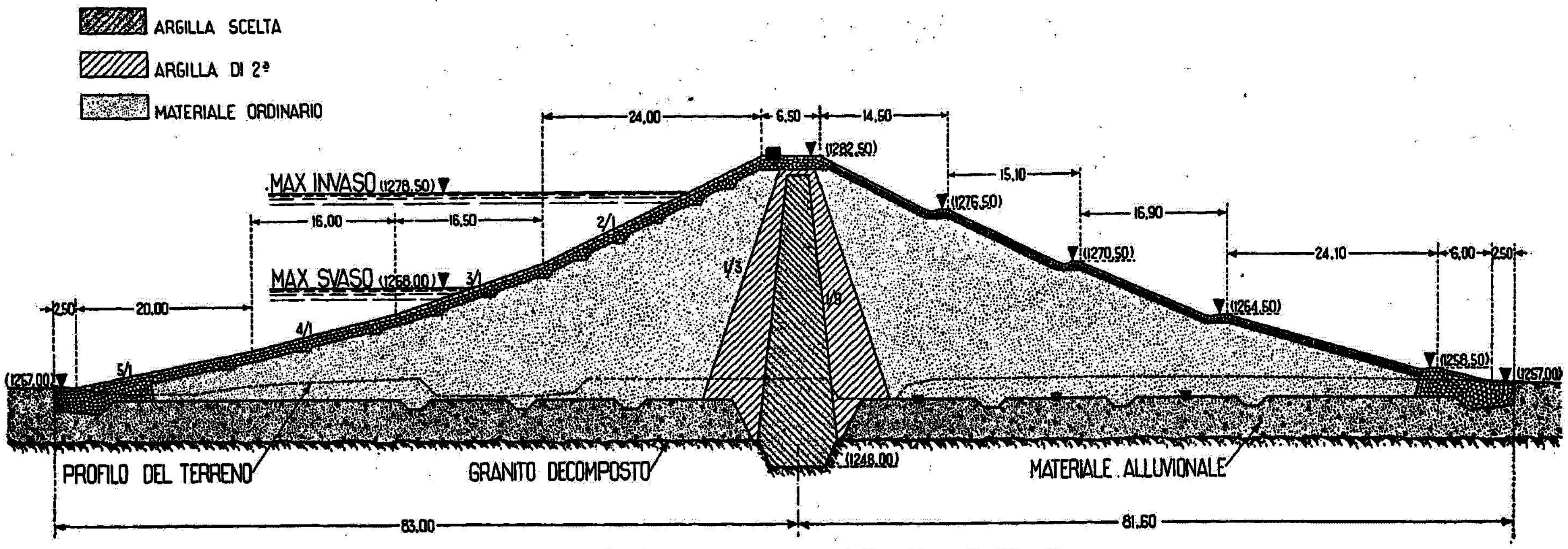



Fig. 2. - Sezione di progetto della diga di Nocelle.

Il progetto della diga è rappresentato dalla fig. 2 e non richiede particolari descrizioni; vedremo in seguito le varianti introdotte, che risultano dal confronto con la fig. 32 (Cap. II, pag. 587) e che furono di poca entità.

2º) Svolgimento dei lavori.

Il periodo lavorativo possibile per un'opera del genere sull'Altipiano va da giugno a metà ottobre, giacchè all'inizio delle piogge il lavoro viene impedito nel modo più assoluto; peggio se in ottobre sopravvengono, come spesso accade, gelate notturne. Anche in primavera, finchè il terreno non è sgombrato dalle nevi ed abbastanza asciutto, non è possibile lavorare.

Nel giugno 1927 furono iniziati gli sbancamenti per la fondazione della diga, che era prevista per la massima parte sullo strato alluvionale del fondo valle; il diaframma di argilla avrebbe dovuto penetrare invece, per circa tre metri, nel granito decomposto. Sui fianchi il rilevato doveva fondarsi sul granito caolinizzato o sulle argille in posto affioranti, salvo naturalmente l'approfondimento del nucleo (fig. 2).

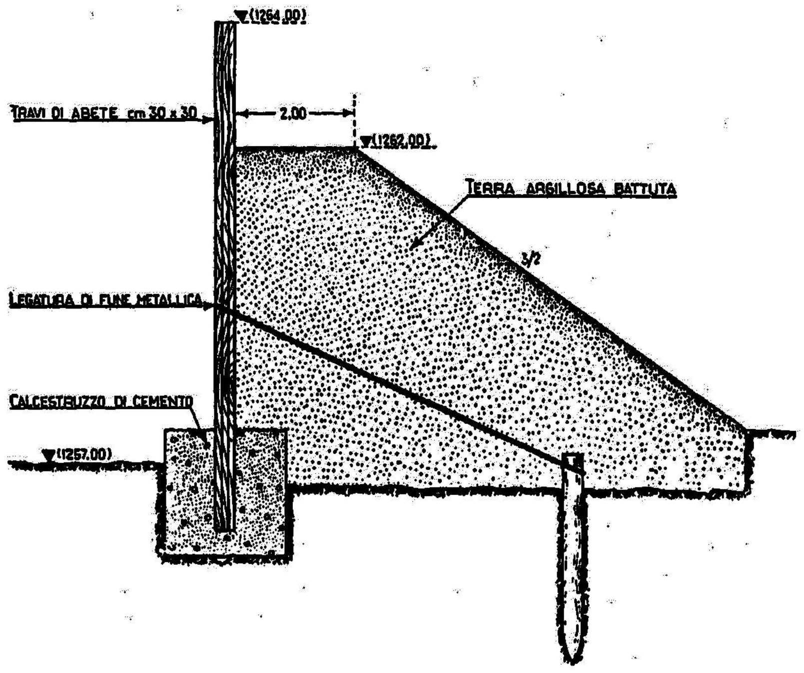
Nella prima stagione lavorativa, non essendo ancora eseguita la deviazione del fiume, gli scavi furono forzatamente di poco conto e vennero sospesi in ottobre; frattanto, durante tutto l'inverno 1927-28, si lavorò alla costruzione della traversa provvisoria di deviazione (1) (figg. 3 e 4) e alla perforazione della galleria di scarico, che doveva servire per convogliare a valle della diga le acque dell'Arvo, durante il corso dei lavori.

Il cantiere di costruzione, che si andò organizzando completamente entro questa stagione, ebbe la disposizione generale rappresentata nella figura 5; la dislocazione dei mezzi e del personale, pure mutando poi nei dettagli, è rimasta sostanzialmente invariata fino al termine dell'opera.

L'organizzazione non era in sè stessa complicata, ma esigeva un ritmo di lavoro assai preciso, per consentire la posa in opera di forti quantitativi di terre: il minimo incidente era causa di lunghi ritardi. Così la cura del binario era continua e si trovò, dopo qualche studio, che conveniva applicare ai vagonetti ruote di diametro maggiore dell'ordinario per eliminare i facili deragliamenti che facevano perdere un tempo prezioso. Tutto l'insieme delle operazioni doveva procedere con assoluta regolarità e con esatto orario: questa era la sola, ma non piccola, difficoltà da superare.

(1) Questa traversa era un'opera abbastanza importante, dovendo garantire una ritenuta di circa m 6 e risultando lunga in cresta m 185. Essa fu costruita in terra utilizzando il granito decomposto proveniente dagli scavi di galleria; il paramento a monte fu eseguito verticale e protetto contro l'azione delle onde da un manto in legname formato con travetti verticali di cm 30 × 30 collegati ad incastro.

Nulla di speciale occorre dire per quanto si riferisce ai macchinari normali: escavatori, argani, locomotive, ecc. Una parola invece sui rulli: per la diga furono approvvigionati dap-




Sig. 3. - Sezione della traversa provvisoria.

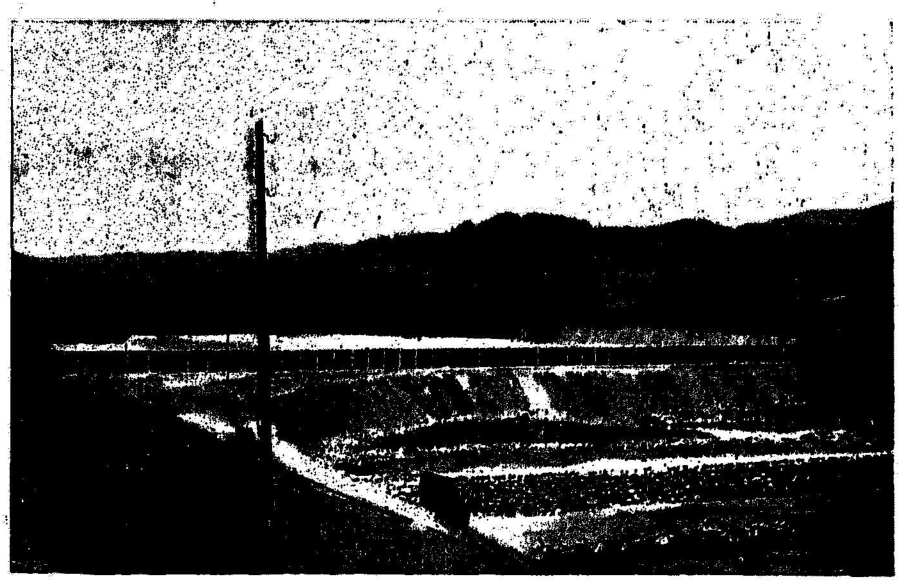


Fig. 4. - La traversa provvisoria di derivazione.

prima due e poi un terzo compressore (1) da 4 tonnellate con motore a benzina; essi avevano i rulli scanalati come appare dalla fig. 6 e la pressione esercitata sul terreno, per effetto della sezione cuneiforme dei risalti, variava da 0 a circa 15 kg/cmq (v. schema fig. 7).

(1) Si constatò, durante il lavoro, la necessità di destinare un compressore speciale alla rullatura delle argille, perchè, passando dalle terre comuni al nucleo, il compressore tendeva ad includere fra gli strati di argilla qualche velo di sabbia che rimaneva aderente ai rulli.

Il lavoro dei rulli fu ottimo; in una giornata lavorativa un compressore poteva rullare, a seconda delle condizioni del terreno, da 500 a 2000 mq di materiale posato in cordoli

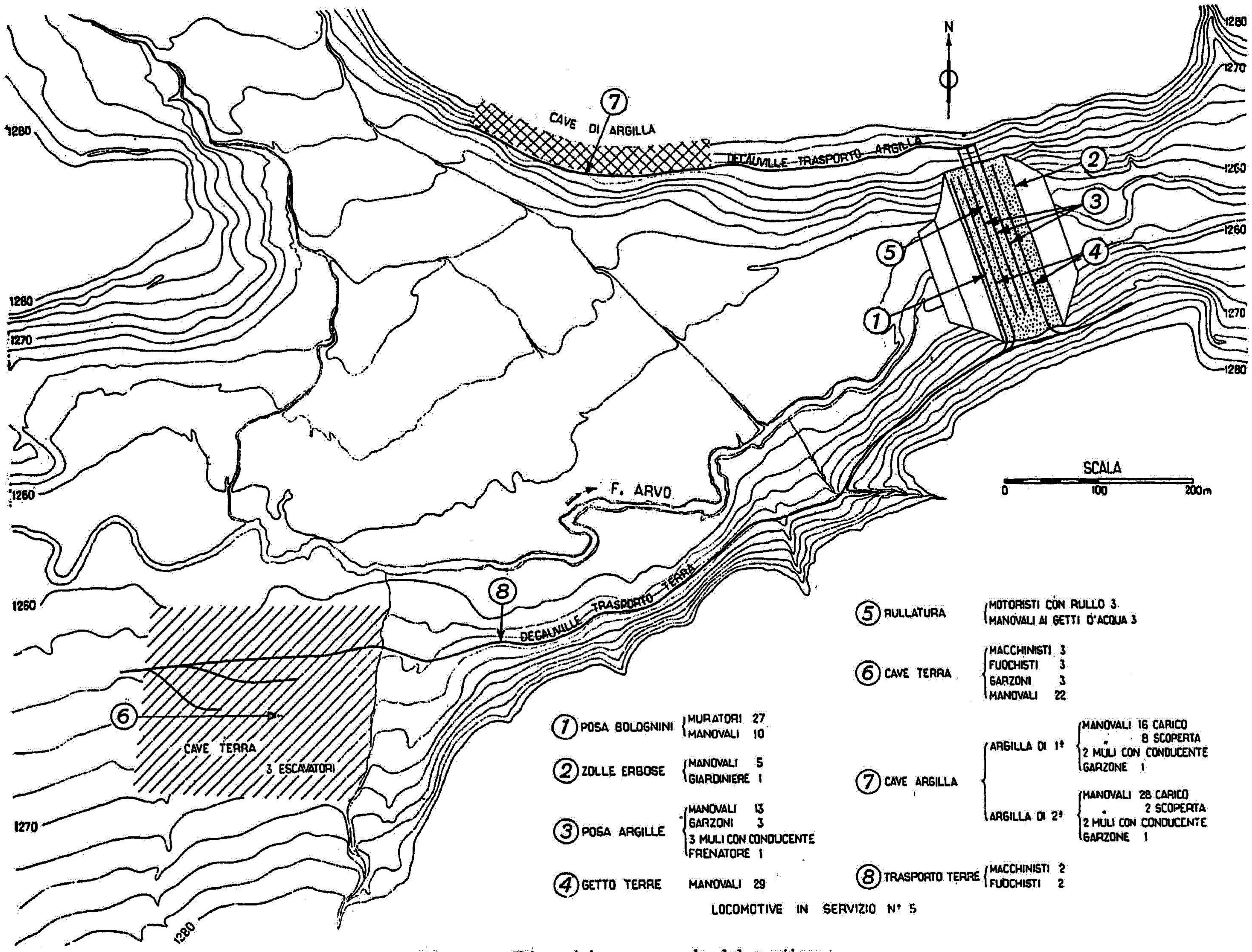



Fig. 5. - Disposizione generale del cantiere.

di cm 30. Queste macchine costituivano poi un ottimo mezzo per trainare i vagonetti di terra sulla diga, ove le locomotive non si potevano inoltrare perchè il binario, in continuo movimento, era posato molte volte su terreno cedevole che non avrebbe potuto sostenerne il peso; servivano anche a disincagliarsi l'un l'altro in caso di affondamento e a disincagliare i vagonetti deragliati. Dettagli che possono a prima vista apparire di poco conto, ma che nella costruzione assumono invece notevole importanza.

Lo sbancamento generale fu attuato con due escavatori a cucchiaia, mentre la trincea per il diaframma principale fu eseguita a mano (figg. 8 e 9).

Lo sbancamento fu limitato alla profondità di circa due metri, asportando la copertura costituita da humus e da limo, fino a mettere a nudo ed incidere lo strato alluvionale che copriva il granito decomposto: nel materiale alluvionale (che non era molto differente da quello che avrebbe costituito il massiccio dell'opera) furono scavate alcune trincee trasversali allo scopo di collegare meglio col terreno il rilevato della diga. Nel fare lo sbancamento si trovarono sui lati alcune leggere venute d'acqua, che a monte del nucleo furono poi accecate completamente con la posa del rilevato, mentre a valle furono raccolte dal sistema di drenaggi descritto al Cap. II.

La trincea di fondazione del diaframma principale, attraversando il materiale alluvionale fino a mettere a nudo il granito decomposto, fu quindi incisa in questo per oltre tre metri. Il granito trovato sul fondo era ottimo: di consistenza quasi saponacea, di colorazione chiara con macchie nero-verdastre, si tagliava facilmente col coltello e si presentava continuo ed uniforme con sottili peli di distacco, da taluni dei quali filtrava un po' d'acqua.

Queste piccole filtrazioni furono cagione di molti fastidi, perchè, approfondito tutto il taglione, le venute d'acqua risultarono numerose e diffuse (per quanto complessivamente

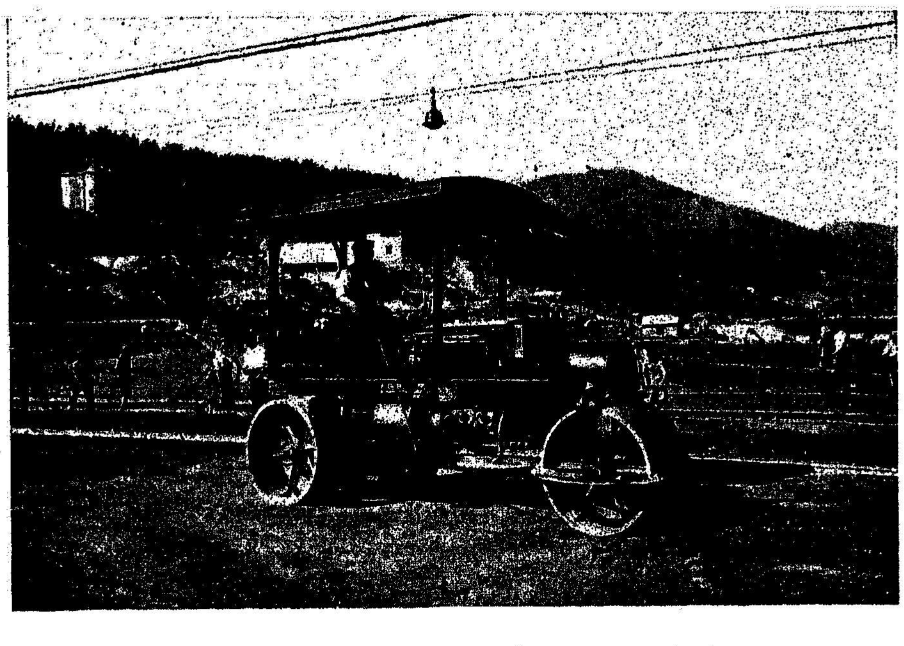


Fig. 6. - Rullo compressore - Vista anteriore.

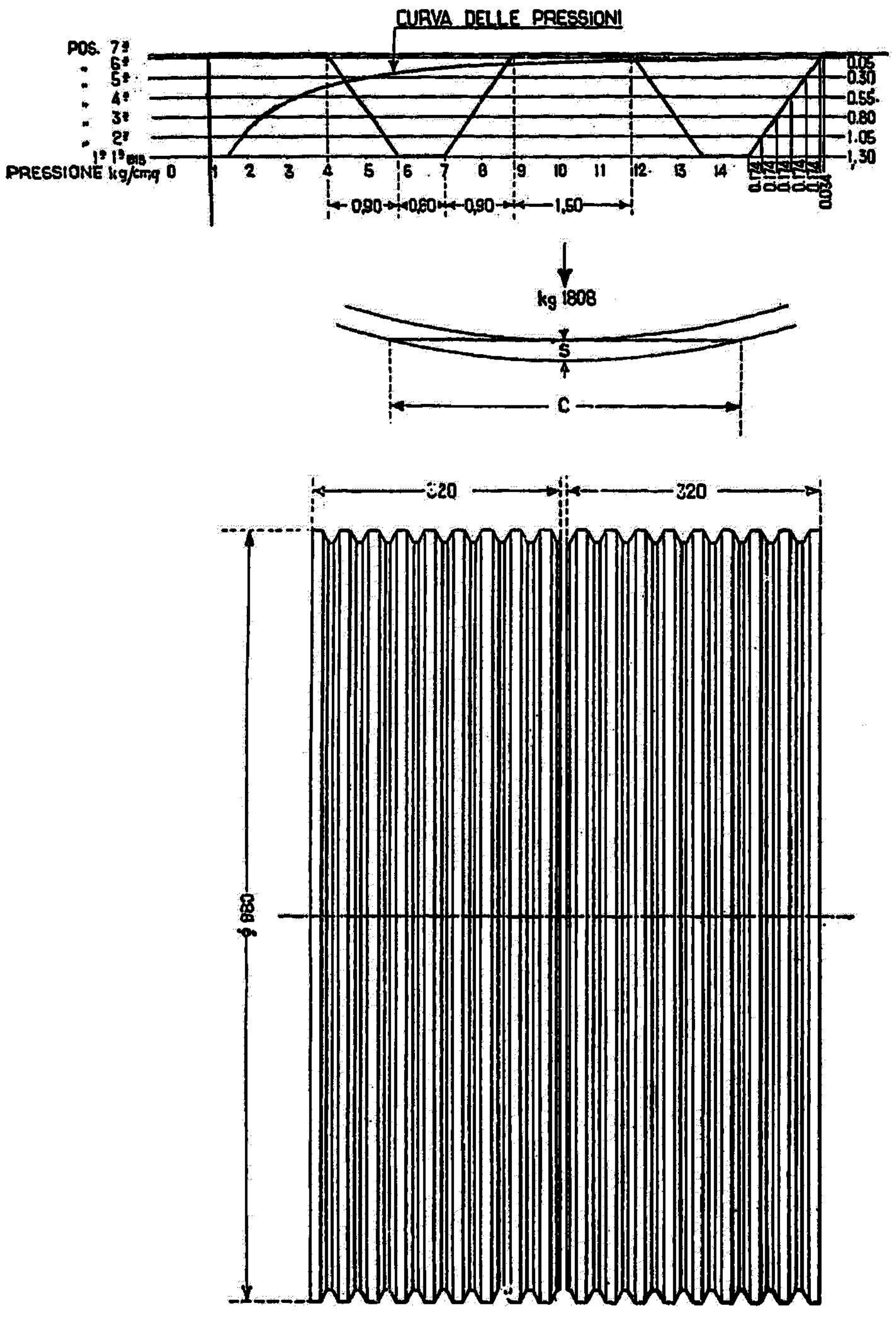



Fig. 7. - Diagramma per il calcolo della pressione esercitata dai rulli.

| Posizione | Freccia s = cm | Corda c = cm | Intersezione piano verticale diametrale rullo con piano appoggio cm | Superficie di appoggio a = cm² | Pressione unitaria 1808 / a Kg/cm² |
|---|---|---|---|---|---|
| Pos. 1ª | 1,30 | 22,40 | 64,00 | 1446,40 | 1,25 |
| » 1ª *bis* | 1,30 | 22,40 | 54,40 | 1229,44 | 1,47 |
| » 2ª | 1,05 | 20,10 | 48,83 | 988,65 | 1,83 |
| » 3ª | 0,80 | 17,60 | 43,26 | 765,70 | 2,36 |
| » 4ª | 0,55 | 14,63 | 37,69 | 553,29 | 3,25 |
| » 5ª | 0,30 | 10,80 | 32,13 | 347,97 | 5,19 |
| » 6ª | 0,05 | 4,40 | 26,56 | 116,90 | 15,46 |
| » 7ª | 0,00 | 0 | 25,5 | 0 | ∞ |

misurassero appena 7 litri al secondo), rendendo necessaria l'installazione di alcune pompe, onde mantenere asciutta e praticabile la trincea. La presenza dell'acqua, che si prevedeva avrebbe impedito la posa in opera all'asciutto dell'argilla e la rullatura di essa, fu oggetto di lunghe discussioni e di dubbi da parte del Servizio Dighe, che interruppero il lavoro per oltre un mese; infine prevalse il consiglio di non dare eccessivo peso a tale circostanza e di modificare soltanto opportunamente il sistema di posa dell'argilla, come sarà detto più oltre.

Intanto che si compieva il getto dell'argilla nella trincea di fondazione, furono iniziati i muri a secco di unghia a monte ed a valle e costruiti i drenaggi di progetto (1) (figg. 10 e 11).

Eseguiti i muri d'unghia, si cominciò il trasporto del materiale terroso ordinario, che, portato in opera mediante vagonetti, veniva disteso a strati di cm. 30 circa e rullato. La superficie rullata era innaffiata regolarmente ed il lavoro procedeva per strati sovrapposti, inclinati dagli estremi verso il centro, con il

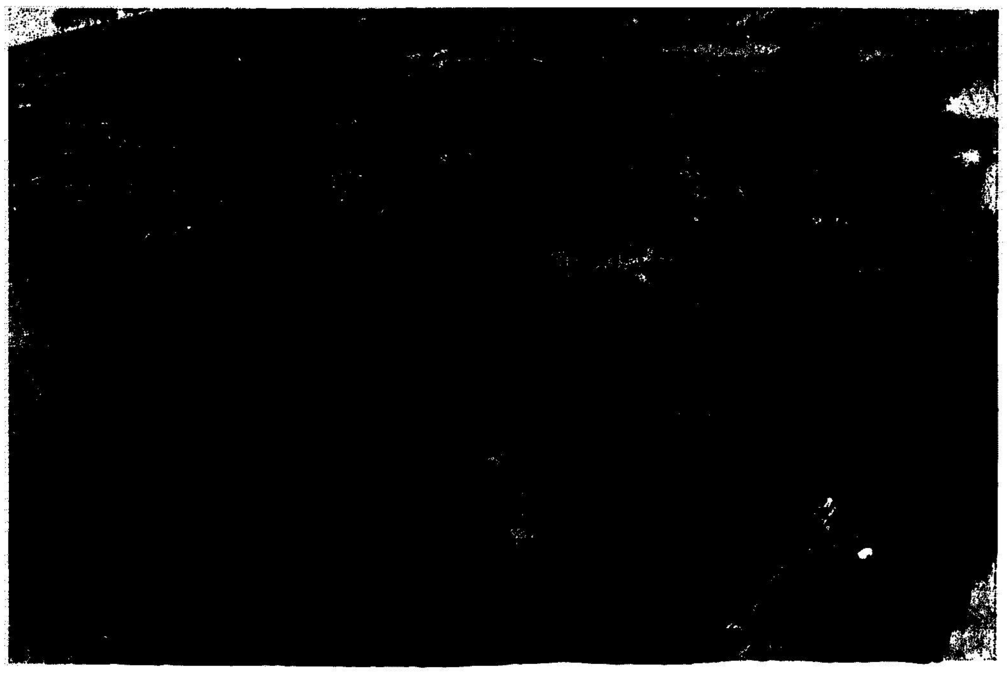


Fig. 8. - Scavo della trincea di fondazione del nucleo.

2-3% di pendenza. Quando fu ultimata la gettata delle argille del nucleo nella trincea di fondazione, si iniziò pure regolarmente la posa in opera delle argille meno ricche (argille di 2ª) per i contronuclei. Così tutta la parte centrale si portò fuori terra e il massiccio della diga cominciò a sorgere dalle fondazioni.

Il lavoro eseguito alla fine del 1928 risulta dal profilo segnato nella fig. 12 e il volume totale corrispondente, come indica il diagramma fig. 13, era di mc 44 000.

La stagione 1929 si aprì con tutto il cantiere completamente attrezzato, ma fu particolarmente disgraziata. Anzitutto, il

Fig. 9. - Imposta destra della trincea.

prolungarsi dell'inverno portò lo scioglimento delle nevi a maggio: i terreni rimasero bagnati lungamente e le condizioni in-

(1) Siffatti drenaggi sono imposti nel regolamento Dighe nel caso che la parte di rilevato a valle del nucleo centrale sia permeabile ed effettivamente nel caso dell'Arvo vista l'eterogeneità del materiale che si trovava nelle cave, non si era fatto nessun affidamento sulla impermeabilità di esso. In realtà, fu poi trovato che detto materiale era abbastanza impermeabile, ma i drenaggi furono egualmente mantenuti. Essi però, poichè le perdite della diga sono inapprezzabili, si limitano a raccogliere le piccole venute d'acqua che si trovavano nello sbancamento e che probabilmente si sarebbero accecate col materiale sovrapposto, come è avvenuto a monte.

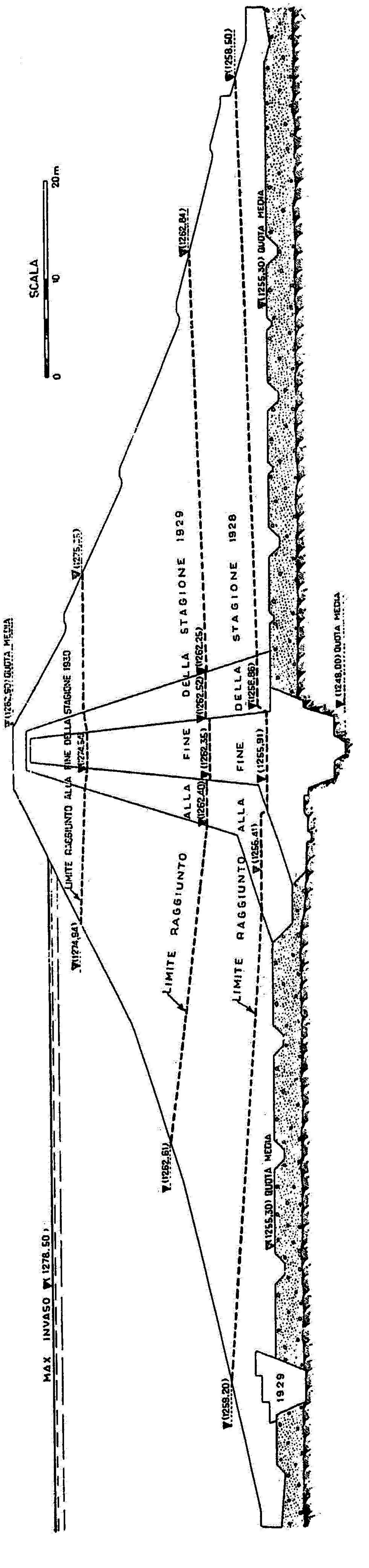



Fig. 12. - Profilo della diga con le quote raggiunte nelle varie stagioni lavorative.

dispensabili per l'inizio del lavoro si verificarono assai tardi: successivamente il Servizio Dighe del Ministero dei LL. PP. impose una variante costruttiva alla diga, che importò un ulteriore rinvio del lavoro normale.

Fig. 10. - Muro d'unghia a valle.

Come abbiamo detto, il materiale terroso messo in opera, malgrado che l'aspetto delle cave fosse alquanto sfavorevole (figura 14), risultò nel complesso assai migliore di quanto si supponeva (1). Il massiccio della diga, formato con questo materiale, era appoggiato sul banco alluvionale del fondo valle, abbastanza ricco di argille ed avente composizione media non

Fig. 11. - Tubi di raccolta dei drenaggi.

molto diversa. Tuttavia, poichè non poteva escludersi che questo banco contenesse lenti di ghiaia e di sabbia, o comunque presentasse difetti di compattezza, il Servizio Dighe stimò prudente aggiungere un taglione di guardia anteriore. Questa modifica che, benchè forse superflua (2), aumentò senza dubbio le garanzie di tenuta, ritardò notevolmente la costruzione della diga, intralciando tutto il lavoro.

Lo scavo della trincea per il taglione anteriore giovò a mettere in evidenza la compattezza della terra posta in opera, che costituiva un massiccio solido ed uniforme (fig. 15).

Alla ripresa del lavoro nel '29 apparve poi una notevole difficoltà, costituita dall'approvvigionamento dei materiali per i muri d'unghia e sopratutto per la copertura del paramento a

(1) In pratica con gli escavatori a cucchiaia, che scavavano dal basso all'alto, si riusciva, con qualche accorgimento, a fare una mescolanza omogenea e di discrete caratteristiche granulometriche.

(2) Le eventuali travenazioni nel banco alluvionale sarebbero infatti state trattenute, in ogni caso, dal nucleo centrale, il cui spessore era tale da garantire con sicurezza l'impermeabilità.

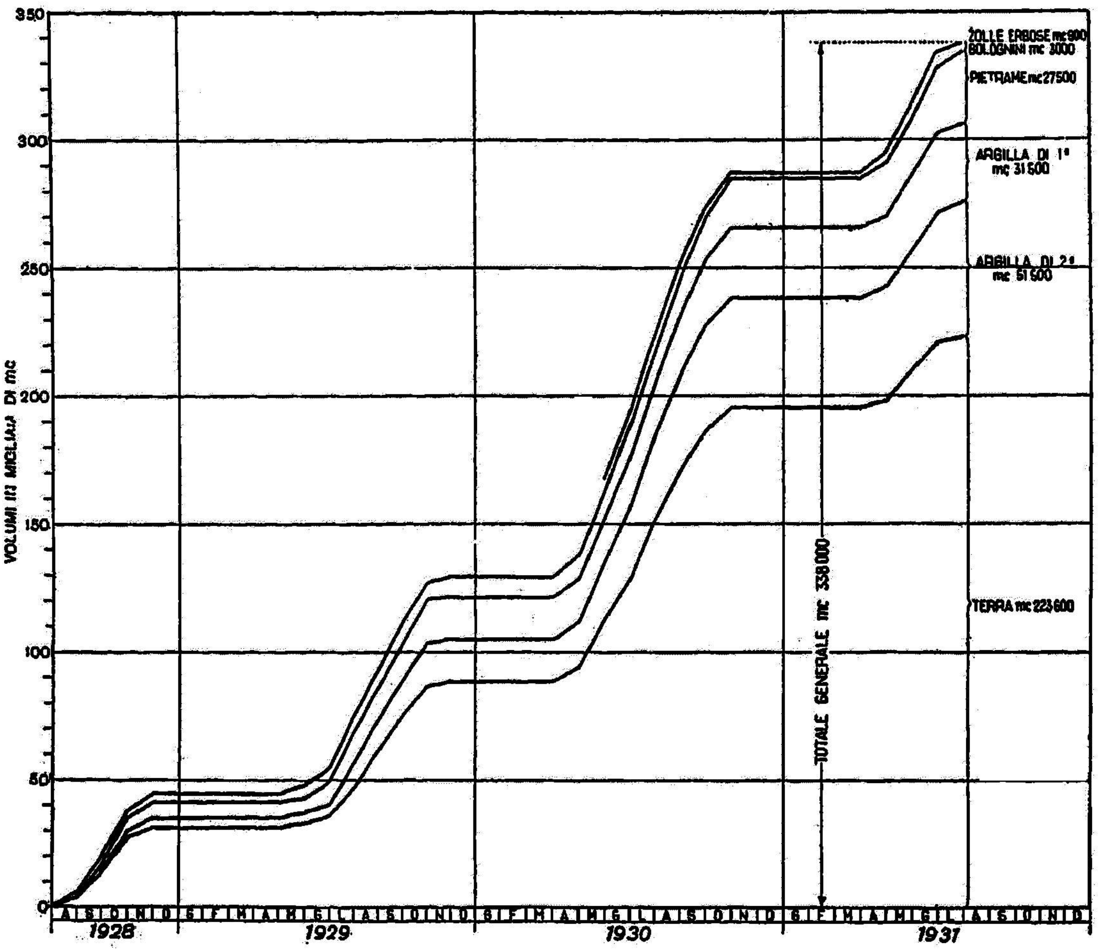



Fig. 13. - Diagramma di posa in opera dei materiali.

monte. Il materiale proveniva da una cava situata circa 1,5 km a valle dell'opera e, in piccola parte, da una discarica di galleria. Il pietrame di galleria era buono, ma di pezzatura

Fig. 14. - Cave della terra ordinaria.

alquanto piccola; dalla cava invece si poteva avere pietrame in grossa pezzatura, ma con uno scarto enorme; inoltre, questo

Fig. 15. - Trincea per il taglione anteriore.

pietrame (gneiss a mica nera, con principio di decomposizione dei feldspati) era di lavorazione difficilissima. In genere sull'Altipiano della Sila non si trovano rocce stratificate (salvo i micascisti e le filladi, che sono, d'altra parte, inutilizzabili come materiale da costruzione); la cava in parola, che era l'unico sperone roccioso su una ventina di chilometri di valle, dava blocchi a fratture concoidi e contorte.

La copertura del paramento a monte aveva naturalmente lo scopo di difendere la diga dal moto ondoso, che sui laghi Silani, ampi ed esposti a forti venti, è di notevole entità (1). Era quindi necessario che il rivestimento presentasse il minimo possibile di discontinuità e fosse formato, per la parte esposta all'urto delle onde, da elementi di dimensioni abbastanza grandi.

Col pietrame disponibile si tentò di eseguire il rivestimento nel miglior modo possibile (fig. 16); con tutto ciò esso non riuscì molto compatto, e principalmente si rivelò di esecuzione assai lenta, che non avrebbe potuto procedere col ritmo necessario, in particolare nella parte alta dove, a parità di volume di terra posto in opera, la superficie da ricoprire diveniva sempre più ampia. Durante tutto il 1929, prevedendo che non si sarebbe superata col rilevato la quota di massimo svaso del futuro serbatoio, si mantenne tuttavia invariato il tipo del rivestimento.

La stagione lavorativa, a causa delle varie difficoltà indicate e malgrado che il cantiere fosse, come abbiamo detto, allestito per intero, potè dare solo un rendimento abbastanza modesto (v. figg. 12 e 13); il volume totale posto in opera fu infatti di 86.000 mc e la diga si presentava, alla sospensione del lavoro, come alla fotografia fig. 17.

La stagione 1930 fu invece ottima; iniziata per tempo, non

Fig. 16. - Rivestimento in pietrame al piede del paramento anteriore.

ebbe incidenti ed il lavoro potè svolgersi col massimo profitto; tutto l'insieme del cantiere funzionò nel modo più regolare.

Al principio di questa stagione fu deciso di cambiare il tipo di copertura del paramento a monte, adottando bolognini di calcestruzzo di cm 30 × 35 × 70, posati su di un letto di pietrame minuto, il quale a sua volta regolarizzava la superficie dello strato di pietrame costipato formante la parte anteriore del rilevato (fig. 18).

(1) Sull'Ampollino si osservano frequentemente onde di oltre un metro di altezza; sull'Arvo si è riscontrato che le onde risalgono talvolta per oltre tre metri sulla superficie inclinata del paramento a monte della diga.

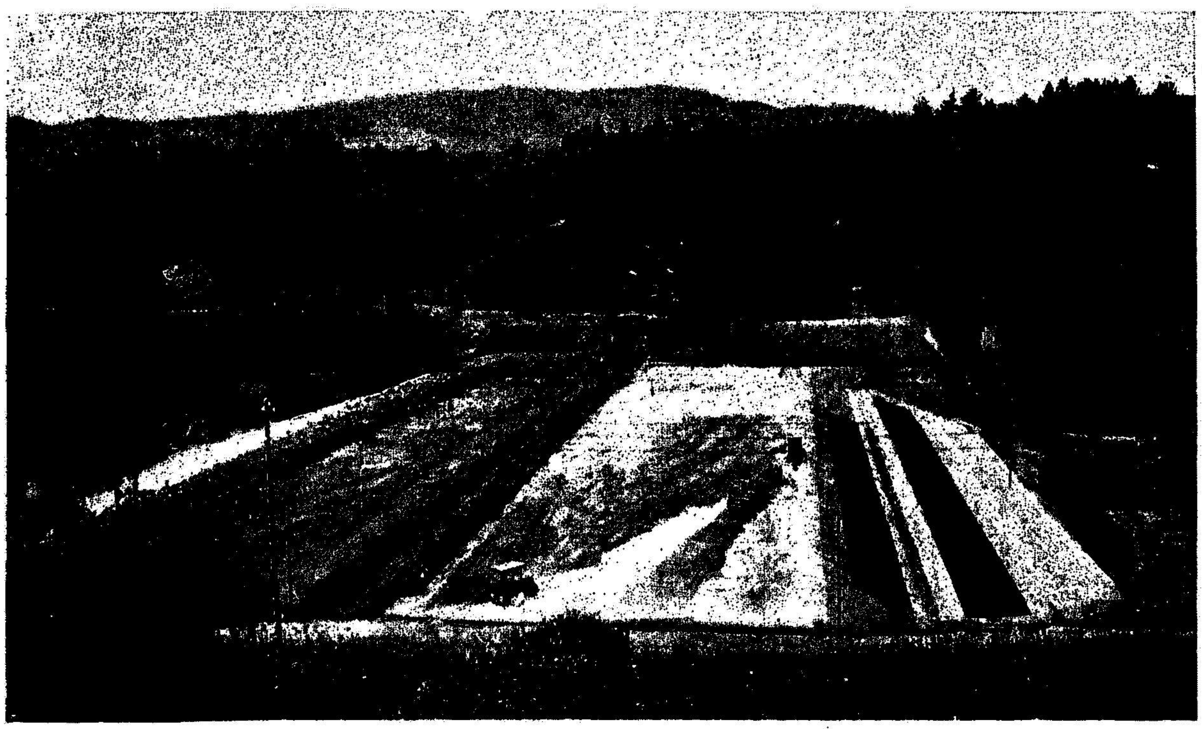


Fig. 17. - Vista della diga alla fine della stagione 1929.

Questo rivestimento si mostrò del tutto soddisfacente; la posa in opera, rapida e sicura, non intralciò mai il lavoro della diga e fu possibile, con un sistema di lavoro a cottimo, predisporre la provvista dei bolognini occorrenti e lasciarli stagionare bene (1).

Alla fine del 1930 la diga aveva raggiunto il profilo indicato alla fig. 12 ed il suo aspetto risultava come alla fotografia figura 19; il volume totale posto in opera nella stagione fu di 160 000 mc, con una media giornaliera di 760 mc.

Nell'inverno successivo, approfittando della sospensione del lavoro, furono fatti sondaggi nel nucleo argilloso per esaminare come si fosse costipata la parte bassa, gettata in acqua. Questi sondaggi arrivarono alla profondità di 26 m (cioè alla quota 48,70) con risultato ottimo (v. paragrafo 4°).

La stagione 1931 portò al completamento della diga e poichè contemporaneamente si era posto mano al montaggio delle paratoie dello scarico di fondo, il 13 giugno fu possibile chiudere le paratoie stesse ed iniziare l'invaso. Il 15 agosto la diga era finita completamente.

(1) A diga ultimata, i bolognini, che erano stati posti in opera con un certo gioco tra di loro per facilitare l'assestamento generale dell'opera, risultarono così serrati che non era possibile estrarli se non rompendoli.

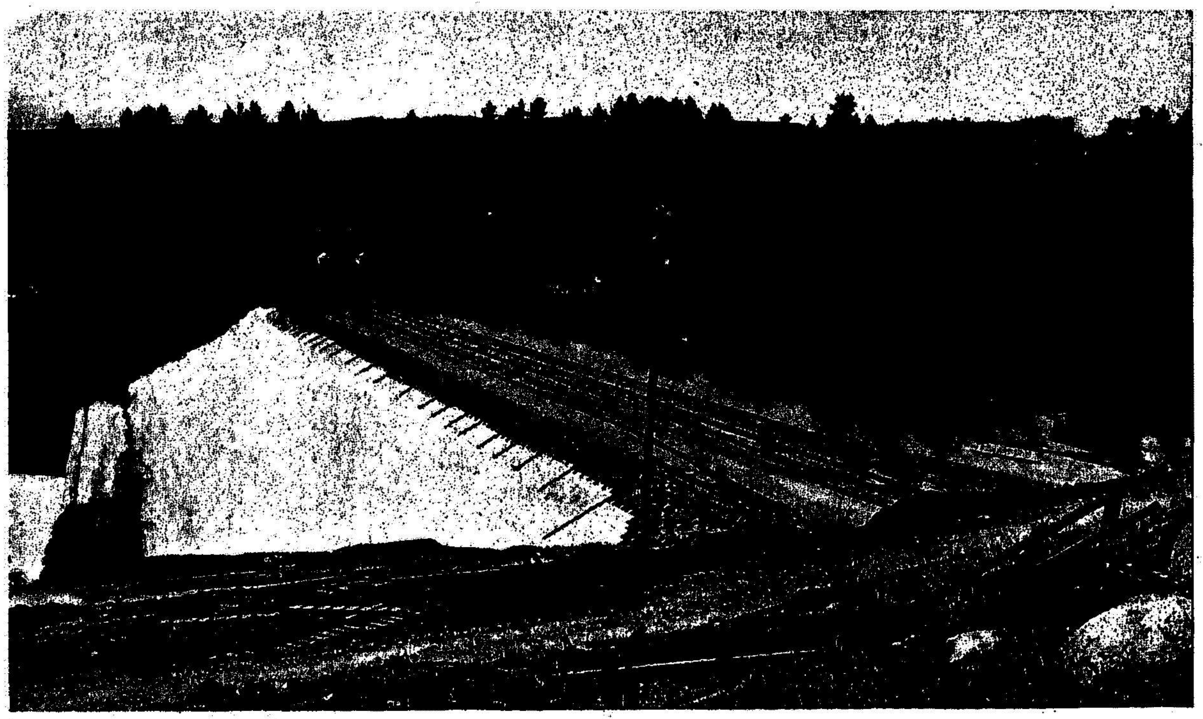


Fig. 19. - Vista della diga alla fine della stagione 1930.

### 3°) Modalità di esecuzione.

Le terre per il massiccio della diga erano messe in opera, come si è detto, a strati di 30 cm (1). Appena rovesciati i vagonetti, gli operai stendevano il materiale (fig. 20): i grossi sassi, che spesso vi si trovavano frammischiati, erano tolti a mano e servivano, se di buona qualità, per i rivestimenti e le cunette; se di cattiva qualità, erano scartati. I vagonetti vuoti erano trainati dai rulli fino alle locomotive ed il movimento era ordinato in modo che, non appena un treno vuoto fosse uscito dal piano della diga, un altro era pronto ad entrarvi, mentre nel frattempo gli operai stendevano il materiale.

Contemporaneamente si eseguivano gli scavi di fondazione sui fianchi, che venivano portati fino allo scoprimento delle terre argillose, o del granito decomposto, cioè ad una profondità di m 1-1,50 salvo, naturalmente, il maggior scavo per l'incastro del nucleo centrale di argilla.

I rulli, in genere, lavoravano lateralmente ai binari che portavano i vagonetti,

Fig. 18. - Applicazione del rivestimento con blocchetti di calcestruzzo sul paramento a monte.

(1) Vi era sempre tendenza, da parte degli operai, ad aumentare lo spessore degli strati; ma la presenza dello strato inferiore ben rullato rendeva facile il controllo, che veniva fatto sistematicamente.

o, preferibilmente, su zone già preparate ove ogni altro lavoro era sospeso; talvolta, per questa ragione, si eseguiva la rullatura oltre l'orario di lavoro, la mattina presto o la sera.

I treni erano composti di circa 32 vagonetti della capacità nominale di mc 0,75; questi in realtà non erano colmi regolarmente, essendo difficile con un escavatore fare un riempimento del tutto uniforme, ed in media contenevano tanta terra quanta era sufficiente per dare al massimo 0,50 mc di materiale rullato sulla diga (v. paragrafo seguente).

Fig. 20. - Posa in opera delle terre comuni.

Teoricamente si sarebbero dovute mettere le terre migliori a monte e le peggiori a valle; ma ciò era ben difficile perchè, mentre non era agevole farsi ad occhio una ragione della maggiore o minore bontà delle terre, una simile scelta avrebbe poi intralciato il lavoro. Si fece il possibile per ottenere una certa selezione, ma in complesso i due massicci a monte e a valle risultarono di caratteristiche sensibilmente uguali (figg. 31 e 32).

Le terre erano innaffiate costantemente, sia durante il rullamento, che dopo ed a tale effetto si avevano tre lance innaffiatrici continuamente in funzione. Come è noto, l'acqua costituisce un efficace aiuto per la costruzione delle dighe in terra e l'impiego razionale di essa è indispensabile per ben eseguire il lavoro; per contro, un eccesso d'umidità è di gravissimo danno. Basta, anche in piena estate o in autunno, un'acquazzone di poche ore, per interrompere il lavoro per un giorno od anche più a lungo, se l'acqua cade sul materiale non rullato (1).

Eseguito il rullamento, venivano tolti i pochi grossi sassi che fossero rimasti (e che questa operazione poneva in evidenza) ed il piano di posa era pronto per un nuovo strato. La tolleranza consentita per le dimensioni dei ciottoli ammessi nel massiccio della diga, era fino a 10 cm a monte e fino a 20 cm a valle del diaframma centrale di tenuta (2).

Le argille venivano da una cava completamente distinta da quella delle terre ed assai più vicina alla diga: esse erano scavate a mano e la posa in opera doveva effettuarsi a strati di cm 20; il trasporto dei vagonetti veniva eseguito a trazione animale.

Iniziata la posa nella trincea di fondazione del nucleo si riscontrò subito che essa era praticamente inattuabile col metodo previsto nel progetto. Impossibile era, infatti, mettere in opera l'argilla sul fondo della trincea e rullarla, in presenza d'acqua; mentre il costiparla o batterla a mano non dava sufficiente garanzia. Alcuni tentativi di compressione fatti con rulli leggeri trainati da argani, tenendo in funzione pompe di esaurimento, fallirono, perchè durante questo lavoro le acque si intorbidivano grandemente e le pompe si disadescavano con grande frequenza.

In seguito alle indagini svolte in collaborazione col Servizio Dighe, riconosciutosi che il granito decomposto di fondazione era da considerarsi del tutto impermeabile in massa (come dimostrava il fatto che tutte le gallerie in esso perforate erano risultate perfettamente asciutte, mentre cominciavano ad aversi venute d'acqua allorchè le rocce erano meno alterate o si incontravano intercalazioni di straterelli di rocce dure e fessurate) e che le acque filtranti senza pressione, dai minuti peli di distacco, sarebbero certamente state intercettate da argilla allo stato plastico, si stabilì di togliere le pompe e gettare l'argilla nell'acqua, lasciando che si costipasse per decantazione.

Si ritenne tuttavia conveniente di costituire una più ampia superficie di imbasamento per le terre argillose ricche del nucleo (che chiameremo per semplicità argille di 1ª) e fu quindi deciso di denudare il granito decomposto anche sui due lati della trincea già eseguita, aumentando così notevolmente nella parte bassa lo spessore del nucleo centrale. La trincea prese l'aspetto indicato dalla figura 8 e il nucleo risultò modificato come appare nella fig. 32 del Cap. II, pag. 587.

Al sistema di posa semi-idraulico si opponeva (oltre qualche incertezza sulla sua buona riuscita) la difficoltà che, essendo lo scavo molto ampio e la potenzialità delle cave di argilla limitata, il lavoro avrebbe occupato parecchie settimane, durante le quali, entro la zona centrale della trincea, si sarebbe creato un invaso permanente, che avrebbe potuto provocare (come era già avvenuto durante le accidentali sospensioni di corrente alle pompe) frane sulle pareti, frammischiando, alle argille, lenti di materiale alluvionale in misura non controllabile. D'altronde, le pareti non si potevano sostenere con armature in legname, essendo indispensabile il contatto diretto dell'argilla del nucleo col granito decomposto.

In definitiva, si stabilì di suddividere la trincea in otto sezioni, lunghe una decina di metri, separate trasversalmente mediante setti in legname, e gettare l'argilla successivamente in ciascuno di questi comparti. Mentre si gettava l'argilla in un comparto, negli attigui si pompava, mantenendo il fondo all'asciutto; il sistema aveva il vantaggio che, al disarmo dei setti trasversali, si poteva controllare il costipamento dell'argilla (figg. 21 a 24).

Il lavoro riuscì perfettamente: l'argilla era spappolata nell'acqua e gli operai la riducevano ad un impasto omogeneo e plastico; guardando la superficie delle zone riempite, nelle quali a lavoro finito si affondava fino al ginocchio, si vedeva rifluire l'acqua proveniente dalle sorgive della trincea, formando piccoli crateri. Man mano che aumentava lo spessore dell'argilla, anche dove erano le maggiori venute d'acqua, questi piccoli crateri diminuivano, finchè si chiudevano completamente.

Una certa difficoltà si trovò quando si trattò di passare dalla posa dell'argilla in acqua a quella normale in strati leggermente umidi e rullati; con strati di spessore normale i rulli sprofondavano, mentre la battitura a mano, mancando un sottofondo di solidità sufficiente, non dava un costipamento efficace. Si dovette pertanto mettere in opera uno strato di

(1) Appunto per la difficoltà di regolare la bagnatura delle terre non rullate, l'innaffiamento si faceva, di regola, solo sul materiale già parzialmente compresso.

(2) Questa prescrizione non ha in pratica molto significato, giacchè per le terre, come si vedrà più oltre, è da ricercarsi essenzialmente una buona composizione granulometrica.

terra argillosa abbastanza asciutta di circa 1 m di spessore e su questo si poterono poi passare i rulli. Gli assaggi fatti in

Fig. 21. - Getto in acqua dell'argilla nella trincea di fondazione: *a*) Spargimento e impasto.

Fig. 22. - Getto in acqua dell'argilla nella trincea di fondazione: *b*) Decantazione.

seguito dimostrarono che l'umidità salì lentamente entro questa zona e che anch'essa si costipò benissimo sotto il peso del materiale sovrastante.

La posa dell'argilla rullata era un po' più delicata di quella delle terre, specialmente nei riguardi dell'umidità. Come vedremo nel paragrafo seguente, l'argilla delle cave aveva un contenuto di acqua assai prossimo a quello che dà il massimo d'impermeabilità e di lavorabilità; ma era facile che, una volta estratta, ne perdesse in misura notevole se rimaneva lungo tempo, non rullata, esposta al sole. L'innaffiamento delle argille disseccate era assai difficile a regolarsi e doveva venir fatto molto prima del rullamento, altrimenti i rulli slittavano. Si trovò, quindi, che il sistema migliore era quello di rullare sempre le argille non appena poste in opera e di cercare di tenere umide le fronti di cava, estraendo solo l'argilla occorrente per la giornata. Durante la costruzione, mantenendo sempre gli strati inclinati verso il centro, tutte le acque di innaffiamento o piovane tendevano a confluire verso le argille del nucleo, in modo che, malgrado si siano incontrate estati assai asciutte (talvolta non cadde per quattro mesi di seguito una goccia d'acqua), si riuscì ad ottenere un nucleo di caratteristiche del tutto soddisfacenti.

Il rivestimento a valle, in zolle erbose messe di piatto a costituire un prato artificiale, riuscì bene e diede buon risultato; tra le cunette rivestite in pietrame, il cui sottofondo si ridusse in corso di lavoro fino ad un semplice rivestimento, le fasce erbose resistettero assai bene alle forti piogge, raggiungendo anche un ottimo effetto decorativo (figg. 25 e 26). All'inizio del lavoro, sotto le zolle si metteva uno strato di terra vegetale, che poi si trovò superfluo. Per ottenere la continuità del rive-

Fig. 23. - Getto in acqua dell'argilla nella trincea di fondazione: *c*) Disarmo di un setto di separazione.

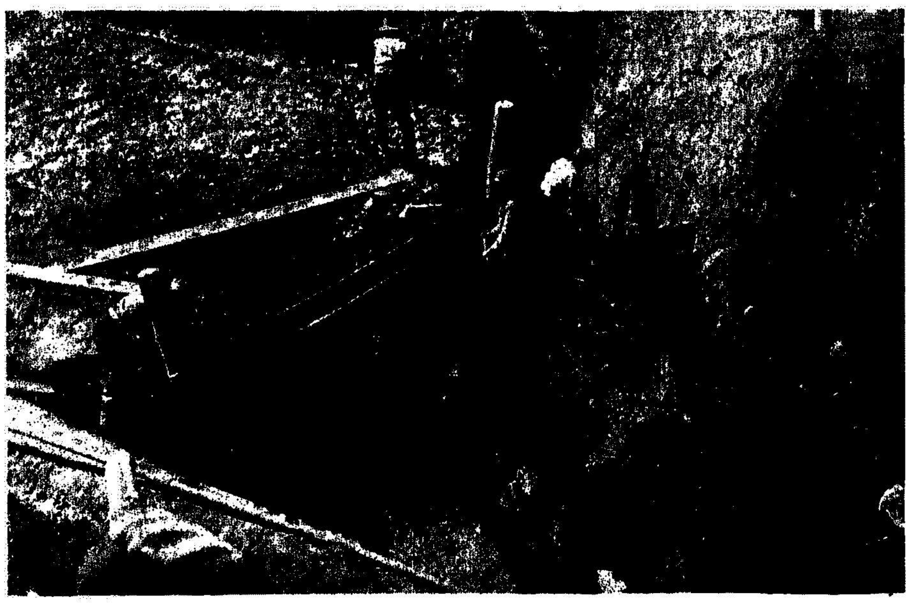


Fig. 24. - Getto in acqua dell'argilla nella trincea di fondazione: *d*) Inizio del getto nel comparto contiguo.

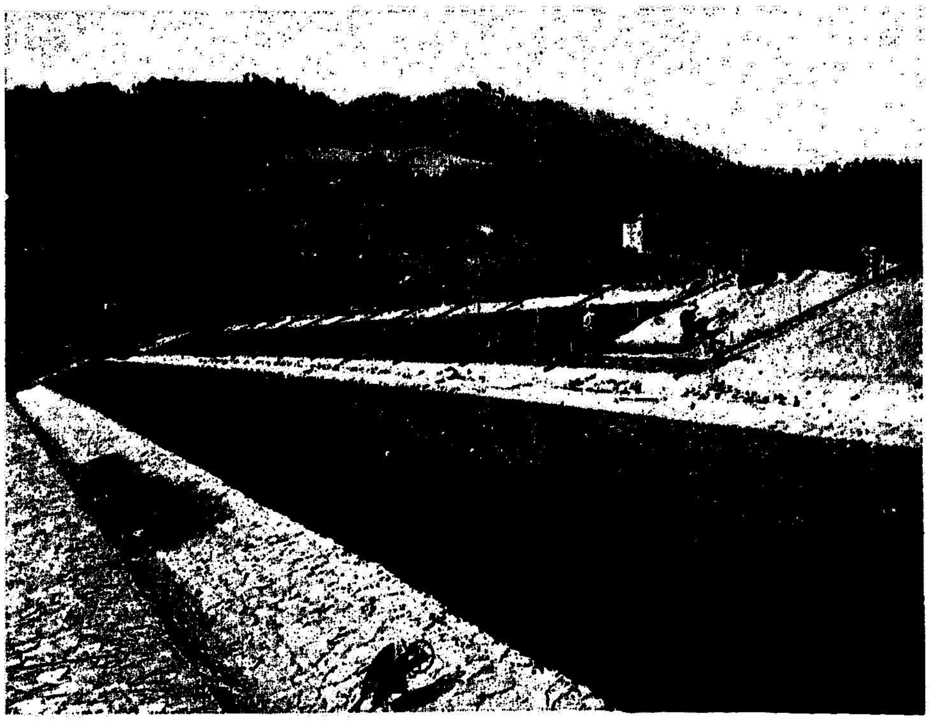


Fig. 25. - Applicazione delle zolle erbose sul paramento a valle.

stimento le connessure tra le zolle furono scarnificate e vi si seminò un po' di erba che le saldò completamente (1).

(1) Il rivestimento erboso fu attaccato dalle talpe, ma si constatò che esse penetravano a piccolissima profondità nel rilevato, costituito dalla massa compatta di terra sabbiosa mista a ciottoli.

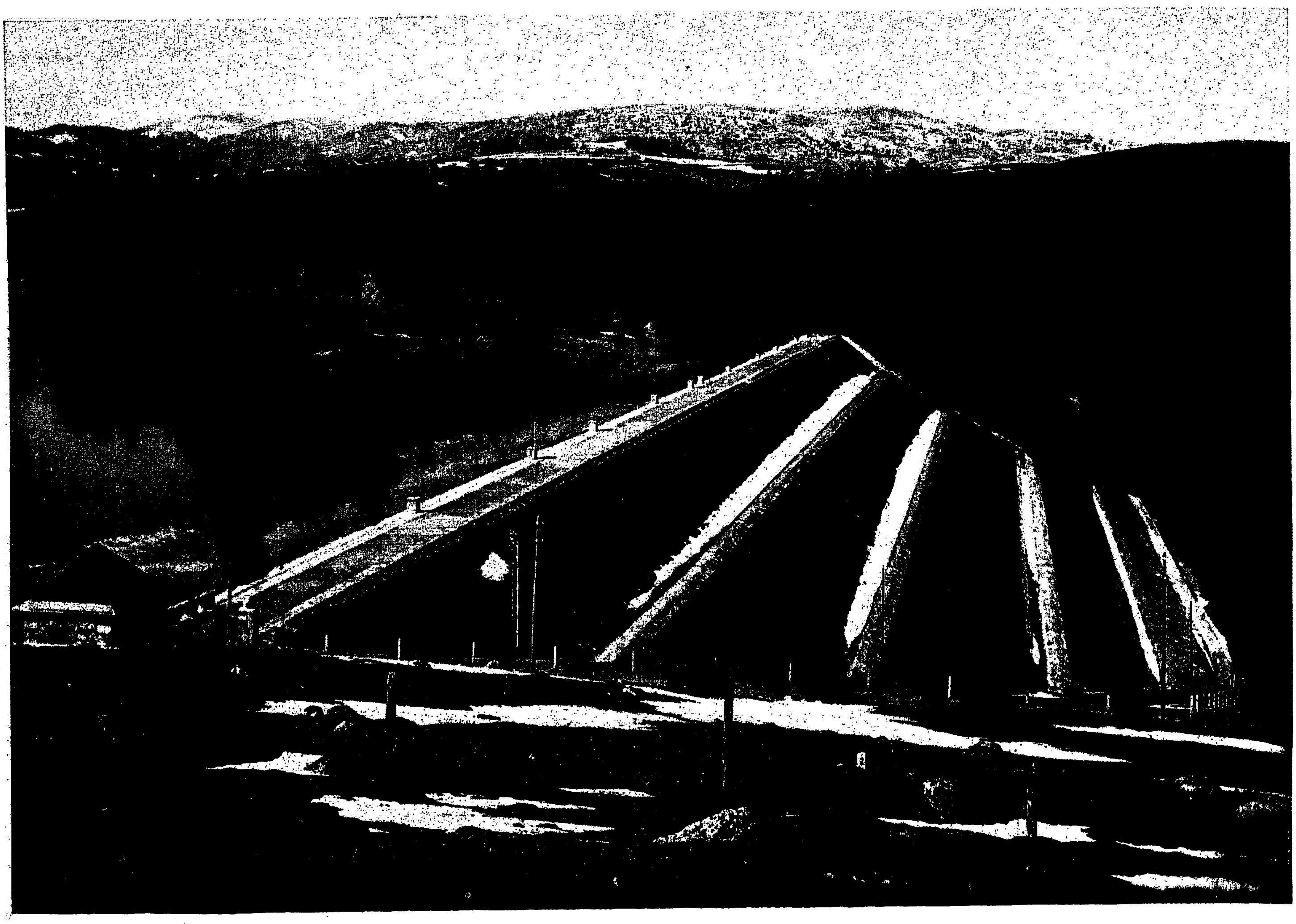


Fig. 26. - La diga finita.

4°) Cenni sulle caratteristiche delle terre.

I tre tipi di terre adoperati per la diga furono oggetto di alcuni studi preventivi, che servirono a determinarne le caratteristiche e, durante la costruzione, furono eseguiti controlli giornalieri per assicurarsi della costanza di tipo dei materiali posti in opera. Le indagini furono naturalmente diverse a seconda dei tipi di materiale, che dovevano presentare differenti requisiti.

Le terre argillose forti per il nucleo centrale dovevano assicurare l'impermeabilità della diga: loro caratteristica precipua doveva quindi essere precisamente l'impermeabilità. Peraltro, malgrado che il nucleo fosse completamente serrato e protetto entro il massiccio della diga, non si poteva fare astrazione da alcune qualità di consistenza e stabilità di esso; ciò che richiedeva nella terra argillosa la presenza di una certa percentuale di sabbia. Sostanzialmente era necessaria un'adatta composizione granulometrica, in modo che l'argilla e i materiali finissimi colmassero esattamente i vuoti delle sabbie, rendendo la massa impermeabile.

Le terre argillose meno buone dovevano servire per la formazione dei contro-nuclei, destinati a mantenere una certa umidità nel nucleo centrale e a realizzare un passaggio progressivo dal materiale essenzialmente argilloso di questo al materiale comune costituente il massiccio della diga.

Le terre comuni dovevano principalmente avere qualità di consistenza e incompressibilità, in modo da poter formare un rilevato stabile e compatto.

Tutti i materiali si trovavano nel bacino, ove esistevano varie gradazioni di terre argillose, talchè, fissate le caratteristiche volute, non vi era che da scegliere. Lo studio preliminare servì appunto ad individuare le migliori cave di ciascun tipo, mentre i controlli durante la costruzione condussero a scartare determinate zone di cava. In generale le terre argillose scartate come meno buone presentavano deficienza di argilla e servivano per i contronuclei; solo eccezionalmente si trovò argilla in eccesso oltre il limite massimo consentito per il nucleo centrale.

Le cave delle argille furono aperte in sponda sinistra, circa m 300 a monte della diga e quasi totalmente al disopra della quota di massimo invaso; le cave delle terre comuni furono invece aperte in sponda destra, oltre 1 km a monte della diga ed a quota inferiore al limite d'invaso. Queste ultime cave, come abbiamo accennato, erano di composizione non molto uniforme: oltre alla esclusione di determinate zone troppo sabbiose o troppo ricche di argilla, occorse sempre curare un buon rimescolamento del materiale e un certo scarto di grossi sassi.

Le prove che venivano eseguite sistematicamente sui tre tipi di materiali erano le seguenti:

*Terre argillose forti.*

La prova principale fatta su queste terre era quella di permeabilità. A tale scopo fu impiegato un apparecchio assai semplice già usato per ricerche analoghe nel laboratorio svizzero del Politecnico Federale di Zurigo.

L'apparecchio consiste (fig. 27) in un vaso di vetro col fondo chiuso da un disco di lamierino d'ottone forato, trattenuto da un robusto anello, pure d'ottone. Il materiale da provare veniva impastato in forma di focaccia di consistenza normale e poi compresso entro l'anello suddetto, sigillando gli orli con argilla della stessa qualità.

Si riempiva poi d'acqua il vaso, fino ad un livello determinato, e si misurava la filtrazione, che era più o meno forte a seconda della bontà del materiale. Come indice della permeabilità si scelse il numero di cmc passati attraverso l'argilla in un intervallo di 48 ore, con carico di 17 cm d'acqua.

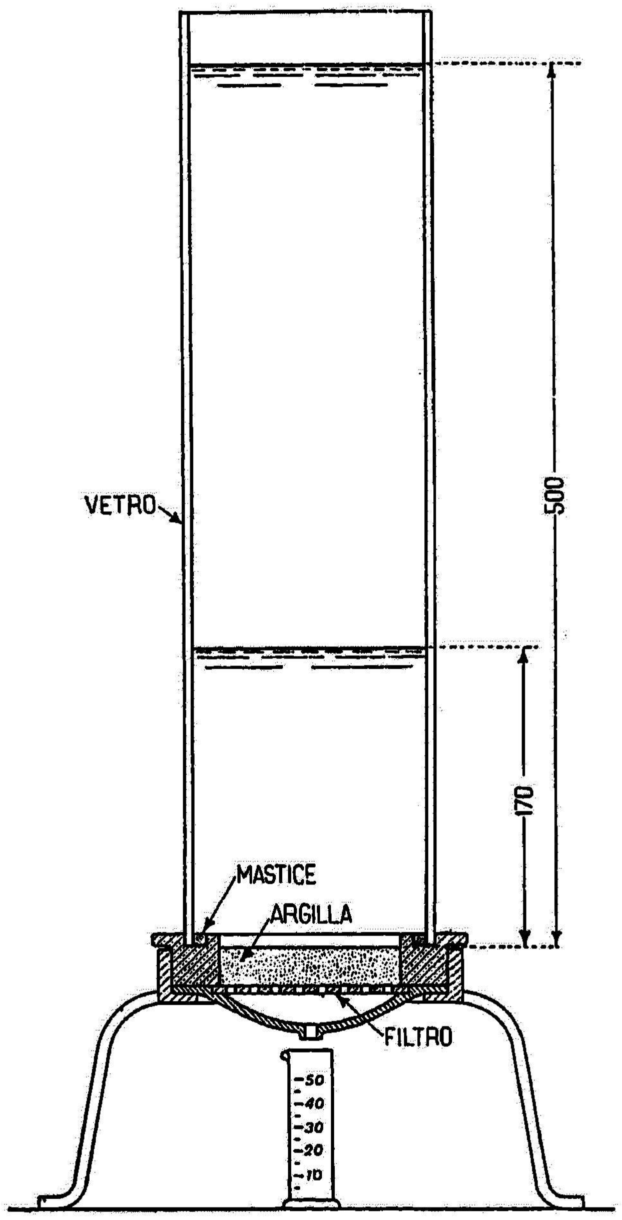



Fig. 27. - Apparecchio per le prove di permeabilità.

La filtrazione risultò uniforme, o quasi, nel tempo: diciamo quasi, perchè si trovò che terre argillose molto forti, provate per parecchi giorni, davano leggere permeazioni soltanto al 3° o al 4° giorno; ma questo caso era assai raro e non presentava interesse pratico. D'altra parte, si constatò che occorrevano non meno di 48 ore perchè le permeazioni raggiungessero il valore di regime.

La permeabilità risultò, inoltre, direttamente proporzionale al carico d'acqua, entro i limiti delle esperienze fatte; cioè, variando il carico d'acqua fra 4 e 10 volte lo spessore delle focaccette, la permeabilità variava nella stessa proporzione. Con rapporti più elevati v'erano molti risultati anomali ed inoltre l'argilla si trafilava dai forellini del disco di chiusura.

Come abbiamo detto, l'argilla da provare veniva impastata colla quantità di acqua necessaria per ottenere la cosiddetta consistenza normale, che corrisponde al massimo di lavorabilità e di impermeabilità. Per ogni terra argillosa la consistenza normale è caratterizzata da un determinato grado di umidità e praticamente si constata che lo stato di consistenza normale è raggiunto quando l'argilla è divenuta abbastanza plastica per essere foggiata in forma stabile, mentre non sporca le mani e non si screpola.

Il materiale, come veniva dalle cave, non aveva esattamente la consistenza normale, mentre nelle prove si riducevano tutte le argille alla consistenza tipo. Pertanto, a stretto rigore, i dati di permeabilità ricavati non avrebbero potuto applicarsi senz'altro al materiale del nucleo, che era messo in opera coll'umidità di cava; ma il largo coefficiente di sicurezza adottato e la piccola differenza esistente tra la consistenza di cava e quella normale giustifica l'equiparazione dei risultati.

A titolo di esempio, si riporta un elenco di terre argillose col contenuto in acqua allo stato di consistenza normale e quello allo stato naturale. È da notarsi che gli innaffiamenti successivi sulla diga e la pendenza degli strati verso il centro tendevano ad aumentare il contenuto in acqua delle argille del nucleo, come fu sempre riscontrato nei sondaggi di prova che si eseguivano durante il lavoro.

| Numero del campione | Contenuto in acqua alla consistenza | |
|---|---|---|
| | normale | naturale |
| 1 - 75 | 29,3 % | 28,8 % |
| 2 - 75 | 14,4 » | 17,9 » |
| 3 - 75 | 10,5 » | 26,6 » |
| 4 - 75 | 48,2 » | 27,3 » |
| 5 | 40,7 » | 25,3 » |
| 6 | 19,8 » | 15,3 » |
| 7 | 27,0 » | 11,0 » |
| 8 | 38,2 » | 23,0 » |
| 9 | 22,2 » | 6,3 » |
| 10 | 36,5 » | 33,7 » |
| 11 | 22,7 » | 30,3 » |
| 12 | 27,3 » | 18,8 » |
| Medie | 28,1 % | 22,0 % |

Come limite di permeabilità per le argille destinate al nucleo della diga, fu fissata una permeazione di 10 cmc in 48 ore all'apparecchio tipo; valore riconosciuto prudenziale da vari tecnici particolarmente competenti in materia, che ebbero occasione di visitare il laboratorio di prova, come appare, del resto, evidente dalle considerazioni che seguono. Se la permeazione (come è risultato dalle esperienze) si può esprimere con una formola del tipo:

$$P = K \frac{A H}{S} \tag{1}$$

dove $A$ è la superficie esposta, $H$ l'altezza dell'acqua ed $S$ lo spessore dell'argilla, fissando $P = 10$ cmc si ottiene:

$$K = \frac{1}{65,38}$$

La formola (1) può servire a determinare lo spessore del nucleo fissando la perdita limite, ovvero a verificare se lo spessore assegnato con altro criterio sia sufficiente. Nel caso della diga dell'Arvo, si aveva, secondo il progetto, uno spessore massimo di m 9 sotto un battente di m 28; il rapporto tra carico e spessore risultava, alla base, circa 3, riducendosi poi gradualmente nella parte superiore e diventando uguale a 0 alla quota corrispondente al massimo invaso. Assumendo il valore medio di 2, poichè la superficie bagnata del nucleo è di mq 5320, la permeazione *totale* risulterebbe:

$$P = \frac{2 \times 53\,000\,000}{65,38} = 1\,670\,000 \text{ cmc in 48 ore}$$

ossia 0,01 l/sec.

Risultato, come si vede, del tutto rassicurante, anche se si voglia applicare un coefficiente di peggioramento per il fatto che le argille non erano messe in opera allo stato di consistenza normale.

Occorre d'altronde tener presente che i contronuclei e lo stesso massiccio della diga contribuiscono ad aumentare assai notevolmente l'impermeabilità.

In pratica, per parecchio tempo il valore limite fu raggiunto solo eccezionalmente; lo specchio seguente dà un'idea della permeabilità delle argille usate per il nucleo (mese di giugno 1930).

Tab. I. – PROVE DI PERMEABILITÀ DELLE ARGILLE

A) *Prove di controllo sui materiali di cava*

Giugno 1930.

| Numero del campione | Cava | Data | Peso specifico a secco | Consistenza | Peso specifico a umido | Percentuale di acqua | Permeazione in cmc per ore 24 | Permeazione in cmc per ore 48 | Osservazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 569 | 8 a | 4 | 2,05 | normale | 1,72 | 30,20 | 0 | 2 | |
| 573 | 7 c | 6 | 2,20 | » | 1,92 | 24,90 | 0 | 0 | |
| 574 | 7 b | 6 | 2,24 | » | 1,96 | 23,70 | 0 | 0 | |
| 577 | 7 c | 10 | 2,35 | » | 2,00 | 19,80 | 0 | 0,5 | |
| 585 | 7 c | 13 | 2,45 | » | 1,93 | 21,50 | 0 | 0 | |
| 587 | 7 a | 13 | 2,15 | » | 1,79 | 23,70 | 0 | 0 | |
| 590 | 7 c | 16 | 2,50 | » | 1,93 | 24,40 | 0 | 0 | |
| 592 | 8 a | 16 | 2,51 | » | 2,00 | 19,40 | 0 | 1 | |
| 594 | 7 a | 20 | 2,58 | » | 2,00 | 21,30 | 0 | 0 | |
| 598 | 7 b | 20 | 2,43 | » | 1,94 | 22,10 | 0 | 0 | |
| 599 | 8 a | 20 | 2,35 | » | 1,76 | 29,30 | 8 | 26 | Piccole quantità |
| 603 | 7 c | 23 | 2,47 | » | 1,85 | 15,80 | 1 | 3 | |
| 606 | 8 a | 23 | 2,59 | » | 2,00 | 19,50 | 2 | 6 | |
| 607 | 7 b | 26 | 2,80 | » | 2,00 | 21,00 | 0 | 0 | |
| 608 | 4 a | 26 | 2,35 | » | 1,96 | 22,20 | 0 | 5 | |
| 609 | 3 b | 26 | 2,40 | » | 1,82 | 27,80 | 1,5 | 8,5 | |
| 610 | 3 a | 26 | 2,49 | » | 2,00 | 20,80 | 0 | 1 | |
| 619 | 7 c | 28 | 2,51 | » | 1,94 | 21,80 | 0 | 0 | |
| 624 | 3 a | 30 | 2,49 | » | 2,04 | 20,20 | 0 | 0 | |

B) *Prove su campioni estratti dal nucleo*

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 600 | nucleo | 21 | 2,38 | — | 2,00 | 23,80 | 0 | 0 | |
| 601 | » | 21 | 2,38 | — | 1,85 | 28,40 | 0 | 1,4 | |
| 613 | » | 28 | 2,63 | — | 2,00 | 20,50 | 0 | 0 | |
| 614 | » | 28 | 2,40 | — | 1,84 | 28,00 | 1 | 4 | |
| 615 | » | 28 | 2,43 | — | 1,94 | 27,00 | 1,4 | 6 | |

Un'altra prova cui venivano sottoposti i materiali per il nucleo era la ricerca del contenuto in argilla; ricerca assai difficile, i risultati della quale sono di interpretazione quanto mai incerta.

Anzitutto non si sa esattamente a quale grossezza di grani termini la sabbia e si inizi l'argilla; seguendo l'uso dei laboratori svizzeri, abbiamo fissato a mm 0,06 la grossezza sotto la quale si considera il materiale residuo come argilla. Gli americani, invece, pare abbiano fissato tale limite a mm 0,006.

La divisione da noi adottata ha indubbiamente il vantaggio di essere abbastanza pratica e ottenibile (sia pure colle riserve che diremo) con mezzi semplici: quella americana è estremamente difficile da controllare e può essere verificata solo con apparecchi speciali e con l'impiego di microscopi.

D'altronde, qualsiasi divisione del genere, considerata a sè, dice poco. Il contenuto di argilla non ha, infatti, una relazione univoca colla impermeabilità, se non in misura assai vaga (1).

Il procedimento migliore di studio sembra quello di esaminare tutta la scala di composizione granulometrica della terra argillosa e tradurla in diagramma analogamente a quello che si fa coi materiali per i calcestruzzi. Tale ricerca, da noi svolta e completata per le suddivisioni estreme coll'aiuto di un laboratorio specializzato, ha messo in evidenza le grandi difficoltà che esistono in queste indagini; ma ha permesso di tracciare una curva tipo, se non esattissima, sufficientemente approssimata (fig. 28). Questa curva è assai analoga a quelle tracciate da studiosi americani analizzando, con altri metodi, le argille di nucleo di varie dighe esistenti (2), risultando sensibilmente al disopra di quella che viene considerata come limite inferiore delle buone argille.

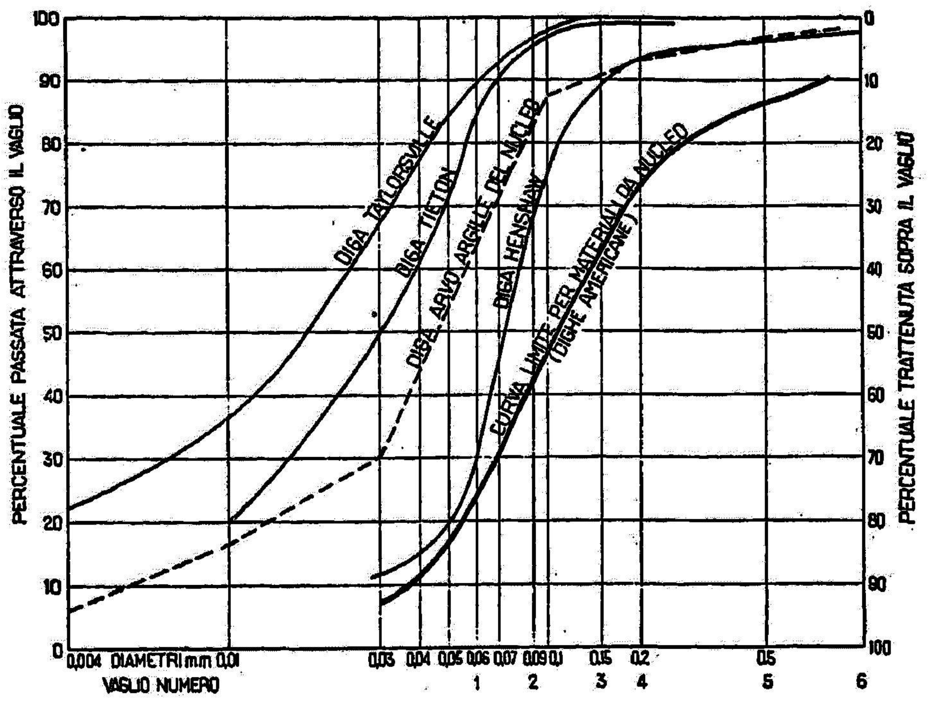



Fig. 28. - Curva granulometrica delle argille di 1ª, in confronto con quelle di dighe americane.

Così, per la diga dell'Arvo, sia allo scopo di soddisfare alle prescrizioni del Servizio Dighe (che desiderava conoscere il

(1) Mettendo il contenuto di argilla in relazione coi vuoti della sabbia si può avere un migliore indizio dell'impermeabilità, ma con approssimazione ancora insufficiente allo scopo pratico. Le prove dirette di permeabilità sono invece facili e sicure sicchè, a parer nostro, perde importanza la determinazione delle percentuali di sabbia e argilla, che, come abbiamo detto, è assai difficile.

(2) Vedi *Engineering News Record*, 18 dicembre 1930: «Materials in existing earth dams» di E. W. LANE.

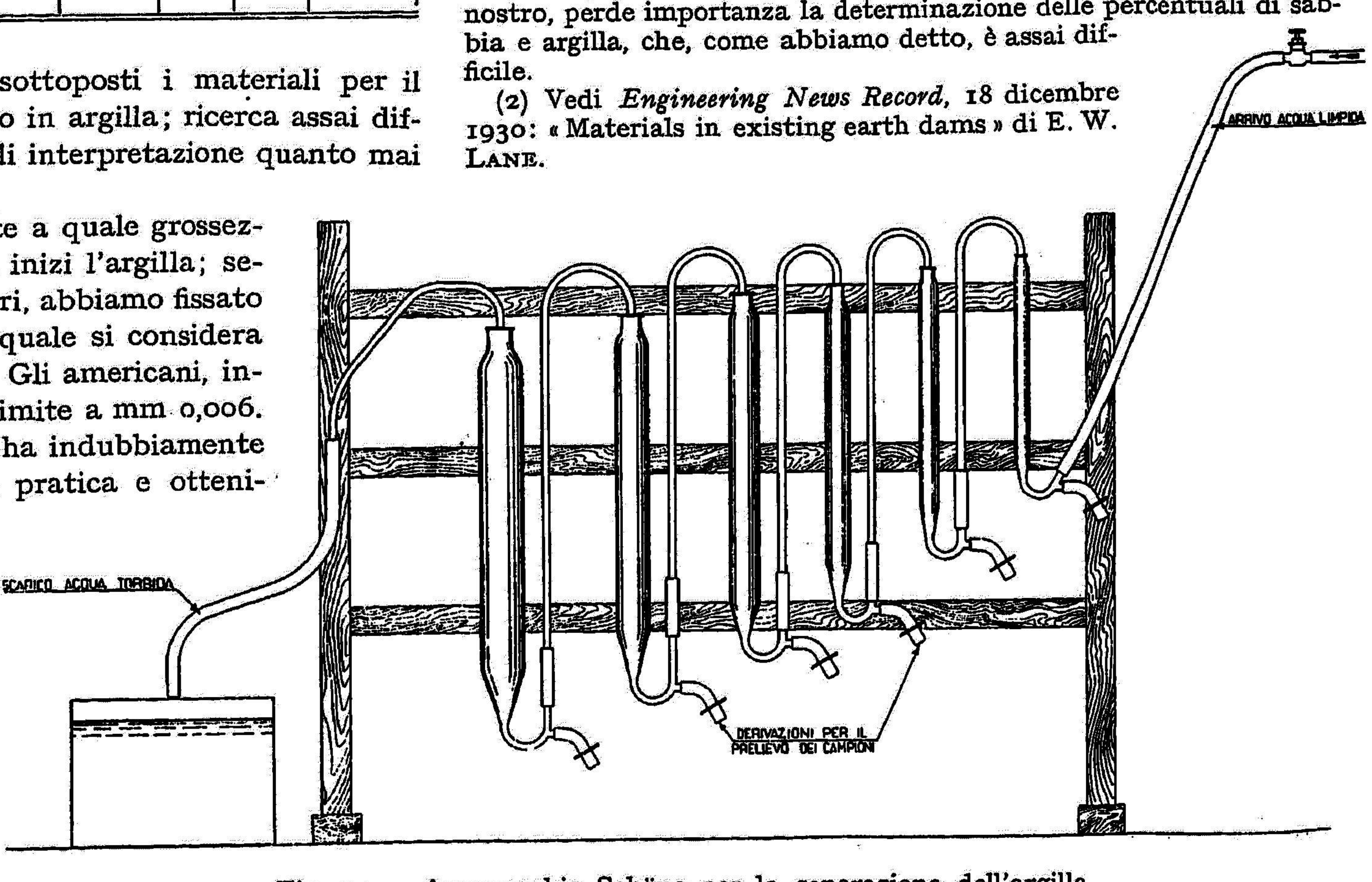



Fig. 29. - Apparecchio Schöne per la separazione dell'argilla.

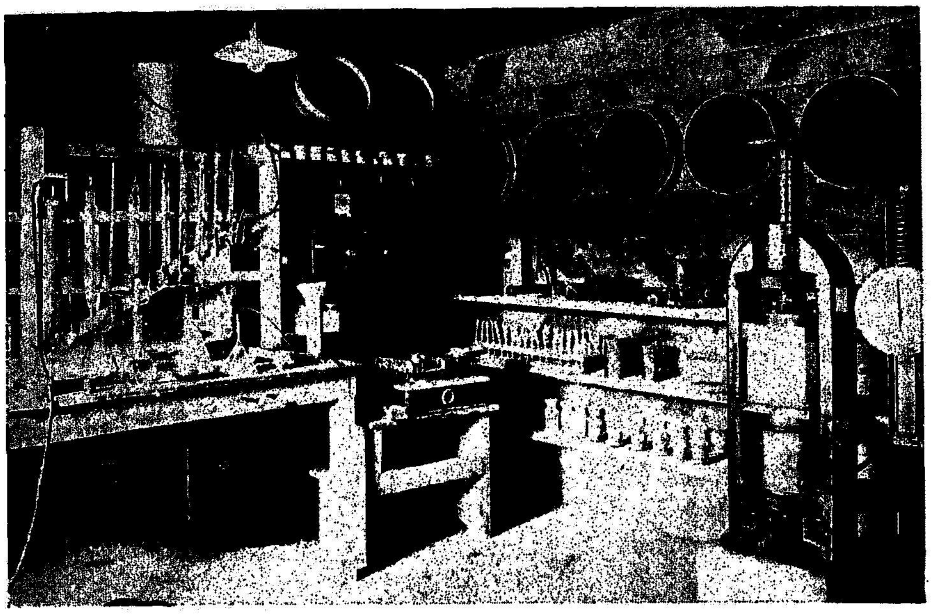


Fig. 30. - Laboratorio di prova (a sinistra l'apparecchio Schöne).

contenuto in argilla), sia allo scopo di ricerca scientifica, si fece, come abbiamo detto, la determinazione sistematica delle percentuali di sabbia e argilla su oltre mille campioni. La divisione veniva fatta con un apparecchio di levigazione tipo Schöne (figg. 29 e 30) tarato con un vaglio normale; la separazione ottenuta era abbastanza celere sebbene leggermente imprecisa (1).

Prima di procedere alla levigazione, il materiale veniva lavato con $N_aOH$, allo scopo di spogliare bene i grani di sabbia dall'argilla; indi veniva immesso nella prima ampolla dell'apparecchio Schöne e la velocità di afflusso dell'acqua era regolata in modo che i granelli superiori a mm 0,06 si raccogliessero nell'ultima ampolla. Il residuo non depositato era classificato come argilla. La molteplicità delle ampolle era utile per una buona separazione, ma le sabbie raccolte in ogni ampolla avevano grossezze assai varie per le ragioni accennate in nota, sicchè, volendo costruire la curva granulometrica occorreva vagliare direttamente la sabbia raccolta. Soltanto nelle ultime ampolle la divisione era abbastanza precisa ed è da notarsi che, procedendo poi con altri apparecchi Schöne ad ulteriore divisione in classi, queste risultavano sempre più omogenee.

La Tab. II dà un'idea del contenuto in argilla dei materiali usati nel nucleo, determinato secondo i criteri suesposti.

La lavorabilità sotto i rulli era ottima quando il contenuto di acqua corrispondeva alla consistenza normale od era leggermente inferiore. Si otteneva in tal caso un impasto compatto, sul quale i compressori, finito il rullamento, lasciavano tracce appena sensibili.

La Tab. III contiene un riassunto generale delle caratte-

(1) I vagli di dimensioni minori di 1/10 di mm non sono sempre molto esatti; inoltre, la divisione per levigazione avviene per equivalenza di peso specifico anzichè per volume, e, nel caso delle miche, anche secondo la forma più o meno lamellare del granello.

Tab. II – Determinazione del contenuto in argilla

*Argille di* 1ª

Giugno 1930

| Numero del campione | Cava | Data | Percentuale in peso di argilla | Permeazione in 48 ore cmc | Osservazioni |
|---|---|---|---|---|---|
| 569 | 8 a | 4 | 84,40 | 2 | |
| 573 | 7 c | 6 | 74,40 | 0 | |
| 574 | 7 b | 6 | 84,20 | 0 | |
| 577 | 7 c | 10 | 75,30 | 0,5 | |
| 585 | 7 c | 13 | 77,20 | 0 | |
| 587 | 7 a | 13 | 85,00 | 0 | |
| 590 | 7 c | 16 | 77,00 | 0 | |
| 592 | 8 a | 16 | 72,20 | 1 | |
| 594 | 7 a | 20 | 75,60 | 0 | |
| 598 | 7 b | 20 | 80,00 | 0 | |
| 599 | 8 a | 20 | 72,60 | 26 | Minime quantità (scartate) |
| 603 | 7 c | 23 | 72,00 | 3 | |
| 606 | 8 a | 23 | 76,20 | 6 | |
| 607 | 7 b | 26 | 75,20 | 0 | |
| 608 | 4 a | 26 | 60,00 | 5 | |
| 609 | 3 b | 26 | 74,00 | 8,5 | |
| 610 | 3 a | 26 | 76,10 | 1 | |
| 619 | 7 c | 28 | 79,60 | 0 | |
| 622 | 8 a | 30 | 75,90 | 0 | |
| 624 | 3 a | 30 | 82,00 | 0 | |

Tab. III – Caratteristiche medie delle argille di 1ª

| Epoca di posa | Percentuale in peso di argilla | Peso specifico a secco | Consistenza | Peso specifico a umido | Percentuale di acqua | Permeazione in cmc per ore 24 | 48 | Osservazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1928** | | | | | | | | |
| Settembre Ottobre .... | 86,34 | — | — | — | — | 1 | 2,5 | |
| **1929** | | | | | | | | |
| Maggio ....... | 80,90 | — | normale | — | — | 1 | 2,5 | |
| Giugno ....... | 77,02 | 2,34 | » | 1,91 | 21,76 | 1,25 | 4,65 | |
| Luglio ....... | 73,44 | 2,33 | » | 1,88 | 24,72 | 2 | 5 | |
| Agosto........ | 72,70 | 2,20 | » | 1,91 | 24,37 | 1,15 | 3,74 | |
| Settembre .... | 78,45 | 2,21 | » | 1,89 | 23,51 | 0,14 | 2,14 | |
| Ottobre ...... | 79,30 | 2,28 | » | 1,86 | 25,26 | 0,63 | 2,36 | |
| **1930** | | | | | | | | |
| Aprile ........ | 78,95 | 2,51 | » | 1,85 | — | 0,5 | 1,50 | |
| Maggio ....... | 77,70 | 2,36 | » | 1,90 | 24,44 | 0,31 | 1,34 | |
| Giugno ....... | 76,45 | 2,41 | » | 1,92 | 23,43 | 0,62 | 2,67 | |
| Luglio ....... | 78,10 | 2,40 | » | 1,95 | 21,80 | 0 | 0 | Aperte nuove cave |
| Agosto........ | 78,35 | 2,48 | » | 1,94 | 21,63 | 0 | 0,5 | |
| Settembre .... | 76,09 | 2,47 | » | 1,91 | 22,24 | 0 | 0,6 | |
| Ottobre ...... | 75,31 | 2,48 | » | 1,95 | 22,56 | 0 | 0,5 | |
| **1931** | | | | | | | | |
| Aprile ........ | 75,02 | 2,56 | » | 1,94 | 21,01 | 0 | 0,8 | |
| Maggio ....... | 73,68 | 2,53 | » | 1,94 | 22,71 | 0,4 | 1,9 | |
| Giugno ....... | 75,04 | 2,52 | » | 1,95 | 21,13 | 0,2 | 1 | |
| Luglio ....... | 71,70 | 2,41 | » | 1,91 | 22,50 | 0,5 | 5 | |

ristiche delle argille usate negli anni dal 1928 al 1931, ottenute come medie ponderali.

Nel laboratorio furono anche eseguite altre prove, come misure di contrazione per essiccamento, tempo di essiccamento, ecc.; questa parte, insieme con i dettagli esecutivi delle prove precedentemente riassunte, esorbita dai limiti del presente cenno descrittivo.

*Terre argillose per i contronuclei.*

Le terre argillose per il diaframma centrale avevano percentuali di argilla che andavano dal 70% al 90%: quelle usate per i contronuclei avevano percentuali varianti dal 55% al 70%.

La permeabilità di esse era notevole ed assai più forte di quanto avrebbe potuto supporsi soltanto in relazione col diminuito tenore di argilla.

Su queste terre non furono fatte prove speciali: in genere, quando si trovava una zona a basso tenore di argilla e con indice di permeabilità che superasse i 10 cmc nelle 48 ore, il materiale veniva destinato ai contronuclei, prestando solo attenzione, nel mescolare le varie qualità, di ottenere una composizione abbastanza omogenea. Qualche volta, data la forte variabilità delle cave, succedeva di riscontrare che era stata impiegata nei contronuclei anche argilla di 1ª, ma ciò avvenne solo eccezionalmente.

La Tab. IV, che si riporta come esempio, indica le caratteristiche delle argille di 2ª impiegate nei contronuclei nel mese di giugno 1930.

nienza era certamente comune dai graniti decomposti; però, le argille migliori si trovavano in banchi compatti contenenti ciottoli di porfido o di diorite e che apparivano originati da slittamenti di zone superiori di materiali granitici caolinizzati, che nel movimento si erano ben mescolati; quelle di qualità inferiore davano invece l'impressione di essere costituite da materiale in posto, proveniente dal disfacimento di graniti di composizioni diverse.

In opera, sotto il rullo, anche le argille di 2ª si costipavano bene e assorbivano discrete quantità d'acqua, riducendosi a impasti omogenei; esse costituirono un buon mantello di protezione alle argille di prima qualità. In presenza di un eccesso d'acqua davano un leggero fango superficiale di carattere nettamente distinto dalla fanghiglia slittante che producevano le terre argillose forti.

*Terre comuni.*

Queste terre, composte di materiali alluvionali, avevano un contenuto in argilla variante attorno al 10% della massa totale (circa il 45% della sola sabbia). Come mezzo di controllo si trovò che occorreva sorvegliarne costantemente la composizione granulometrica, onde ottenere buone caratteristiche del rilevato.

Paragonate con i diagrammi granulometrici del Füller, le curve ottenute da queste terre con una serie di vagli, tenendo conto delle dimensioni massime dei ciottoli ammessi (figg. 31 e 32), mostrano un andamento assai regolare e risultano tutte al disotto dei diagrammi suddetti. Quando le curve erano

Tav. IV – Caratteristiche delle argille di 2ª

| Numero del campione | Cava | Data | Peso specifico a secco | Peso specifico a umido | Percentuale di argilla | Percentuale di acqua | Permeazione in cmc per ore 24 | Permeazione in cmc per ore 48 | Osservazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Giugno 1930. | | | | | | | | | |
| 570 | 7 a | 4 | 2,09 | 1,72 | 78,00 | 31,00 | 1,5 | 11,5 | Stato di consistenza normale per tutti i campioni. |
| 571 | 7 c | 4 | 2,39 | 1,78 | 68,00 | 25,90 | 2,5 | 13,5 | |
| 572 | 9 a | 6 | 2,36 | 1,78 | 56,20 | 28,70 | 25 | 60 | |
| 575 | 3 a | 6 | 2,41 | 1,88 | 68,00 | 22,80 | 0 | 0 | |
| 576 | 9 a | 10 | 2,40 | 1,29 | 74,00 | 22,80 | 15 | 30 | |
| 586 | 7 c | 13 | 2,16 | 1,89 | 65,90 | 21,80 | 15 | 36,5 | |
| 588 | 4 a | 13 | 2,20 | 1,76 | 58,60 | 27,20 | 30 | 66 | |
| 589 | 7 a | 16 | 2,43 | 1,86 | 59,20 | 27,00 | 5 | 16 | |
| 591 | 7 b | 16 | 2,52 | 1,86 | 70,00 | 24,00 | 0,5 | 5,5 | |
| 593 | 9 a | 16 | 2,01 | 1,93 | 63,00 | 32,20 | 17 | 45 | |
| 595 | 9 a | 20 | 2,40 | 1,75 | 64,40 | 27,80 | 6 | 23 | |
| 596 | 7 b | 20 | 2,53 | 1,94 | 59,20 | 21,40 | 3 | 13 | |
| 597 | 7 c | 20 | 2,50 | 2,00 | 80,00 | 20,00 | 0 | 0 | |
| 602 | 7 b | 23 | 2,49 | 1,81 | 64,10 | 20,20 | 6 | 13 | |
| 604 | 9 a | 23 | 2,41 | 1,75 | 67,70 | 30,00 | 4 | 12 | |
| 605 | 8 a | 23 | 2,27 | 1,81 | 74,60 | 27,00 | 16 | 42 | |
| 611 | 3 a | 26 | 2,40 | 1,74 | 58,50 | 32,30 | 2 | 5 | |
| 617 | 7 a | 28 | 2,23 | 1,80 | 72,00 | 27,00 | 0 | 4 | |
| 618 | 7 b | 28 | 2,13 | 1,70 | 64,30 | 30,20 | 6 | 21 | |
| 620 | 8 a | 28 | 2,32 | 1,83 | 72,90 | 26,10 | 0 | 7 | |
| 621 | 9 a | 30 | 2,27 | 1,72 | 54,80 | 32,50 | 10 | 24 | |
| 623 | 7 c | 30 | 2,41 | 1,82 | 60,10 | 26,50 | 0 | 3 | |
| 625 | 3 b | 30 | 2,42 | 1,96 | 73,20 | 22,50 | 1 | 6 | |
| 626 | 2 b | 30 | 2,45 | 1,96 | 79,60 | 21,50 | 0 | 1,5 | |

Un indice appariscente e abbastanza attendibile della qualità delle argille era il colore; l'argilla di 1ª aveva generalmente un colore marrone scuro (tonaca di frate), mentre quella di 2ª era gialla, rossastra, biancastra o verde-biancastra. La prove-

troppo alte o troppo basse, o comunque irregolari, si correggeva la composizione, spostando opportunamente gli escavatori e prendendo il materiale in altre zone. Poichè gli escavatori lavoravano dal basso in alto, per un'altezza di circa m 5, e

poichè la zona delle cave era variamente stratificata, era quasi sempre possibile ottenere una buona miscela.

La fig. 33 dà un confronto fra le curve tipo dell'Arvo ed alcune curve relative a materiali di dighe americane (1). La linea a tratto più marcato segna il limite oltre il quale le terre si considerano adatte per una diga costruita con materiale rullato senza nucleo. A parte il fatto che, come dichiara lo stesso autore dell'articolo, detta linea è alquanto arbitraria, le curve dell'Arvo vi sono assai vicine e, se dimostrano la necessità del nucleo centrale, pure indicano che il materiale era assai buono per il compito puramente statico al quale era destinato.

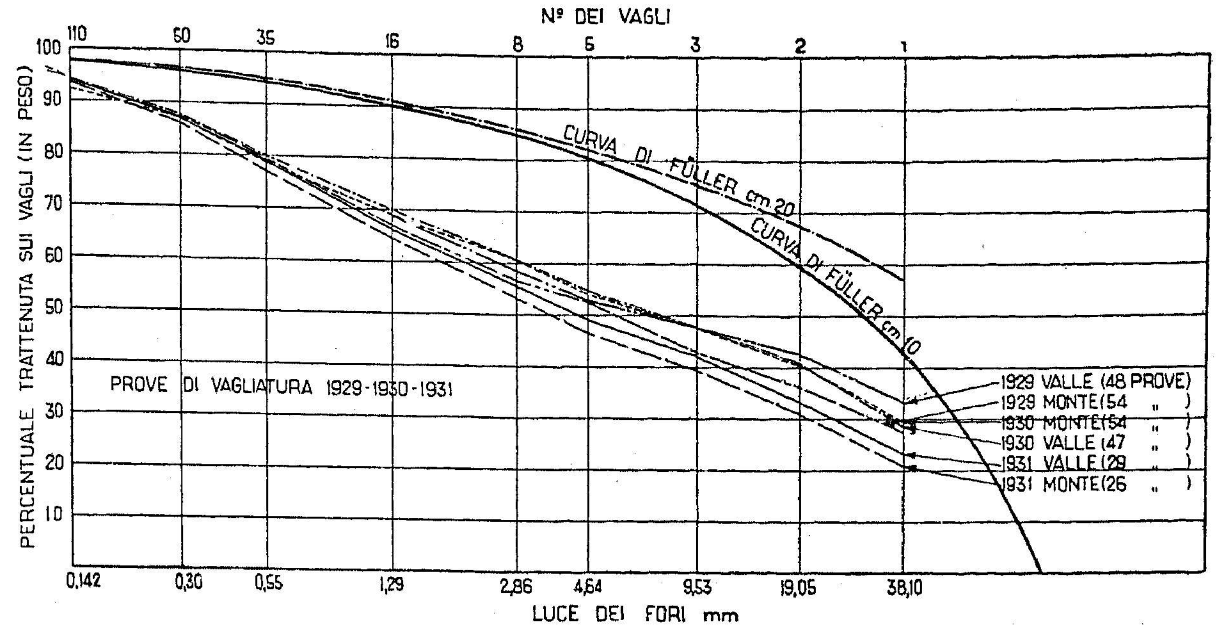



Fig. 31. - Curve granulometriche delle terre.

Furono fatte, anche per le terre comuni, prove di permeabilità; ma con questi materiali l'apparecchio usato per le argille non si prestava bene e sarebbe stato necessario ricorrere ad altri sistemi.

Ad ogni modo la tabella seguente raccoglie i pochi risultati ottenuti.

Tab. V – PROVE DI PERMEABILITÀ SULLE TERRE COMUNI.

| Numero del campione | Carico d'acqua cm | Spessore del provino cm | Permeazione in 48 ore cmc | Ragguaglio con le argille | Osservazioni |
|---|---|---|---|---|---|
| 10 | 4,4 | 2,2 | 48 | 192 | Le prove erano fatte scartando i ciottoli e il ghiaietto di dimensioni superiori a 5 mm. |
| $17_1$ | 4,4 | 2,2 | 29 | 116 | |
| $24_1$ | 7,2 | 3,6 | 32 | 128 | |
| $29_2$ | 8,2 | 4,1 | 24 | 96 | |
| $20_1$ | 4 | 4 | 30 | 240 | |
| $20_2$ | 4 | 4 | 190 | 1520 | |
| $20_3$ | 4 | 4 | 94 | 752 | |
| $20_4$ | 4 | 4 | 162 | 1296 | |
| 12 | 4 | 4 | 152 | 1216 | |
| 13 | 4 | 4 | 60 | 480 | |

di mc 0,65; applicando tale valore, la Tab. VI indica quali sarebbero stati i coefficienti di costipamento in alcuni mesi della stagione 1930.

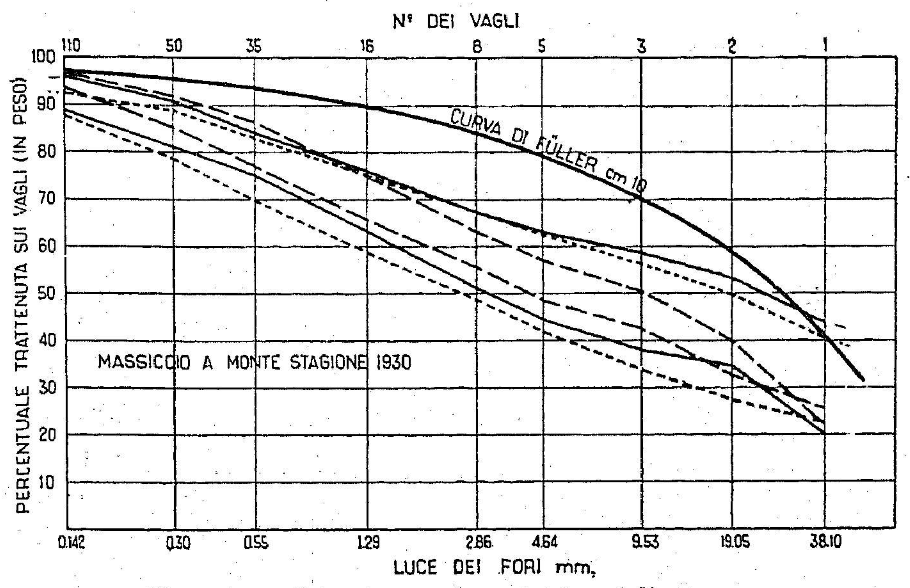



Fig. 32. - Curve granulometriche delle terre.

Per chiudere queste note, diamo un cenno su di una operazione di controllo, eseguita nell'inverno 1930-'31.

Come si è detto in precedenza, la parte inferiore del nucleo

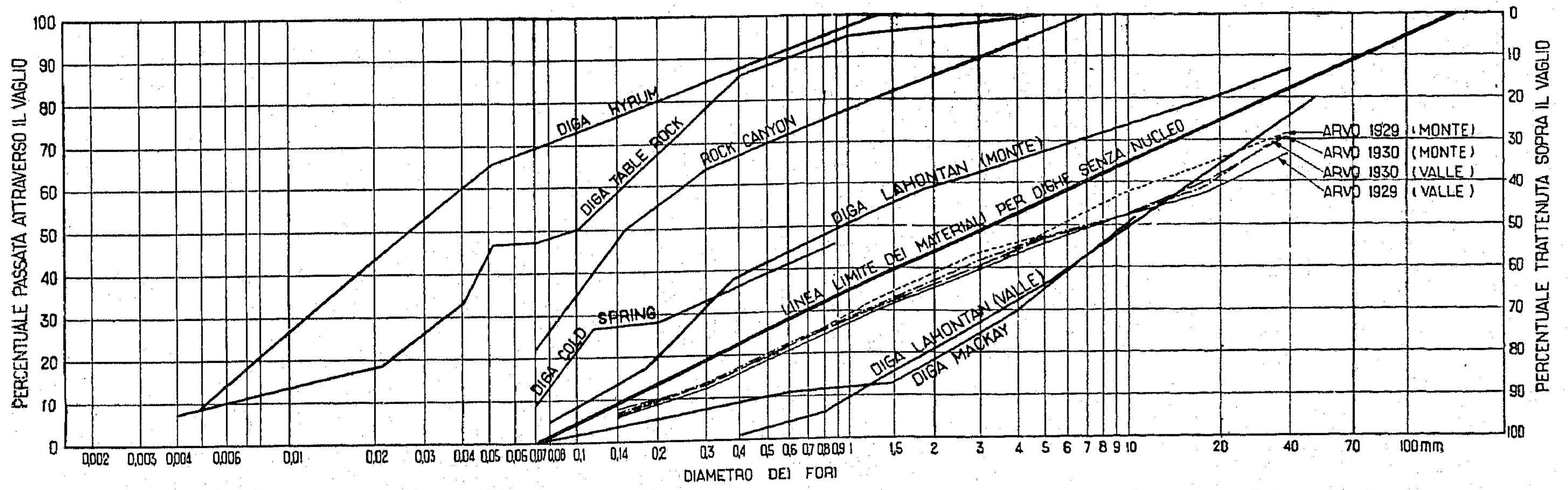



Fig. 33. - Confronto fra le curve granulometriche medie delle terre dell'Arvo e quelle relative a dighe americane.

Come abbiamo detto, le terre comuni erano poste in opera in strati di cm 30, indi rullate. Più volte si tentò di misurare il coefficiente di costipamento, ma la misura era difficile da compiersi. Può valere, con una certa approssimazione, il computo che segue: ogni vagonetto da 0,75 mc era riempito dagli escavatori con una cucchiaia la cui capacità effettiva può ritenersi

(1) *Engineering News Record*, 18 dicembre 1930. Articolo citato.

era stata gettata nell'acqua e si era costipata naturalmente per peso. Interessava, quando la diga fosse giunta ad una certa altezza, riscontrare con qualche sondaggio lo stato di consistenza di questa argilla (1).

(1) Prelievi con sondaggi di poca profondità si facevano abitualmente per controllo: ma in questo caso si trattava di scendere 26 metri circa.

Tab. VI – Coefficiente di costipamento delle terre comuni

Stagione 1930

| MESE | Numero di vagonetti | Volume unitario mc | Volume totale di terra sciolta mc | Volume totale di terra rullata mc | Coefficiente di costipamento |
|---|---|---|---|---|---|
| Giugno ... | 36011 | 0,65 | 23207,70 | 16876 | 0,73 |
| Luglio .... | 44408 | 0,65 | 28862,20 | 22813 | 0,82 |
| Agosto.... | 34453 | 0,65 | 22394,45 | 18381 | 0,81 |
| Settembre | 30515 | 0,65 | 19834,75 | 15447 | 0,78 |
| Ottobre .. | 19868 | 0,65 | 12914,20 | 9888 | 0,76 |

La perforazione fu eseguita da quota 1274,85 circa e presentò varie difficoltà; si dovette operare con una sonda attrezzata appositamente con taglianti speciali (fig. 34) e avanzare con

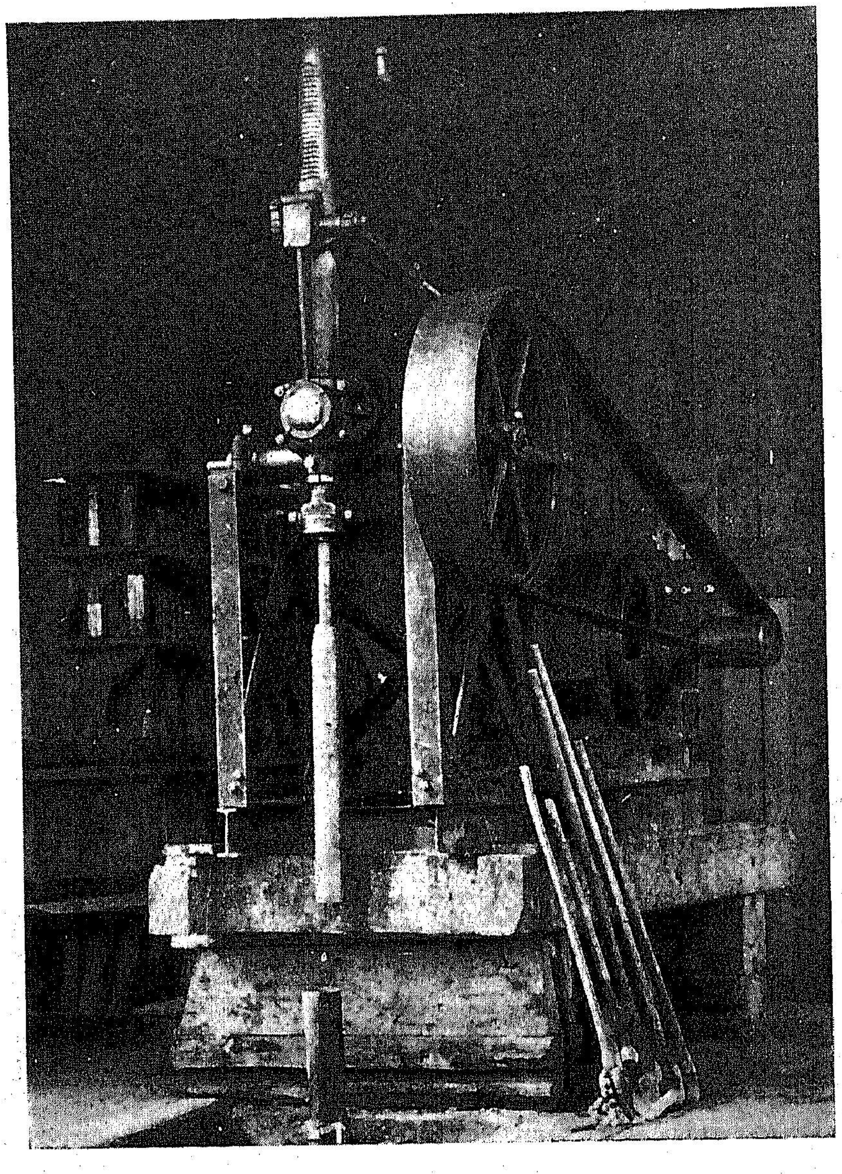


Fig. 34. - Sonda per l'estrazione di campioni del nucleo.

estrema precauzione per ottenere campioni che dessero indicazioni utili. Il foro, del diametro di 10 cm, era armato con un tubo metallico; giunti ad una certa profondità non fu più possibile penetrare col tagliante normale per la eccessiva pressione dell'argilla e si dovette proseguire con un utensile perforatore a punta speciale: i campioni furono allora estratti con una cucchiaia.

Tutta l'argilla fu trovata in stato assai prossimo alla consistenza normale, leggermente più umida di quello che non fosse nelle cave e ben compatta, anche nella zona gettata in acqua presso le fondazioni. Sui campioni estratti furono fatte alcune prove che, per uno di essi, prelevato nella parte centrale della diga giungendo alle fondazioni, sono riportate nella Tab. VII.

In totale furono eseguiti 4 sondaggi nelle posizioni indicate nella fig. 35.

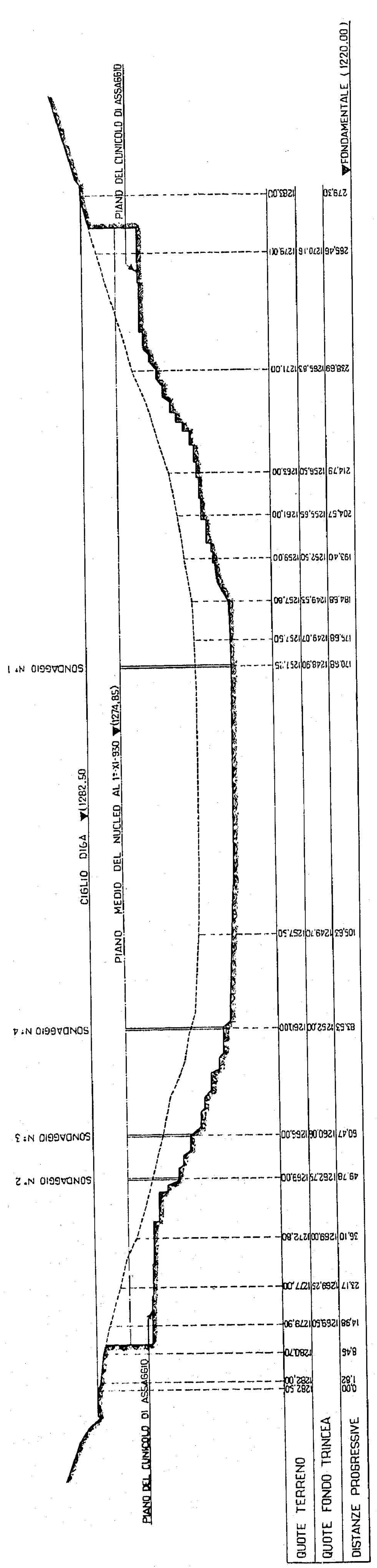



Fig. 35. - Sezione sull'asse della diga con la posizione dei sondaggi del nucleo.

Tab. VII - Caratteristiche dell'argilla estratta dal nucleo

Sondaggio n° 1

| Data di estrazione | Quota del punto di prelievo | Consistenza del materiale | Percentuale di argilla | Percentuale di acqua | Percentuale di acqua per consistenza normale | Permeazione in cmc per ore 24 | 48 | Epoca di posa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5-12-30 | 1271,27 | compatto | 75 | 17,80 | 23,70 | — | — | 1930 |
| 8-12-30 | 68,47 | meno compatto | 79,60 | 17,60 | 20,80 | — | — | » |
| 10-12-30 | 65,74 | compatto | 80,60 | 23,20 | 21,00 | — | — | » |
| 11-12-30 | 63,07 | » | 75,40 | 22,20 | 23,00 | 0 | 4 | » |
| 12-12-30 | 62,32 | » | 78,60 | 25,20 | 23,60 | — | — | 1929 |
| 12-12-30 | 61,27 | strato molle | 81,80 | 25,00 | 22,50 | 3 | 7 | » |
| 14-12-30 | 60,72 | compatto | 79,40 | 19,70 | 20,30 | 0 | 0 | » |
| 19-12-30 | 59,77 | » | 82,80 | 21,50 | 21,30 | 0 | 0 | » |
| 20-12-30 | 59,57 | strato molle | 76,40 | 25,90 | 21,00 | 0 | 0 | » |
| 22-12-30 | 58,57 | compatto | 84,80 | 21,40 | 23,20 | 0 | 0 | » |
| 30-12-30 | 55,87 | » | 85,80 | 22,60 | 26,30 | 0 | 0 | » |
| 31-12-30 | 55,32 | » | 79 | 21,80 | 25,00 | 0 | 1 | 1928 |
| 17- 1-31 | 53,87 | strato molle | 82,40 | 27,00 | 23,50 | 0 | 0 | » |
| 18- 1-31 | 51,77 | » » | 84,60 | 28,70 | 23,00 | 0 | 6 | » |
| » | 50,70 | compatto | 72,80 | 25,80 | 22,00 | 0 | 0 | » |
| » | 49,57 | » | 81,60 | 21,20 | — | — | — | |
| » | 48,70 | granito decomp. | | | | | | fondazione |

5°) Costo della costruzione.

Il costo medio del mc di materiale posto in opera, riferito al volume totale della diga (mc 340 000) risultò di circa L. 19. Da tale costo sono naturalmente esclusi gli oneri d'interessi passivi e spese generali dell'organizzazione centrale della Società.

Rispetto al costo medio, quelli dei diversi materiali stanno nei rapporti seguenti:

| | |
|---|---|
| Terre comuni .................... | 0,83 |
| Argille di 1ª e di 2ª ............. | 0,77 |
| Pietrame costipato e muratura a secco | 1,50 |
| Blocchetti di calcestruzzo ......... | 80,00 |

L'apparente anomalia del minor costo dell'argilla rispetto alla terra comune, dipende dalla ubicazione assai più favorevole delle cave dalle quali veniva estratta la prima.

*B*) Galleria Arvo-Ampollino.

1) Premesse.

Questo canale offre un esempio notevole di costruzione di gallerie forzate in presenza di acqua; nel Cap. II sono state già indicate le caratteristiche principali dell'opera, che qui riassumiamo. La galleria ha sezione circolare del diametro netto di m 2,60 ed è rivestita con un anello di calcestruzzo cementizio avente spessore ed armatura variabili secondo la pressione piezometrica interna; in qualche tratto di roccia buona l'armatura è stata omessa, sicchè il rivestimento è armato per circa 2/3 della lunghezza. Secondo il progetto, la pendenza avrebbe dovuto essere nulla, ma in realtà, per ragioni di costruzione, nella zona centrale si hanno due tratti con pendenze inverse dell'1‰; la galleria fu attaccata in quattro punti distinti col sistema solito per questo genere di opere, cioè in calotta (v. Cap. II, figg. 44 e 45, pag. 590).

I quattro attacchi erano:

*a*) Imbocco Arvo
*b*) Finestra Valletta
*c*) Discenderia Pentecane
*d*) Sbocco Ampollino a Pentecane.

I cantieri principali erano quelli che servivano gli attacchi *b*), *c*) e *d*) mentre il cantiere che serviva l'imbocco Arvo era assai modesto e non merita speciale menzione; gli ultimi due attacchi dipendevano dal cantiere denominato Pentecane, sulla sponda sinistra del serbatoio Ampollino.

2) Organizzazione dei cantieri.

La località di Pentecane (fig. 36), dove era situato questo cantiere, mancava di strade di accesso: vi si poteva pervenire in barca durante i periodi nei quali il lago Ampollino era alto e con una piccola decauville di servizio quando le acque erano basse. Il percorso ulteriore su strada ordinaria per raggiungere l'altro imbocco (finestra Valletta) era di circa 40 km, mentre attraversando la montagna occorrevano circa tre ore di marcia.

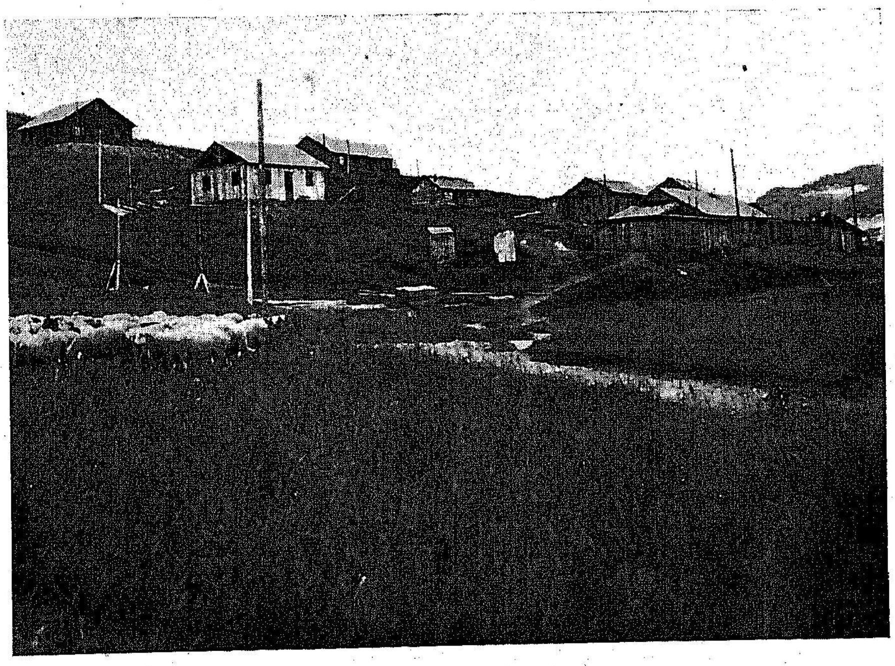


Fig. 36. - Cantiere di Pentecane.

L'energia elettrica occorrente nei cantieri era fornita da una linea a 18 kV, della quale daremo maggiori notizie nel capitolo seguente. Il tracciato estremamente accidentato di questa linea, in una zona quasi del tutto disabitata, e le fortissime bufere che si scatenano sull'Altipiano durante l'inverno, resero nel primo periodo di lavoro assai frequenti le interruzioni di servizio, sicchè si dovette provvedere un'alimentazione più sicura. Ciò fu ottenuto collegandosi alla linea a 60 kV Sila-Cosenza, con un'apposita cabina della potenza di 2000 kVA, situata a circa 4 km da Pentecane, donde venne distaccata una nuova linea a 18 kV per questo cantiere, che si allacciava poi con quella esistente fra Pentecane e la Valletta.

Inoltre, siccome all'attacco di Pentecane lo sbocco dell'acqua non era libero, ma l'esaurimento delle filtrazioni si otteneva mediante pompe, e siccome ogni arresto, anche breve, dell'impianto di sollevamento produceva l'allagamento della galleria,

con gravissimi danni e lunghi arresti dell'avanzamento, si aggiunsero due gruppi termici di esaurimento, come riserva. Uno di questi era costituito da un motore semi-Diesel, a testa calda, della potenza di 75÷80 HP che azionava a mezzo cinghia una pompa centrifuga della portata di 250 l/sec; l'altro, da due motori a benzina della potenza complessiva di circa 80 HP, che azionavano, a mezzo di un comune albero di rinvio, una pompa centrifuga della portata di 200 l/sec (1).

L'attrezzatura del cantiere di Pentecane, nella fase definitiva di costruzione (cioè dopo l'ottobre 1929) era così composta:

*a*) Una cabina di trasformazione, situata presso la discenderia e contenente 5 trasformatori 18 000/220 V per una potenza complessiva di 500 kVA e 4 trasformatori 18 000/5 000 V per una potenza complessiva di 200 kVA. Da essa partivano le linee a 220 V per l'alimentazione degli impianti esterni (compressori, argani, impianto edile, carica accumulatori ecc.) e le linee a 5 000 V in cavo, che alimentavano le cabine interne in galleria, per la fornitura di energia agli impianti di esaurimento e di ventilazione.

*b*) Una cabina di trasformazione, situata presso lo sbocco, con due trasformatori 18 000/220 V della potenza complessiva di 200 kVA. Essa alimentava essenzialmente le pompe allo sbocco e qualche impianto sussidiario.

*c*) Due gruppi compressori, alimentati da motori della potenza complessiva di 175 HP.

*d*) Un impianto di carica per le batterie dei locomotori elettrici ad accumulatori, usati per i trasporti in galleria.

*e*) Un impianto di ventilazione, costituito da due ventilatori centrifughi, dei quali uno era installato all'ingresso della discenderia e l'altro nell'interno della galleria a m 1350 dallo sbocco.

*f*) Un'officina meccanica, provvista di tornio, trapano, mola a smeriglio, apparecchio per saldatura autogena, ed infine di un forno a nafta e di una forgiatrice ad aria compressa

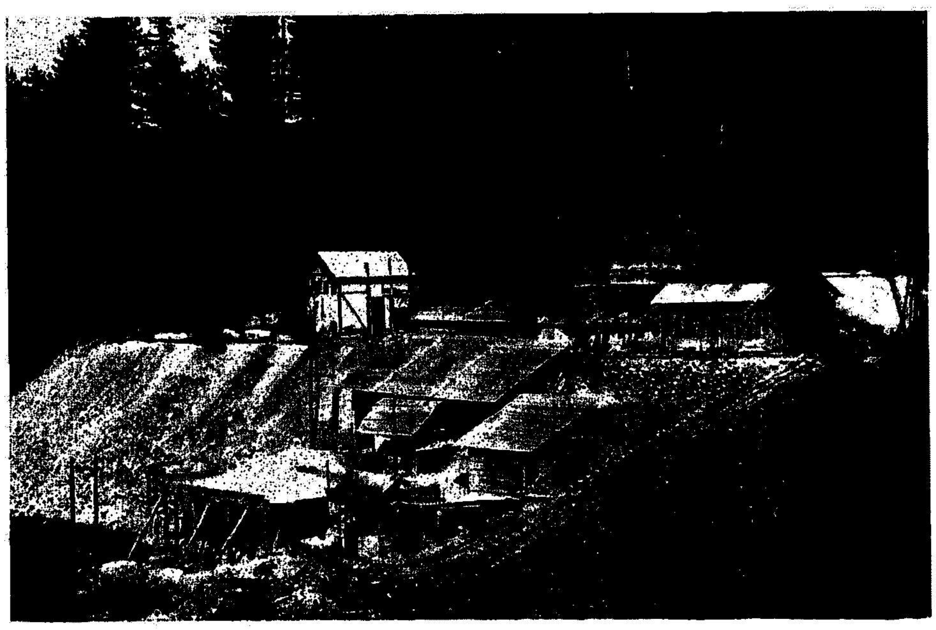


Fig. 37. - Cantiere Valletta.

per la preparazione dei taglianti e delle impugnature dei ferri da mina.

*g*) Una piccola falegnameria.

*h*) Un impianto edile a cascata, per la macinazione del pietrisco proveniente dalla galleria e per la preparazione dei calcestruzzi, capace di circa 40 mc al giorno.

*i*) Un argano da 3600 kg per l'estrazione e la discesa del materiale mediante il piano inclinato della discenderia.

*l*) Uffici, magazzini e baraccamenti operai.

(1) Il provvedimento risultò assai utile in varie circostanze; in particolare, nel febbraio 1930, una terribile bufera di neve mise fuori servizio entrambe le linee di alimentazione del cantiere e per due giorni i gruppi funzionarono continuamente, salvando la galleria da un completo disastro.

Il cantiere Valletta (fig. 37), che serviva la finestra d'attacco principale nella valle dell'Arvo, data la sua vicinanza ai cantieri della diga, non aveva officina propria, ma era anch'esso provvisto di forgiatrice ad aria compressa. Comprendeva inoltre i seguenti impianti (fase definitiva):

*a*) Cabina di trasformazione contenente 4 trasformatori 18 000/200 V della potenza complessiva di 400 kVA e 3 trasformatori 18000/5000 V della potenza complessiva di 150 kVA.

*b*) Due gruppi compressori, alimentati da motori della potenza complessiva di HP 225.

*c*) Un impianto di carica per le batterie dei locomotori.

*d*) Un impianto edile a cascata, con molini per sabbia, frantoi e montacarichi per il materiale, capace di produrre circa 50 mc al giorno di calcestruzzo.

*e*) Baracche per deposito e magazzino.

Questo cantiere era collegato, mediante una decauville adatta al transito di locomotori, con il cantiere della diga, dove aveva sede la Direzione locale dei lavori.

La perforazione della galleria fu iniziata nel giugno 1927 dagli attacchi della discenderia di Pentecane e della finestra Valletta.

### 3) Svolgimento della perforazione e sviluppo degli impianti interni.

Ciascuno dei quattro attacchi si trovava in circostanze diverse per ubicazione, condizioni di lavoro e lunghezza del tratto da perforare; inoltre si incontrarono subito caratteristiche differenti di roccia.

a) *L'imbocco Arvo*, per la tratta parietale della galleria, incontrò granito decomposto, relativamente asciutto e la perforazione da questo lato non diede mai gravi difficoltà; si ebbero solo piccoli fornelli, senza importanza. Il totale dell'acqua, diffusa lungo un percorso di circa 800 metri, in corrispondenza delle vene di roccia non alterata, salì ad un massimo di 14 l/sec.

b) *Alla finestra Valletta* si iniziò la perforazione nel granito decomposto asciutto; però si raggiunse ben presto una zona di granito abbastanza sano con piccole infiltrazioni e subito dopo un filone di pegmatite con venute d'acqua molto intense. Nel settembre '27, a soli m 140 dall'imbocco, le infiltrazioni avevano sorpassato 40 l/sec.

Malgrado che alla finestra fosse stata assegnata una pendenza sensibile, lo smaltimento delle acque risultava assai difficile e si rese necessario sospendere l'avanzamento per scavare una profonda cunetta di drenaggio. Ripreso l'avanzamento nell'ottobre, l'acqua continuò ad aumentare, portandosi sempre al fronte d'attacco, e raggiungendo 75 l/sec a m 150, 91 l/sec a m 170 e 160 l/sec a m 225 di profondità, progressiva alla quale si pervenne il giorno 20 gennaio dopo quasi sette mesi di lavoro, con un avanzamento medio giornaliero di poco superiore a 1 metro.

In queste condizioni, ogni ulteriore progresso era impossibile e si decise di deviare dal tracciato di progetto, nella speranza di trovare rocce migliori e di ottenere che le venute d'acqua rimanessero concentrate al fondo del cunicolo che si abbandonava. Effettivamente la deviazione incontrò sul principio roccia ottima e asciutta, poi fu trovata la medesima vena di pegmatite che aveva arrestato l'altro avanzamento, ma meno acquifera ed in cambio franosa. Dopo varie difficoltà (si facevano da 10 a 20 cm di avanzamento al giorno con 4 sciolte) questa vena fu sorpassata, e alla fine di luglio del 1928 si potè considerare finita la finestra, che risultò lunga m 340 ca, ed iniziare la perforazione della vera e propria galleria di derivazione.

Avviati i due attacchi, quello di attraversamento del Montenero verso l'Ampollino e quello parietale verso l'Arvo, si trovò in quest'ultimo, a pochi metri dal vertice, un'importante venuta

d'acqua (fig. 38) e si decise di abbandonare temporaneamente la perforazione che proseguiva intanto dal lato del serbatoio.

Nell'attacco verso il Montenero, invece, il granito era buono e soltanto un po' umido, sicchè si sperò che fossero superate

Fig. 38. - Venuta d'acqua all'attacco della galleria parietale lato Valletta.

le maggiori difficoltà, pensando che nell'interno della montagna, a circa 600 m di profondità, non si dovesse trovare acqua. Malauguratamente, questa speranza fu del tutto fallace e dopo un periodo di circa un anno di lavoro abbastanza facile, le infiltrazioni ricominciarono a manifestarsi e a crescere progressivamente, man mano che procedeva l'avanzamento.

c) *L'attacco di Pentecane alla discenderia*, come il precedente, si trovò subito in condizioni difficilissime. La discenderia, che aveva una lunghezza di circa m 50 ed una pendenza di 30°, cadeva negli scisti cristallini, inframezzati da gneis e pietre verdi, nei quali già dall'inizio si trovarono piccole quantità d'acqua che resero necessario l'impianto di pompe di esaurimento. Per vari motivi, fra i quali la deficenza di attrezzatura e la difficoltà di accesso e di sorveglianza di questo cantiere, il lavoro andò molto a rilento, sicchè la discenderia fu completata solo nell'ottobre 1927. Alla base di essa era installato un complesso di piccole elettropompe, della capacità totale di 40 l/sec, che si presumeva, in base ai rapporti dei geologi interpellati, dovesse essere più che sufficiente per esaurire le probabili infiltrazioni della galleria verso monte, fino a che non fosse perforata la tratta di sbocco. Per il primo periodo di lavoro, sembrò che i fatti dessero ragione alle previsioni, ma successivamente le venute d'acqua cominciarono ad accentuarsi e a presentare la stessa caratteristica di progressivo aumento riscontrata alla Valletta. A 320 metri esse avevano raggiunto 16 l/sec, a 600 m erano già di 30 l/sec ed il lavoro cominciava a divenire assai penoso; inoltre, il fatto che la galleria non aveva pendenza, obbligava a scavare nel fondo adatte cunette di drenaggio e a moltiplicare gli impianti di pompe in galleria, sicchè l'avanzamento giornaliero risultava bassissimo.

d) *L'attacco di Pentecane allo sbocco Ampollino* si svolse quasi completamente in terreno alluvionale saturo d'acqua, costituito dai coni di deiezione di vari torrenti che in quel punto confluiscono nell'Ampollino. Solo in vicinanza della discenderia si trovò roccia, ma anche questa cattiva e con infiltrazioni. Le condizioni di lavoro furono sempre difficili; ma, essendo limitata la lunghezza della tratta e riducendosi sensibilmente le venute d'acqua nella stagione asciutta, si riuscì a compiere la perforazione approfittando delle epoche favorevoli senza ricorrere ad attrezzature eccezionali.

Nelle condizioni sopra esposte il lavoro fu portato innanzi ai quattro attacchi, con difficoltà maggiori, come abbiamo detto, alla Valletta e alla discenderia di Pentecane, dove spesso l'avanzamento doveva essere sospeso per provvedere a nuove sistemazioni di esaurimento. Prescindendo dai due attacchi minori e riferendosi solo a quelli della tratta di attraversamento del Montenero, alla fine di ottobre del 1929, cioè dopo due anni e mezzo di lavoro, si erano perforati circa 2100 metri, con una progressione media giornaliera di circa m 1,50 per attacco. Poichè la lunghezza complessiva era di oltre 4700 metri e ne rimanevano da perforare circa 2600 in condizioni che si prevedevano sempre più difficili, risultava evidente che, senza un mutamento radicale dei sistemi di lavoro, la galleria non avrebbe potuto essere finita in tempo utile per l'entrata in servizio, che in ogni caso doveva effettuarsi entro il 1931.

L'Impresa alla quale era stata affidata la costruzione, non essendo in grado di fronteggiare le difficoltà incontrate, rinunziò alla prosecuzione e la Società, avocando a sè la sistemazione degli impianti di esaurimento, proseguì il lavoro di perforazione con un contratto di cottimo speciale. Questi provvedimenti diedero in breve i risultati che se ne speravano, come mostrano all'evidenza i diagrammi di avanzamento riportati più oltre (fig. 44).

Le difficoltà da vincere erano varie: oltre alla presenza dell'acqua, che influiva in modo nefasto sul rendimento della mano d'opera, nuoceva ad un andamento regolare del lavoro anche l'estrema variabilità delle rocce, che si alternavano continuamente con caratteristiche diversissime: graniti disfatti, rocce dure con fratturazione minuta, rocce dure fratturate a grandi elementi con liscioni pericolosi, rocce facilmente sgretolabili senza piani di stratificazione, pegmatiti dure e venate, scisti contorti; infine, con grande frequenza, lenti di granito completamente trasformato in argilla. Ogni variazione obbligava a cambiare sistema di attacco, direzione dei colpi, metodo di lavoro e la mano d'opera non poteva avere lo stesso rendimento che si raggiunge nella perforazione di rocce uniformi. Inoltre la temperatura assai bassa delle acque di infiltrazione, che oscillava fra 5° e 7° C, obbligò ad usare esplosivi speciali di sicurezza e, sopratutto, ad organizzare durante l'inverno locali di riscaldamento per i minatori, che uscivano dalla galleria bagnati e quasi assiderati, malgrado tutte le difese di impermeabili e di stivali (1).

Alla fine dell'ottobre '29 le infiltrazioni totali erano le seguenti: attacco Valletta 220 l/sec, attacco Pentecane 160 l/sec. In quest'ultimo, malgrado che la tratta verso lo sbocco fosse stata intanto perforata, non si aveva egualmente libero lo sfogo delle acque, perchè l'invaso del serbatoio si trovava per molti mesi al disopra della galleria, raggiungendo un battente di circa 6 metri. La sistemazione degli impianti fu iniziata subito e completata nel marzo 1930; meglio che da una lunga descrizione, i provvedimenti adottati risultano dalle rappresentazioni schematiche delle figg. 39 e 40 che indicano il complesso delle installazioni interne a galleria perforata. Naturalmente, queste installazioni si andarono realizzando per gradi, col progredire dell'avanzamento.

In ciascun tronco furono costruite due cabine di trasformazione 5 000/220 V con potenza globale di 500 kVA; l'esaurimento fu effettuato con 13 elettropompe fisse, alimentate da queste cabine, insieme con altre 7 alimentate direttamente a 220 V dall'esterno; varie stazioni di pompe mobili si aggiungevano di volta in volta, spostandole a seconda delle necessità.

L'acqua aspirata dalle pompe veniva ricacciata verso l'esterno, entro condotti del diametro di 300 mm costruiti col lamierino da 16/10 usato per i tubi di ventilazione, saldato con parti-

(1) Il lavoro durissimo rese in alcuni periodi assai disagevole il reclutamento del personale.

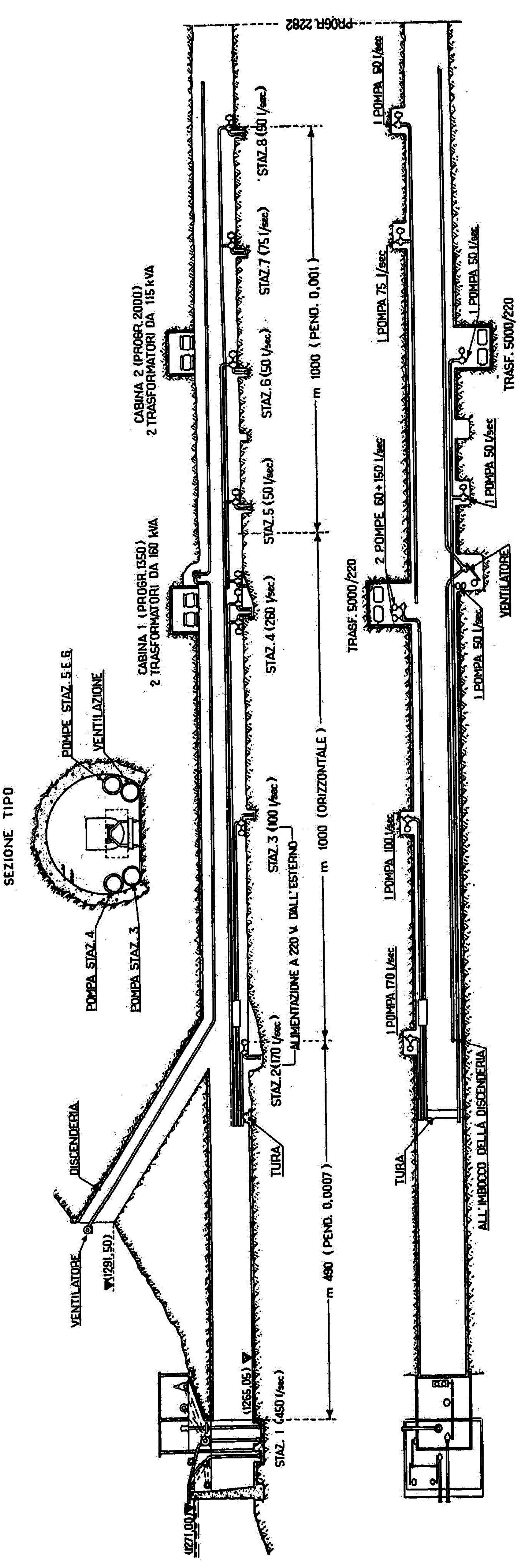



Fig. 39. - Sistemazione degli impianti in galleria - Lato Pentecane.

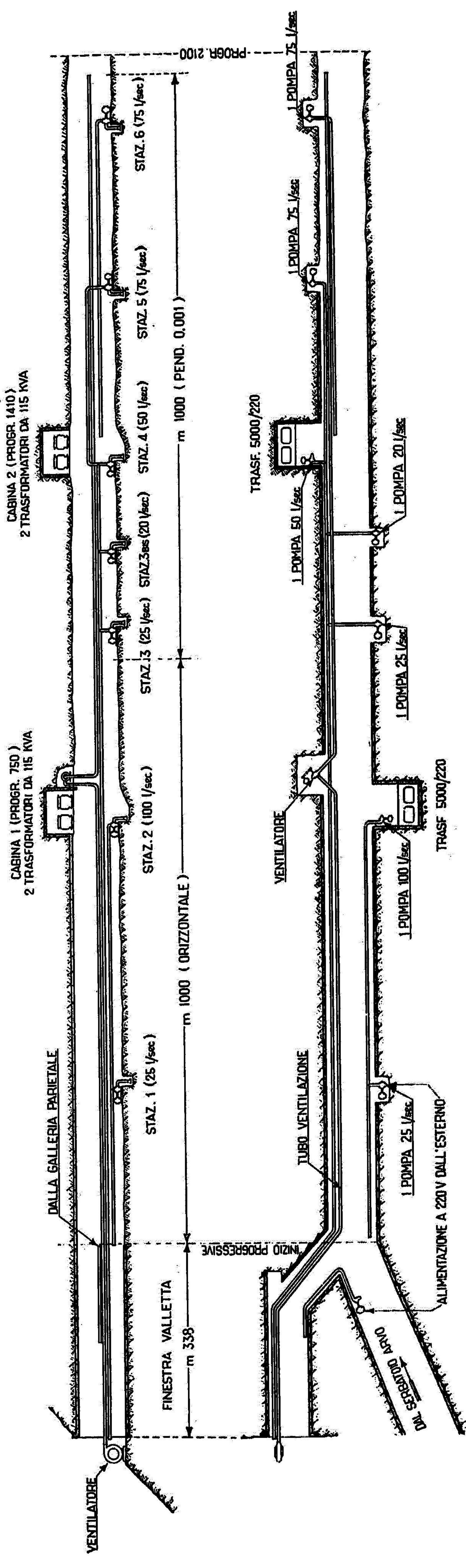
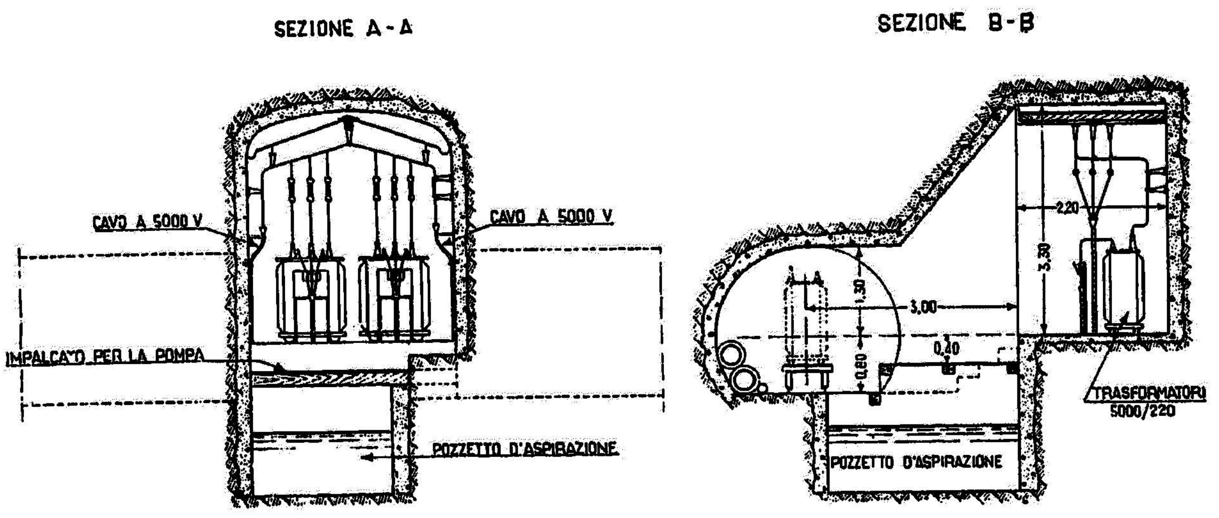



Fig. 40. - Sistemazione degli impianti in galleria - Lato Valletta.



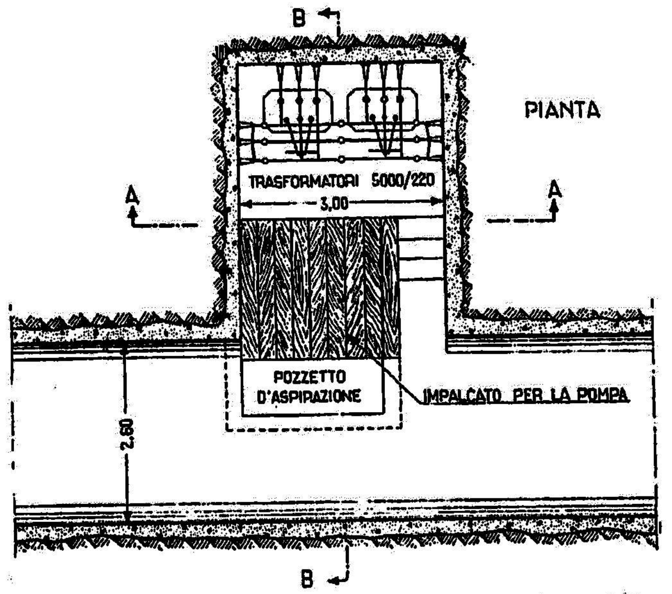




Fig. 41. - Tipo di cabina di trasformazione 5000/220 V, in galleria.

colare cura (1). Le pompe erano tutte verificate in apposito impianto di prova, istituito presso il cantiere Arvo, sia all'arrivo, sia dopo le eventuali riparazioni e le loro caratteristiche

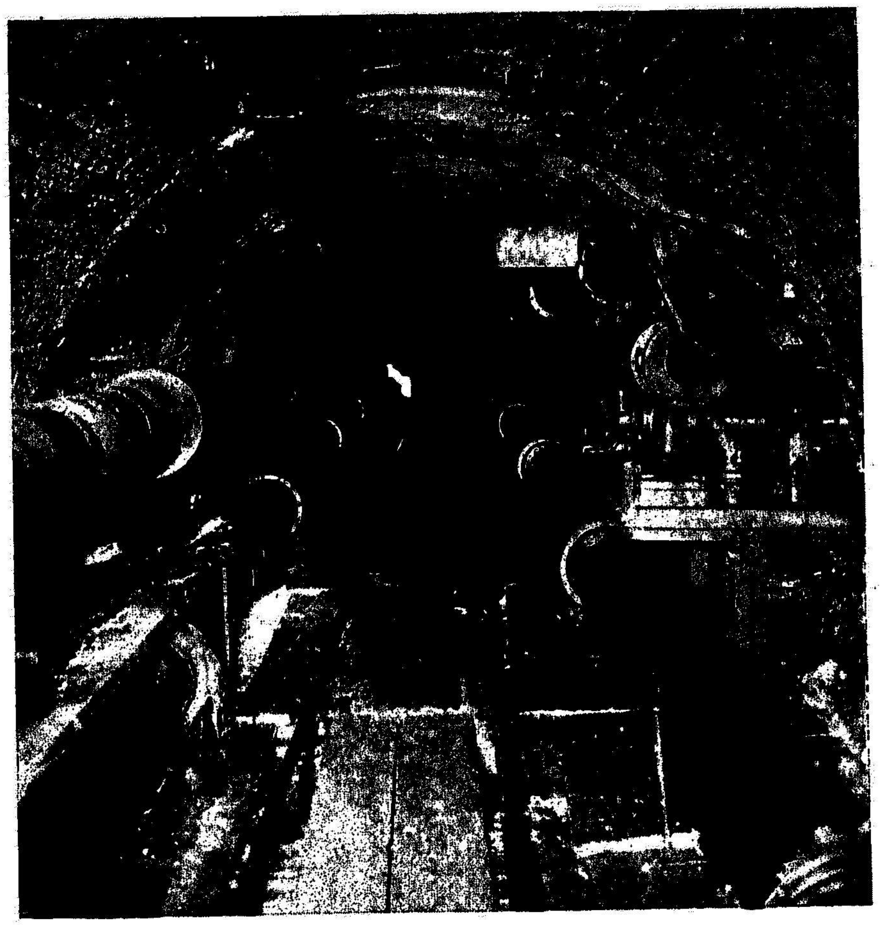


Fig. 42. - Stazione di esaurimento con una sola pompa.

venivano controllate nei limiti d'impiego previsti. Ciò evitava di procedere per tentativi nelle installazioni, consentendo di modificare progressivamente gli impianti secondo ciò che richiedevano le condizioni di avanzamento, con tutta l'elasticità necessaria.

La fig. 41 rappresenta il tipo delle cabine elettriche costruite in galleria; esse funzionarono sempre regolarmente e non diedero nessun disturbo, malgrado la forte umidità. Le figg. 42 e 43 rappresentano stazioni di esaurimento e zone di galleria durante la costruzione.

Come è già stato ricordato, per facilitare l'evacuazione delle acque all'avanzamento (che erano le più fastidiose per il lavoro), si decise di dare una lieve pendenza alla galleria da ambo gli attacchi, pendenza che fu fissata all'1‰. Ciò malgrado, fu sempre necessario ricavare sul fondo apposite cunette per convogliare le acque fino alle stazioni di pompaggio.

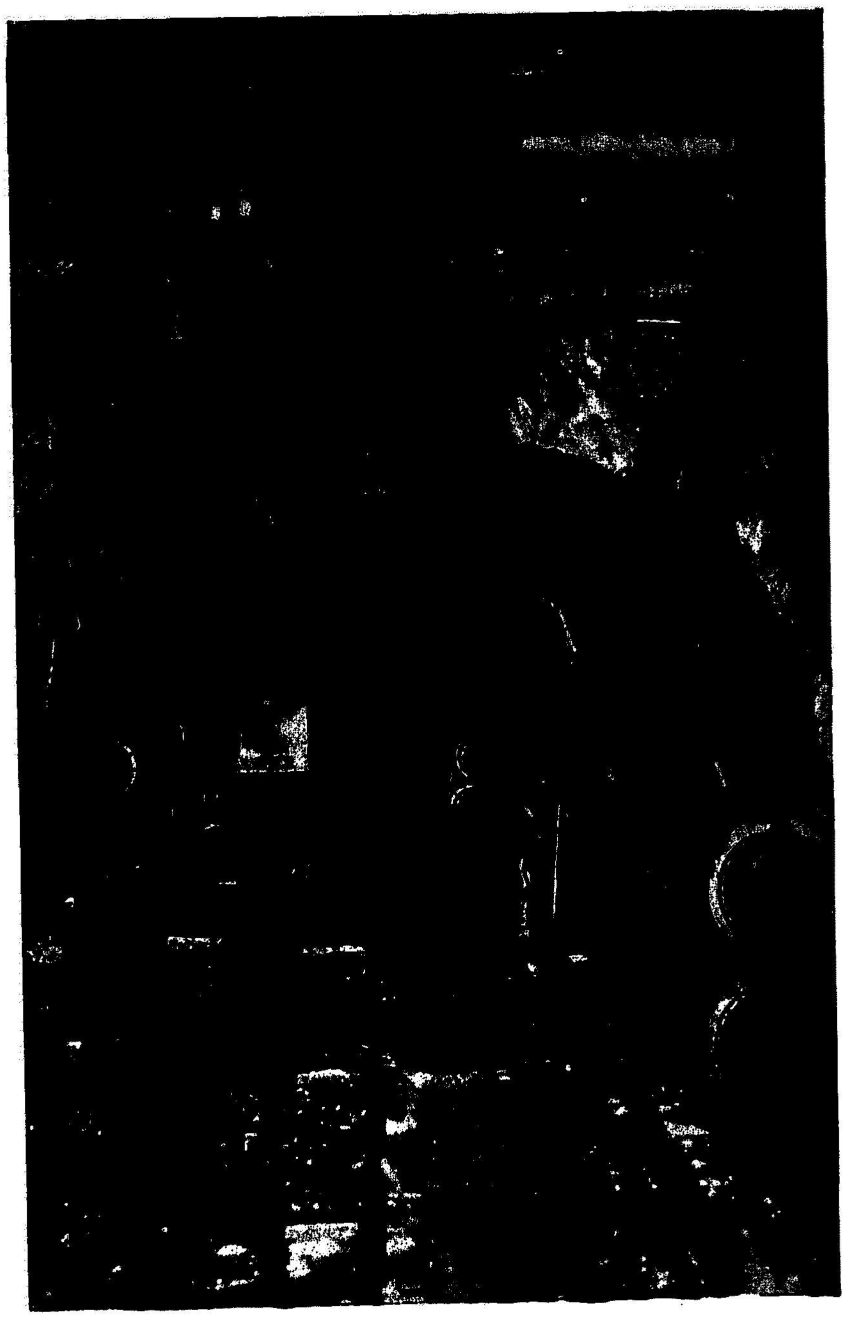


Fig. 43. - Sistemazione finale delle condotte di esaurimento.

Per l'aria compressa occorrente alla perforazione (1) non si

---

(1) I tubi vennero costruiti in cantiere e resistettero ottimamente alla pressione, che saliva fino a 20 m d'acqua. Potrà interessare conoscere le perdite di carico che, secondo le misure effettuate, risultarono circa le seguenti:

| | |
|---|---|
| $Q =$ 30 l/sec, | $Y =$ 0,80 m/km |
| $Q =$ 50 » | $Y =$ 2,30 » |
| $Q =$ 100 » | $Y =$ 9,15 » |
| $Q =$ 150 » | $Y =$ 20,60 » |

Al termine del lavoro, erano installati in galleria circa 9 km di tubazioni di esaurimento e 8 km di cavi ad alta e a bassa tensione; la portata complessiva delle infiltrazioni raggiunse un massimo di quasi 900 l/sec.

(1) Tutto il lavoro fu eseguito con martelli perforatori ordinari. Un tentativo d'impiego di perforatrici a colonna diede esito assolutamente negativo, perchè questo tipo di utensile non si adatta dove la roccia ha caratteristiche molto variabili e si richiedono importanti armature in legname.

ebbero mai serie difficoltà; essa veniva condotta all'avanzamento mediante tubazioni del diametro iniziale di 4" e finale di 3". Ai tubi a manicotto, che davano perdite notevoli ed erano assai fastidiosi da installare, furono ad un certo punto sostituiti quelli con giunto *Victaulic.*

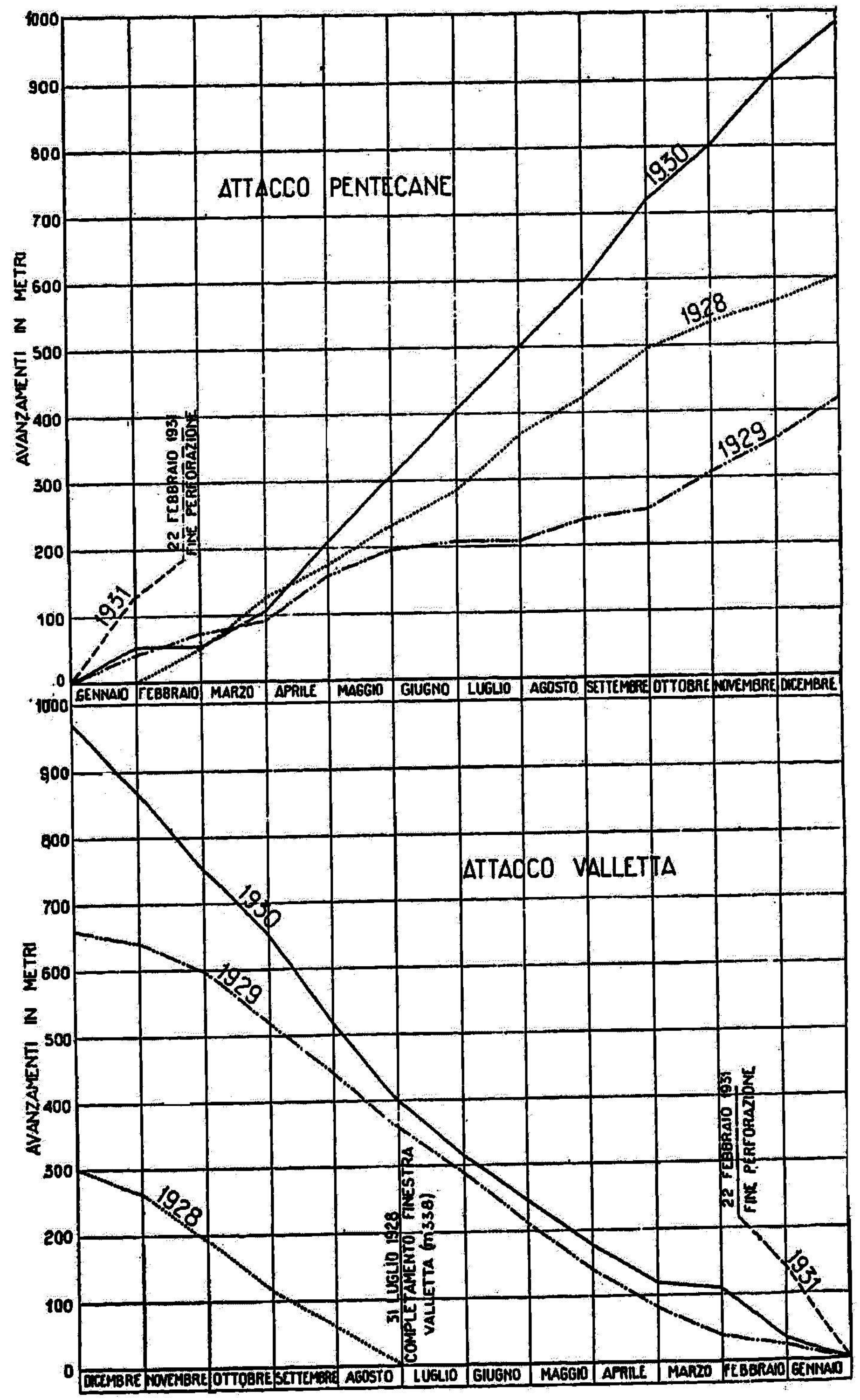



Fig. 44. - Diagrammi di avanzamento della perforazione.

Difficoltà si ebbero invece per la ventilazione, che a 1000 metri di profondità, con il solo ventilatore installato all'esterno, risultava del tutto insufficiente. Essendo impossibile aumentare il diametro o il numero dei tubi per la ristrettezza della sezione, dove il poco spazio disponibile era già in gran parte occupato dalle condotte di esaurimento, si provvide ad installare in serie sul tubo di ventilazione, in entrambi gli attacchi a circa 900÷1000 m dall'imbocco, un secondo ventilatore identico a quello esterno, con motore elettrico alimentato dalle cabine a 5 000 V. Con questo sistema si ebbe poi fino all'ultimo una buona ventilazione.

Per l'estrazione del materiale di scavo e per il trasporto inverso del calcestruzzo di rivestimento, si impiegarono locomotori elettrici ad accumulatori (2 per attacco) con motore della potenza di 4÷5 HP: questi locomotori fecero un servizio ottimo, per quanto lavorassero in condizioni difficilissime, in ambiente assai umido e talvolta con acqua alta 20÷30 cm sulle rotaie.

La perforazione fu completata il 29 febbraio 1931 con incontro perfetto, sia come direzione che come quota; nella seconda fase del lavoro, pur considerando come utile tutto il periodo occorso per le sistemazioni interne, si era così raggiunto un avanzamento medio giornaliero di m 2,70 circa per attacco, quasi doppio di quello ottenuto nella prima fase. Riferendosi al solo periodo successivo al completamento delle sistemazioni (dall'aprile 1930) la progressione media sale a m 3,30 circa (v. diagramma della fig. 44) valore assai notevole se si considerano le circostanze eccezionali nelle quali si svolgeva il lavoro.

4) Esecuzione dei rivestimenti.

Di pari passo con la perforazione, e mantenendo una distanza di circa m 300 dal fronte d'avanzamento, era stato portato innanzi il rivestimento di calotta e piedritti della galleria.

Anche questa parte del lavoro presentò difficoltà abbastanza considerevoli, sia per la presenza dell'acqua, sia per le caratteristiche della roccia. Dovendosi costruire una galleria forzata, non era infatti possibile lasciare drenaggi a tergo della muratura, ma occorreva che questa fosse portata ovunque contro la roccia ed avesse grande compattezza. La necessità di includere nel calcestuzzo l'armatura metallica complicava ancor più il lavoro.

Fig. 45. - Una venuta d'acqua concentrata.

Mancando all'esterno cave di materiale adatto, si impiegava per i calcestruzzi il pietrisco proveniente dalla galleria (1), ma

(1) La dosatura media dei calcestruzzi fu la seguente:

| | |
|---|---|
| cemento tipo 325 . . . . . . . . . . . . | kg 250 |
| ghiaia da cm 6 a cm 1 . . . . . . . . . . | 1 600 |
| ghiaietto da cm 1 a cm 0,5 . . . . . . . | » 300 |
| sabbia, sotto cm 0,5 . . . . . . . . . . | » 200 |

Con questa composizione, i cubi di prova diedero una resistenza media di kg/cmq 120 a 7 giorni e di kg/cmq 140 a 28 giorni.

neanche questo aveva caratteristiche ideali e, malgrado ogni sforzo, non si riuscì mai ad ottenere getti perfetti. Deve notarsi che, per dare compattezza al rivestimento, sarebbe occorso adoperare beton plastico, ciò che in presenza d'acqua è una cosa molto difficile e pericolosa.

Un'idea delle difficoltà incontrate può essere data dalla fig. 45 che rappresenta una delle venute d'acqua contro le quali occorreva murare; in questi casi, si disponeva davanti ai getti d'acqua una protezione in lamierino sottile (5/10) ben battuta contro la roccia, allo scopo di lasciare la minore possibile intercapedine, e contro il lamierino si gettava il calcestruzzo; talvolta però l'acqua abbatteva i lamierini o sbucava da altre fessurazioni nelle rocce, obbligando a ripetere il lavoro.

Comunque, il rivestimento di calotta e piedritti fu completato entro il marzo '31, dopo di che, volendo iniziare il servizio entro il dicembre, si dovevano compiere in 8 mesi, su tutta la lunghezza della galleria, tre lavori estremamente difficili: l'arco rovescio, l'intonaco e le iniezioni.

Per l'arco rovescio dovevano eseguirsi gli scavi in presenza d'acqua, mantenendo in servizio cavi, pompe e tubazioni, che quindi dovevano opportunamente proteggersi e potevano togliersi gradualmente solo man mano che era completato il rivestimento. L'intonaco doveva essere fatto stagnando le venute d'acqua attraverso il calcestruzzo con l'impiego di acceleratori di presa, senza dei quali nessuna apposizione d'intonaco era possibile. Infine, le iniezioni erano da compiersi dopo finito l'intonaco, in presenza di quantità grandissime d'acqua uscenti dai tubi appositamente lasciati nel rivestimento, spesso con pressioni molto forti.

Tutte queste difficoltà furono superate con una organizzazione dei servizi particolarmente accurata e facendo precedere una serie di esperimenti, per stabilire in ogni caso il miglior sistema di lavoro. Le venute d'acqua in galleria, allorchè fu iniziato l'arco rovescio, sommavano a circa 600 l/sec: ciò malgrado la muratura (che venne iniziata al centro della galleria e da qui sviluppata nei due sensi verso l'esterno) fu eseguita senza drenaggi di sorta, salvo piccole cunette di adduzione ai pozzetti delle pompe nelle zone di intense venute d'acqua. Queste cunette erano separate le une dalle altre e riempite di pietrame a secco in modo da ridurre la quantità di cemento che in seguito si avrebbe dovuto iniettare.

L'intonaco, con la precauzione di raccogliere l'acqua entro tubi di dimensioni adeguate ed abbastanza vicini dove più forti erano le filtrazioni, riuscì abbastanza bene, con l'uso dei soliti tipi di acceleratori. Entrambi i lavori erano completi a fine settembre con sensibile anticipo rispetto ai programmi.

Nel frattempo si erano cominciate anche le iniezioni, per le quali si impiegarono miscele cemento-acqua in proporzione variabile da 1:1 a 1:1,6. L'aggiunta di sabbia fu praticamente impossibile, occorrendo usare quasi dovunque pompe ad azione diretta ad alta pressione.

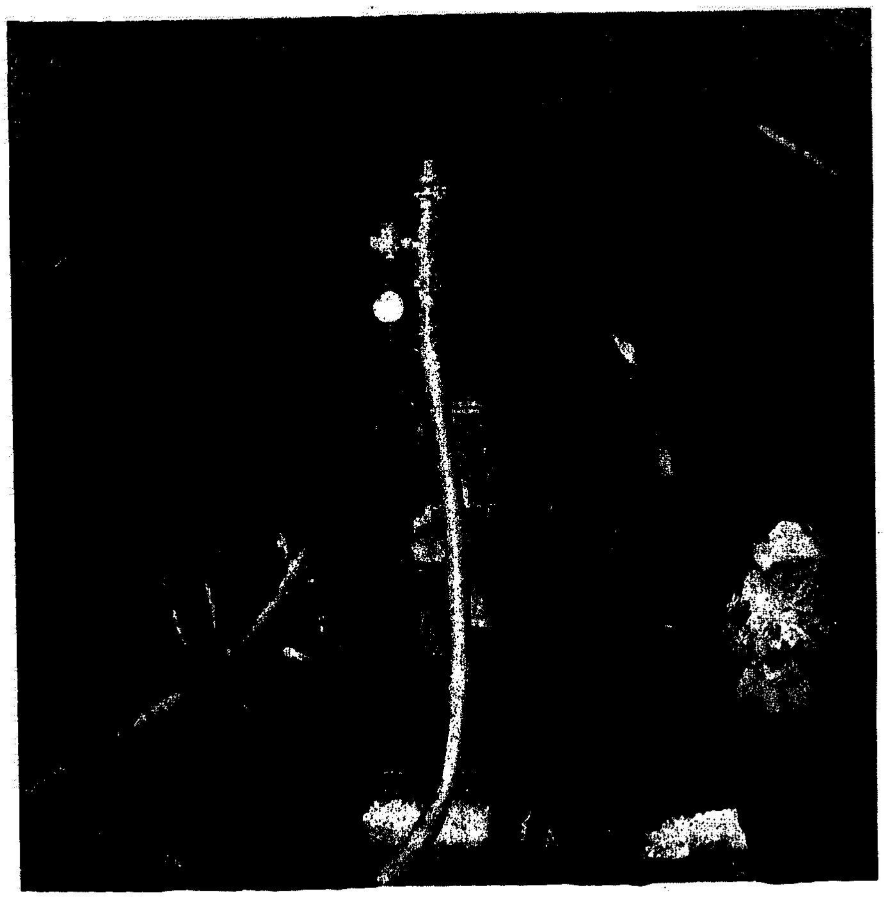


Fig. 47. - Macchina per iniezioni ad azione diretta.

Il procedimento delle iniezioni era il seguente: ciascuna zona ricca di acqua si isolava tra due zone relativamente asciutte, iniettando completamente queste ultime. Indi si facevano procedere dalle estremità verso il centro le macchine ad aria compressa (fig. 46), iniettando la parte inferiore della sezione; poi queste stesse macchine tornavano indietro, praticando le iniezioni lungo i piedritti e la calotta. Dopo questa prima passata a bassa pressione, si procedeva alle iniezioni definitive, dagli estremi verso il centro, con macchine ad azione diretta (fig. 47), riuscendo così a concentrare le venute d'acqua in pochi gruppi di grossi getti a forte pressione. Le ultime iniezioni raggiungevano pressioni di 30÷40 atmosfere e, durante questo lavoro, in qualche punto saltava l'intonaco, che veniva di volta in volta riparato. Nei tubi di raccolta dell'acqua che restavano attivi, si misurava la pressione e se questa risultava superiore alla pressione idrostatica prevista in galleria si lasciavano aperti accompagnando il getto con un tubo che lo guidasse lungo la parete della galleria; altrimenti, si ripetevano le iniezioni fino a raggiungere la stagnatura o l'aumento della pressione fino al valore prescritto. La fig. 48 mostra la violenza di alcuni dei getti residui.

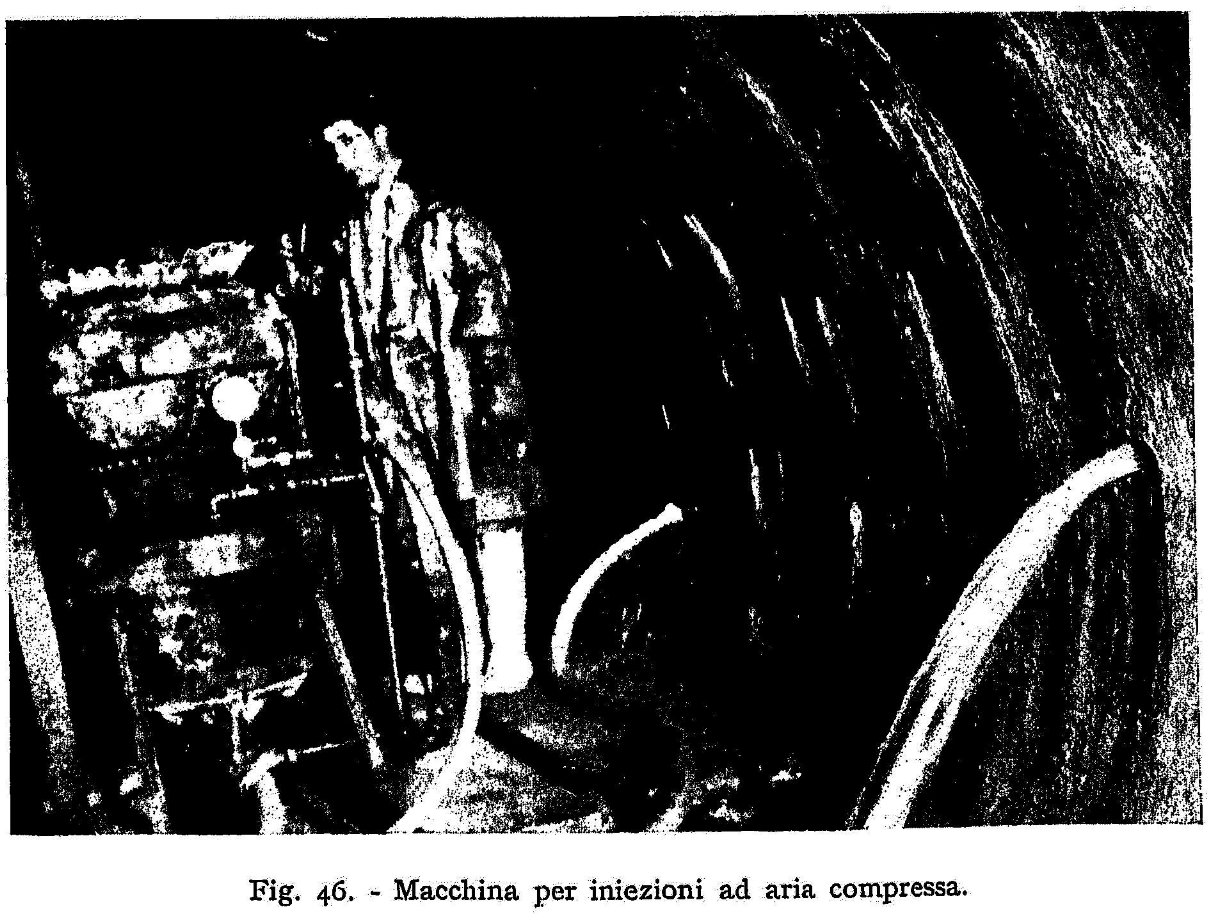


Fig. 46. - Macchina per iniezioni ad aria compressa.

Il consumo di cemento per le iniezioni fu molto variabile; la tratta parietale era, come abbiamo detto, abbastanza asciutta nella zona del granito decomposto, mentre aveva infiltrazioni fortissime nella zona

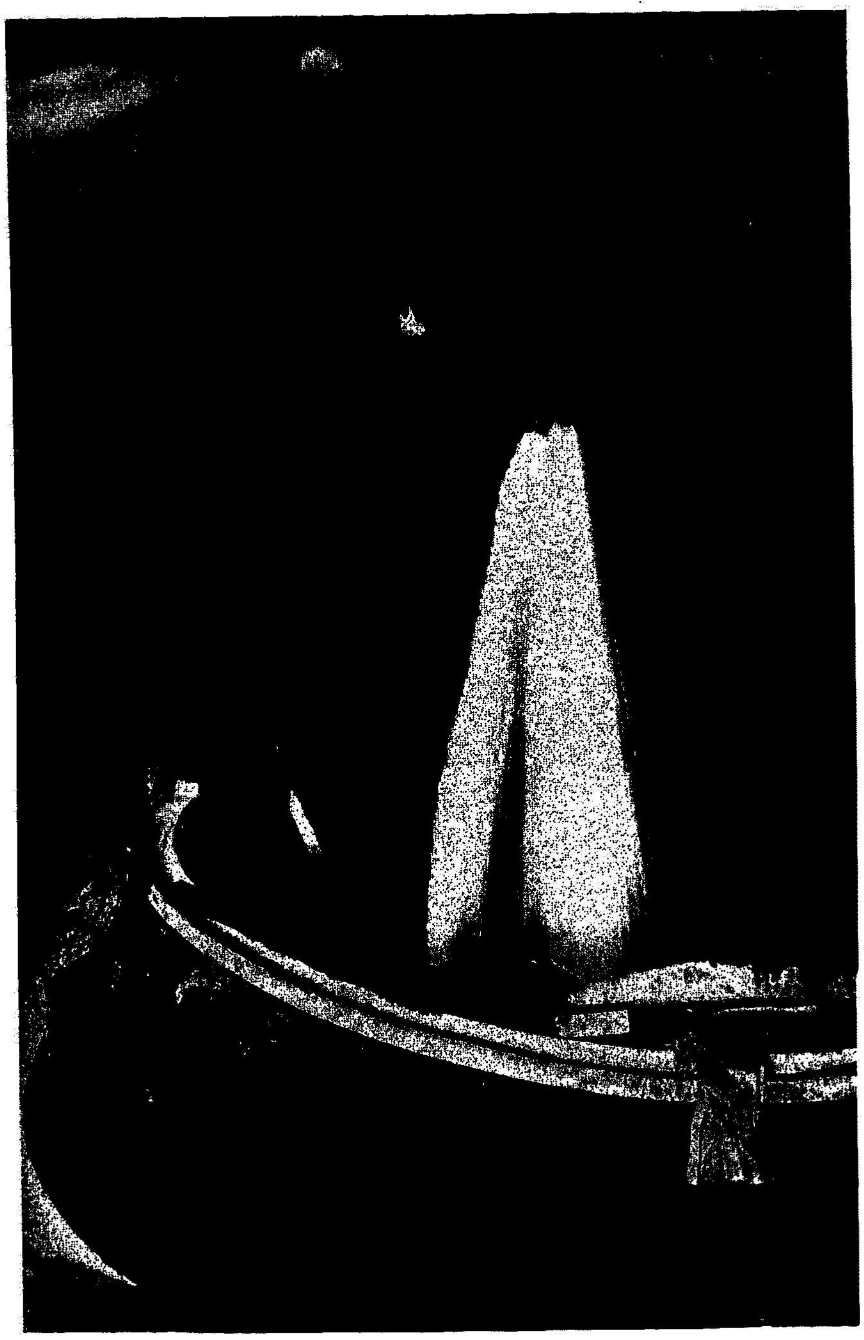


Fig. 48. - Getti d'acqua residui a forte pressione.

dei graniti non decomposti verso la finestra. In essa furono iniettati 5550 quintali di cemento, pari a qli 3,9 per m di galleria; ma la media non raffigura esattamente le condizioni del lavoro, poichè nel tratto roccioso fessurato l'assorbimento salì a qli 12 per m e nella zona di granito decomposto risultò di soli qli 1,80 per m. In un punto dove era concentrata moltissima acqua, si iniettarono 729 quintali in 30 m ed in un solo foro, a circa m 200 dal vertice, furono assorbiti 264 quintali.

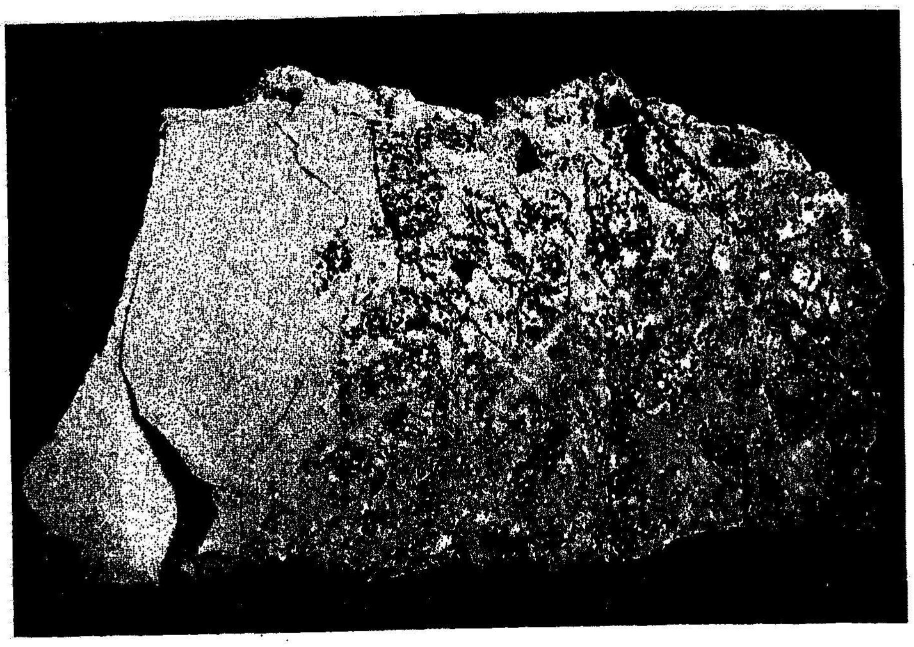


Fig. 50. - Blocco di rivestimento, aderente alla roccia segato dopo le iniezioni.

Nella tratta sotto il Montenero si possono distinguere due zone di estremità, nelle quali il consumo di cemento è stato pressochè uguale, intorno a 5 qli per m di galleria, ed un tratto intermedio, nel quale il consumo salì a circa qli 8,20 per m; era questa la zona che raccoglieva le più forti venute d'acqua.

Complessivamente furono iniettati:

Nella galleria:

| | | |
|---|---|---|
| Parietale | qli | 5550 |
| Montenero: zona 1ª e 3ª | » | 12179 |
| » : » 2ª | » | 10955 |
| Sbocco Pentecane | » | 1710 |
| | qli | 30194 |

con una media generale di qli 4,8, per m ed un costo, di solo cemento, di circa un milione.

Da sondaggi eseguiti si è riscontrato che il calcestruzzo dopo le iniezioni (1) aveva acquistato una compattezza straordinaria (fig. 49); ogni vano fra muratura e roccia era riempito (fig. 50), tanto che fu possibile, in certi casi, praticare vicino ai fori che portavano acqua in pressione altri lunghi fori, interessanti anche la roccia, dai quali non usciva una goccia d'acqua.

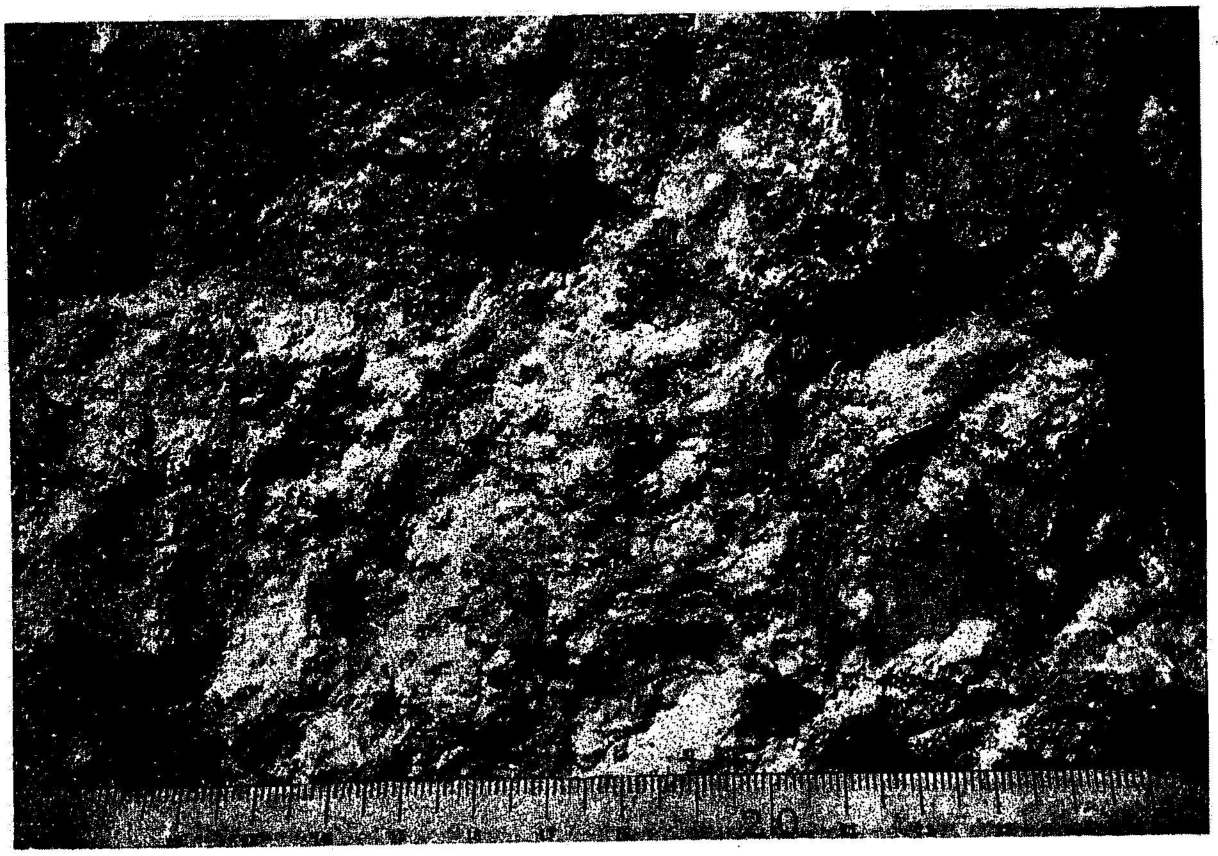


Fig 49. - Campione di calcestruzzo iniettato.

La galleria finita presentava 20 tubi di scarico dai quali scaturiva acqua in pressione; questi tubi regolarmente sistemati danno una portata pressochè costante di 260 l/sec; nel fondo della finestra abbandonata sono rimaste sorgive per circa 60 litri, che vengono pompati in galleria. La condotta è stata messa in pressione con il massimo invaso finora raggiunto dal serbatoio Arvo (q. 1273), con ottimo risultato.

Un indice abbastanza caratteristico

(1) Può essere interessante rilevare come, in confronto di un peso di cemento di circa qli 7,5 per m di rivestimento (3 mc di calcestruzzo a dosatura 250) se ne siano impiegati 4,8 per le iniezioni, ossia un'aggiunta del 65% circa.

delle difficoltà incontrate, può essere dato dalla ripartizione percentuale delle spese di costruzione, che è la seguente:

| | | |
|---|---|---|
| Scavo di perforazione | 40,5 | % |
| Scavo arco rovescio | 9,5 | » |
| Muratura di rivestimento | 20,0 | » |
| Intonaco | 4,4 | » |
| Iniezioni | 5,6 | » |
| Sistemazioni di esaurimento e spese generali | 20,0 | » |

5) Esperimenti vari.

Vogliamo qui accennare ad un esperimento di iniezioni preventive compiuto nella galleria parietale, allo scopo di eliminare l'acqua all'avanzamento. Si tentò, cioè, di rendere stagna la roccia iniettando in essa adatte miscele di cemento con lunghi fori e forti pressioni per potervi poi lavorare alla perforazione con maggiore comodità.

Una ditta specializzata fu chiamata a compiere l'esperimento, che per non intralciare il lavoro principale, si eseguì al fronte d'avanzamento della finestra Valletta verso la galleria parietale, momentaneamente abbandonato. Si dovettero praticare due grandi nicchie per l'installazione del macchinario (mescolatrice e pompe ad alta pressione) indi si procedette ad una serie di iniezioni a profondità di circa m 15 attorno alla fronte d'attacco. Prima di queste si avevano circa 45 l/sec provenienti da numerose fessure nel granito; completate le iniezioni, il fronte della galleria era asciutto mentre circa 25 l/sec aumentarono nelle venute d'acqua che esistevano più a valle. Ripreso l'avanzamento, si poterono fare circa 13 metri all'asciutto, indi si trovò nuovamente l'acqua nelle condizioni primitive. Si riscontrò durante lo scavo che, nella zona iniettata, le fessure della roccia erano ben cementate, ma che l'effetto non si estendeva oltre la lunghezza dei fori. L'esperimento era costato oltre L. 60 000 (non comprese le spese generali) così ripartite:

| | | |
|---|---|---|
| *a*) Sistemazione del macchinario | L. | 27 000 |
| *b*) Mano d'opera | » | 24 000 |
| *c*) Cemento | » | 8 500 |
| *d*) Trasporti e varie | » | 500 |
| | L. | 60 000 |

La spesa, che risultava di circa 4 000 lire per m, apparve eccessiva e non adeguata all'effetto ottenuto; è notevole, però, il fatto che, se non si fossero dovuti praticare, per la sezione ristretta di galleria, importanti vani che occorse poi riempire accuratamente, il prezzo avrebbe potuto essere circa la metà. Ad ogni modo il sistema dimostrò di non essere, nel caso nostro, conveniente (tra l'altro, interrompeva completamente ogni diverso lavoro) e fu abbandonato.

Diremo infine di un'altra indagine, che fu seguita con molto interesse e che non fu priva di risultati pratici; e cioè un rilievo rabdomantico, fatto sul tracciato della galleria e dalle fronti d'avanzamento il 13 giugno 1930.

Quando le indagini furono svolte, ad entrambi gli avanzamenti si avevano forti e persistenti infiltrazioni; il rabdomante indicò che dal lato della Valletta si sarebbe entrati ben presto in una zona asciutta, ciò che, con grande conforto del personale, avvenne entro pochi giorni. Aveva pure indicato che per tutto il rimanente della galleria si sarebbero susseguite varie zone acquifere sicchè, data la natura delle rocce, v'era da aspettarsi di trovare acqua quasi con continuità; e così fu effettivamente.

Compiuto questo rilievo, fu possibile fare un profilo della galleria, nel quale erano segnate le presunte zone acquifere che nel complesso trovarono in realtà un discreto riscontro qualitativo. Come quantità, invece, le previsioni risultarono completamente errate in difetto, fino a raggiungere, per la zona centrale, la proporzione di circa 1/25 di quanto effettivamente fu trovato.

Capitolo V

# ORGANIZZAZIONE GENERALE DEI LAVORI

1°) Generalità.

L'Altipiano della Sila è in realtà, nella parte centrale, un vasto acrocoro dell'altitudine media di 1200 metri dove le cime, che raggiungono dai 1500 ai 1800 m, si elevano in dolci ondulazioni, coperte di grandi foreste di conifere e di faggi. La parte pianeggiante è tenuta generalmente a prato naturale per il pascolo degli armenti, che vi salgono durante l'estate e vi permangono tutta la buona stagione, senza stalle nè ricoveri.

I terreni sono divisi in poche grandissime proprietà e nella zona, data l'assenza quasi assoluta di colture (scarse patate e scarsissimo grano) mancano in modo completo i centri abitati. Rare sono le fattorie, rarissime le case; la poca vita pastorizia ed agricola ha inizio in maggio per finire in ottobre, e alle prime nevicate l'Altipiano si spopola. Uniche industrie di piccola importanza, ed anch'esse limitate al periodo estivo, sono quelle del legname e del carbone, ricavati dagli immensi boschi della regione.

Durante l'inverno rimangono sul posto solo i cantonieri stradali e, qua e là, qualche guardiano dei grandi possedimenti terrieri. Date le enormi distanze, le strade non sono sgombrate dalla neve ed un'assoluta solitudine regna sull'Altipiano.

In questa regione, dove le condizioni di vita e le comunicazioni sono quanto mai difficili, si svolsero tutti i lavori, per i quali in taluni periodi si sono impiegati fino a 4000 operai.

Le più prossime stazioni ferroviarie, della rete Calabro-Lucana, distano dal centro degli impianti da 50 a 100 km (fig. 51); fra esse, quella che si trova a quota più elevata (Camigliatello, q. 1271), è la più distante e d'altronde fu posta in servizio solamente nel 1931. Così, al complesso delle provvidenze inerenti all'organizzazione delle costruzioni, si sovrapposero quelle necessarie ad assicurare l'alloggio e la vita di una massa imponente di operai e impiegati.

Caratteristica di analoghe organizzazioni è generalmente quella di situare la Direzione dei lavori allo sbocco della valle, possibilmente presso una stazione ferroviaria, donde salgono i rifornimenti e dove si svolgono tutte le operazioni di controllo. Per la Sila, la situazione era del tutto diversa: i rifornimenti potevano giungere per due vie, pressochè equivalenti rispetto alla regione centrale dell'Altipiano, e cioè da Crotone o da Cosenza. L'una o l'altra risultava più conveniente per le singole zone di lavoro e quindi la Direzione dovette allogarsi in un punto baricentrico. Fu così scelta come sede la località denominata *Casa Pasquale*, dove esisteva un edificio in discrete condizioni, antico convento abbandonato, noto per

la presenza di ottime sorgive e per alcune oscure leggende di lotte tra monaci e briganti. La costruzione degli impianti, attualmente in esercizio, ebbe inizio nel 1922 con l'esecuzione della centrale idroelettrica provvisoria, destinata a fornire energia ai cantieri, e durò fino all'autunno del corrente anno, svolgendosi in tre fasi principali, che in parte si sovrapposero nel tempo:

1ª *Fase:* dal 1922 al 1927 – Costruzione del serbatoio Ampollino, della derivazione dall'Ampollino a q. 800 e della Centrale 2° Salto (Timpa Grande).

2ª *Fase:* dal 1926 al 1928 – Costruzione dell'impianto 1° salto e della derivazione dal Neto a Juntura. Inizio dei lavori del serbatoio Arvo e della galleria Arvo-Ampollino, con Direzione separata.

3ª *Fase:* dal 1929 al 1932 – Completamento dei lavori della derivazione Arvo e costruzione dell'impianto 3° salto.

I progetti di costruzione del serbatoio Ampollino e della derivazione 2° salto furono redatti dall'Ufficio Omodeo di Milano per la parte idraulica e dalla Sez. Studi e Lavori della Società Meridionale di Elettricità, per la parte elettrica; quelli dell'impianto idroelettrico provvisorio, del serbatoio e derivazione Arvo e degli impianti 1° e 3° salto, furono invece redatti completamente dalla Direzione Costruzioni Idrauliche della Società Meridionale di Elettricità.

La direzione dei lavori fu affidata dal 1922 al 1928 all'Ing. Francesco Cartesegna, che provvide all'organizzazione iniziale dei mezzi di trasporto e di viabilità. Nel 1929 passò all'Ing. Angelo Steiner (il quale già fino dal 1927 aveva assunta la direzione staccata dei lavori dell'Arvo), che rimase in servizio fino al completamento delle costruzioni.

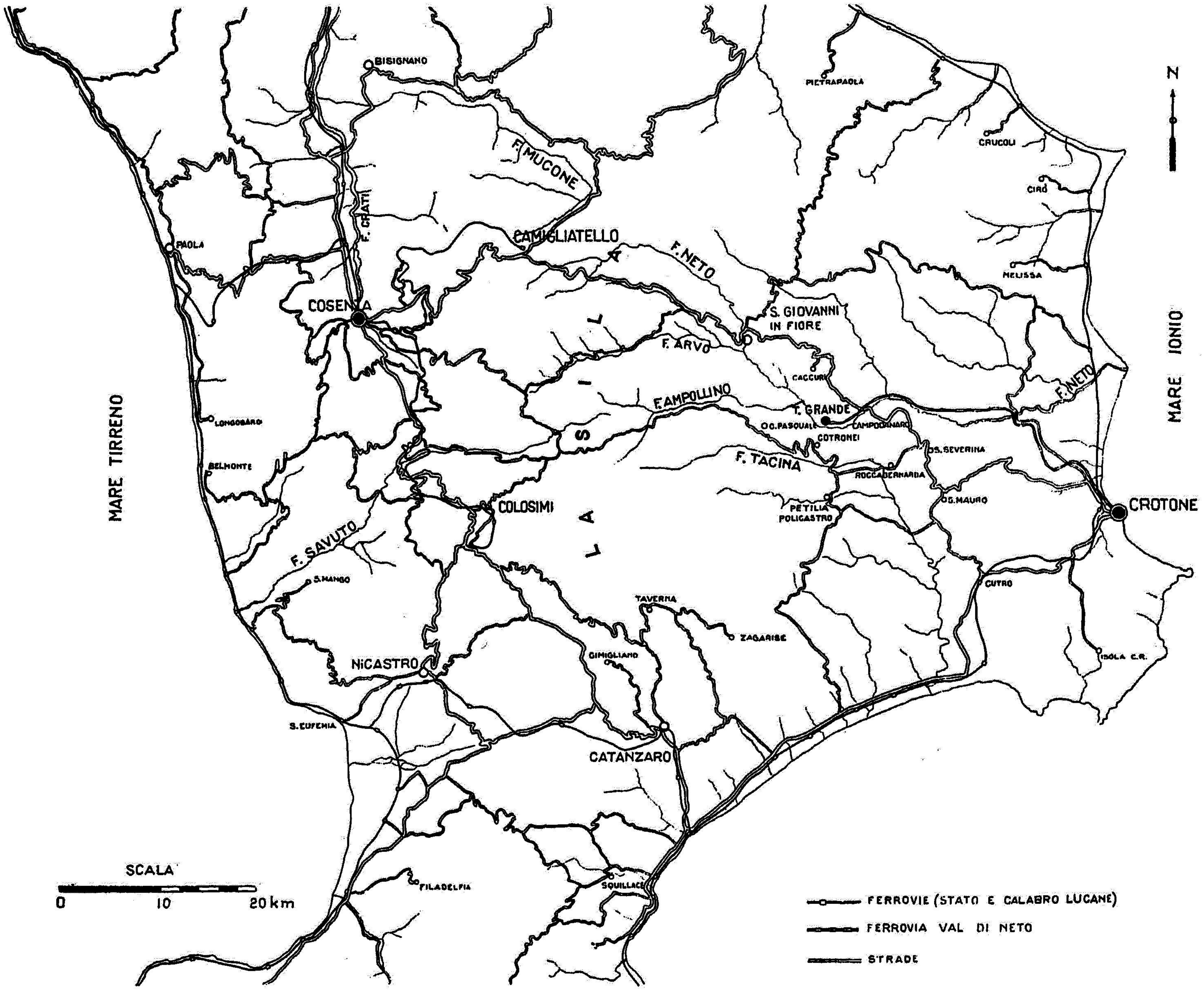



Fig. 51. - Rete stradale e ferroviaria della zona silana.

2°) Produzione e trasmissione dell'energia.

Per la fornitura dell'energia occorrente ai cantieri, fu necessario costruire un impianto apposito di carattere provvisorio, ma capace di funzionare con regolarità per un periodo di 6-7 anni, fino a quando non fosse possibile valersi di uno degli impianti principali.

La potenza media che si prevedeva occorresse era di circa 600 HP con punte massime di un migliaio di cavalli. La centrale provvisoria (fig. 52) fu costruita sulla sponda destra del futuro bacino di compensazione di q. 800, poco a monte della località dove doveva sorgere la Centrale 1° salto. Essa utilizzava un salto di 110 m sull'Ampollino e conteneva due gruppi genera-

tori della potenza di 500 HP, ai quali ne fu poi aggiunto un terzo di riserva. Lo sbarramento era costituito da una traversa fissa in calcestruzzo e il canale derivatore, costruito a mezza costa, aveva una lunghezza di circa 3 km ed era completamente rivestito di muratura e coperto con un tavolato di legno.

L'energia veniva generata direttamente alla tensione di 5000 V (prescelta per la trasmissione ai cantieri della prima fase) e trasportata mediante linee su pali in legno, che alimentavano: i cantieri dell'alta valle dell'Ampollino per la costruzione della diga e delle altre opere inerenti al serbatoio; quelli situati a valle della Centrale provvisoria sull'Ampollino e sul Neto (Timpa Grande); infine, il cantiere di Juntura per la presa del Neto a q. 800. Lo sviluppo complessivo di queste linee era di 18 km circa (fig. 53).

All'inizio della seconda fase, occorrendo alimentare anche i cantieri dell'Arvo, per i quali si prevedeva un fabbisogno notevole di energia e che distavano oltre 20 km dalla Centrale provvisoria, si aggiunse una nuova linea alla tensione di 18 000 V, alimentata inizialmente mediante due trasformatori da 300 kVA rapporto 5000/18 000 V.

Entrata in servizio la Centrale di Timpa Grande nell'autunno del '27, una parte dei cantieri venne distaccata dalla Centrale provvisoria, che fu adibita quasi esclusivamente alla fornitura di energia per i lavori dell'Arvo e venne poi arrestata del tutto nel gennaio 1929, quando cominciò a funzionare regolarmente la Centrale 1° salto. Il macchinario e tutte le strutture metalliche dell'impianto furono smontati e l'edificio della Centrale venne adattato come abitazione per il personale di esercizio.

Per la distribuzione dell'energia nei singoli cantieri furono costruite piccole cabine di tipo uniforme, adottando in massima parte trasformatori trifasi in olio a raffreddamento naturale, della potenza unitaria di 100 e 50 kVA.

3°) Mezzi di trasporto e strade.

Altri problemi d'importanza fondamentale, che dovettero essere risolti prima d'iniziare i lavori, furono quelli dell'accesso alle località dove si sviluppavano le opere e del trasporto economico dei materiali.

Per quest'ultimo riguardo, premesso che nella prima fase il centro ferroviario più conveniente per l'arrivo dei materiali appariva quello di Crotone, fu stabilito un complesso di mezzi meccanici di trasporto così costituiti (figg. 51 e 55):

a) *Da Crotone a Timpa Grande*: Ferrovia a scartamento ridotto di m. 0,80, della lunghezza di km 39 (fig. 51), approfittando in parte (e precisamente fino alla località Campodanaro presso il ponte sul Neto della strada Statale) della sede già costruita durante la guerra dalla Società Ansaldo per una linea destinata al trasporto di legname, progetto successivamente abbandonato (1).

Inizialmente fu adottata la trazione a vapore per tutto il percorso; in seguito questa fu limitata alla parte a valle di Ponte Neto (avente pendenza media 3%), mentre per la rimanente, che si svolge nel tratto montano fino alla Centrale di Timpa Grande (pendenza media 17%) fu applicata la trazione elettrica a corrente continua con adduzione di corrente e presa aerea (fig. 54).

b) *Da Timpa Grande ad Orichella*, poco a valle della diga di q. 800 (fig. 54): Teleferica trifune a sistema continuo, dello sviluppo di km 5, con dislivello fra le stazioni estreme di m. 550. La capacità di trasporto era di 6-7 tonn/ora con velocità della fune di trazione di 2,50 m/sec. Le portanti erano di acciaio lucido, sostenute da cavalletti di legno, con scartamento di m. 2,00, ancorate all'estremo superiore e contrappesate a l'estremo inferiore; l'argano di trazione era comandato da un motore elettrico della potenza di 40 HP. In corrispondenza del pozzo piezometrico del 2° salto fu costruita una stazione intermedia di scarico.

Fig. 52. - Centrale idroeletrrica provvisoria (q. 800).

c) *Da Orichella a Casa Pasquale*: Piano inclinato a doppio carrello, della lunghezza di km 1 ca. con dislivello fra le stazioni estreme di m 450 ca. Portata 6 tonn., velocità 1 m/sec.

d) *Da Orichella a Juntura*: Teleferica trifune a sistema continuo, con stazione intermedia presso alla finestra d'attacco di Sciolle (galleria di adduzione del Neto), con la quale era collegata mediante un teleforo della lunghezza di m 500 ca. Questa teleferica era in tutto analoga a quella descritta al par. *a*); il suo sviluppo era di km. 6,3 e le stazioni estreme si trovavano a quota pressochè uguale, mentre lungo il percorso si oltrepassava un valico circa 400 m più alto.

e) *Da Sciolle a Trepidò*: Teleferica analoga alle precedenti, dello sviluppo di km 3,5 con dislivello fra le stazioni estreme di m 130. La stazione motrice era in basso e il motore di comando dell'argano aveva una potenza di 25-30 HP.

Successivamente, nel corso della 1ª e 2ª fase, furono aggiunti i piani inclinati lungo le sedi delle condotte del primo e secondo salto (entrambi della portata di 6-7 tonn.) che furono largamente utilizzati per i trasporti di materiali, insieme con gli altri mezzi sopra elencati.

Nel corso della 3ª fase furono smontati, perchè non più necessari, la teleferica Sciolle-Trepidò e il piano inclinato Orichella-Casa Pasquale. Entrambi furono installati al 3° salto; la prima, fra la Centrale e la vasca di espansione (fig. 57) per il trasporto dei materiali da costruzione rinforzandola e migliorandola, in modo da renderla capace di trasportare 10-12 tonn/ora. Il secondo, lungo la condotta forzata, dove è rimasto definitivamente in servizio.

Per l'accesso ai cantieri, alle dighe e alle centrali, furono co-

---

(1) Per la gestione di questa ferrovia fu costituita un'apposita Società (Soc. Ferroviaria Val di Neto) che svolse anche una discreta attività per servizio di terzi, e sopratutto per il movimento di merci dal porto agli stabilimenti elettrochimici di Crotone.

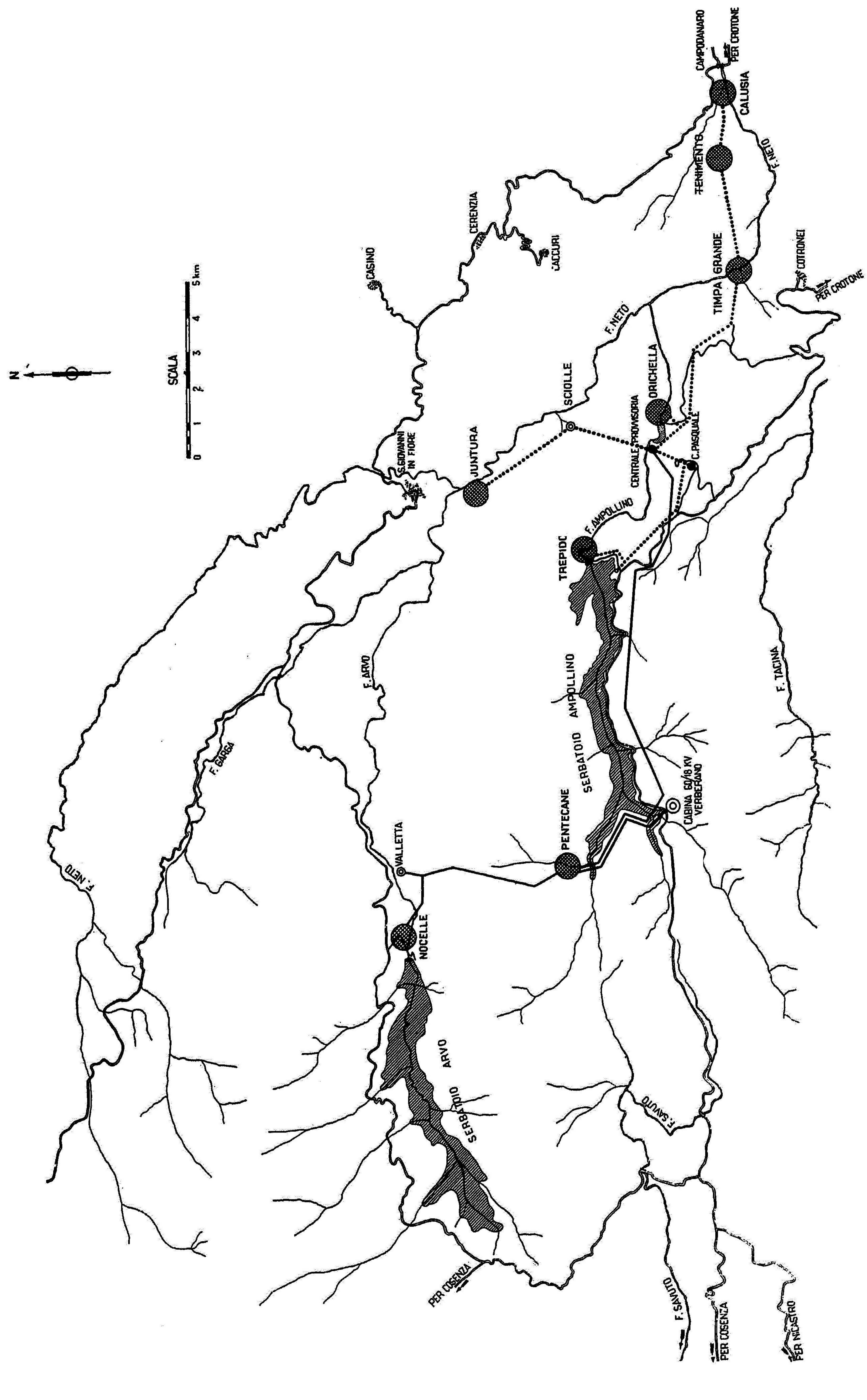



Fig. 53. - Linee elettriche per l'alimentazione dei cantieri.

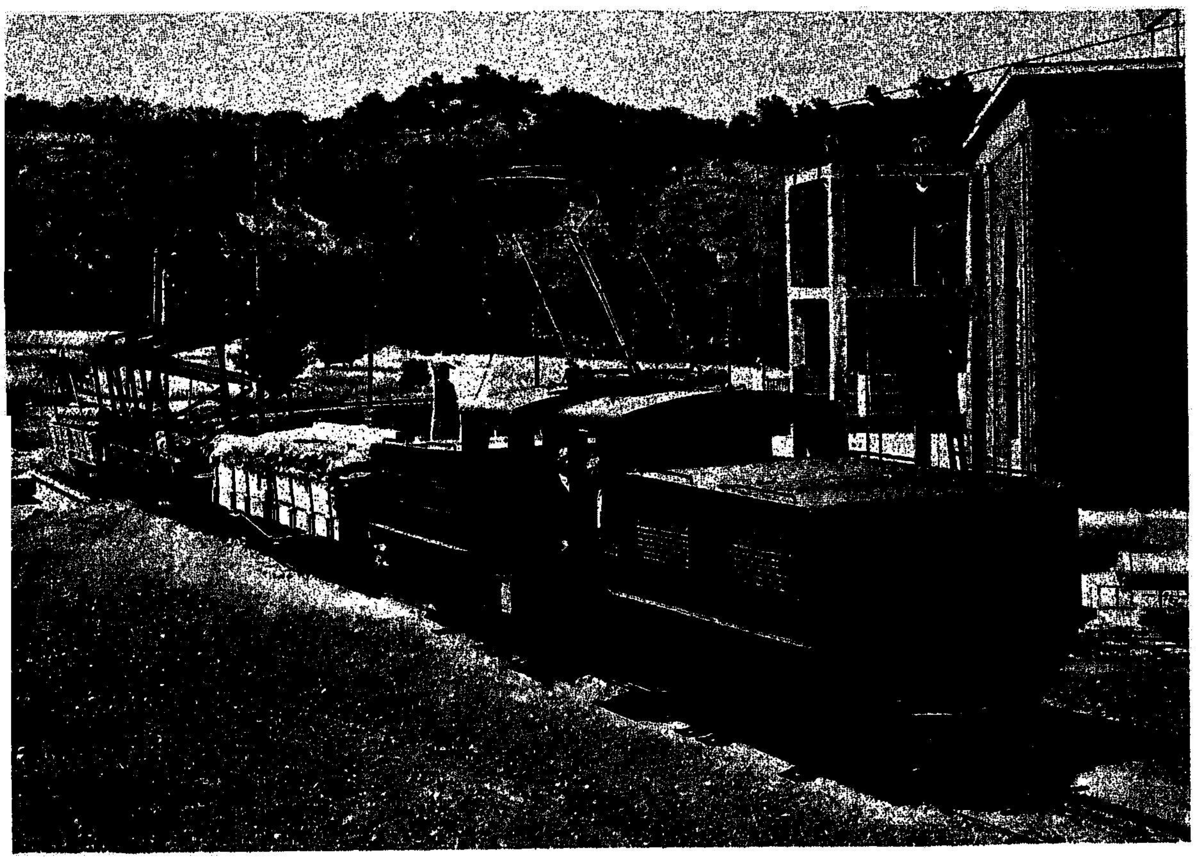


Fig. 54. - Convoglio della ferrovia Val di Neto.

struite le seguenti strade, tutte adatte al transito di autoveicoli pesanti:

a) *dalla Provinciale Cotronei-Savuto alla Diga di Trepidò:* lunghezza km 1,750 ca;

b) *dalla Provinciale suddetta alla camera valvole della condotta* 1° *salto, passando per Casa Pasquale :* lunghezza km 2,770 ca;

c) *da Casa Pasquale alla Provinciale suddetta (verso Trepidò) :* lunghezza km 1,330 ca;

d) *dalla Provinciale suddetta alla Centrale* 1° *salto :* lunghezza km 9,900 ca;

e) *dalla precedente alla camera valvole della condotta* 2° *salto* lunghezza km 2,100 circa;

f) *dalla Strada Statale n°* 108 *alla diga di Nocelle :* lunghezza km 1,200 ca.

Complessivamente, circa 19 km di strade private, alle quali devono aggiungersi oltre 16 km ricostruiti per sostituire i tronchi della Provinciale Cotronei-Savuto e della Statale 108, sommersi dall'invaso dei serbatoi Ampollino e Arvo, e consegnati poi alle rispettive Amministrazioni.

Queste strade si svolgono tutte in terreni difficili ed hanno richiesto la costruzione di un centinaio di manufatti di varia importanza.

I rifornimenti furono effettuati per la massima parte da Crotone, servendosi degli impianti di trasporto elencati sopra; da Cosenza si effettuarono i soli rifornimenti dei cantieri Arvo e Pentecane, per mezzo di autocarri, con una percorrenza di circa 50 km. Questa via, che oltrepassa valichi a quota superiore a 1400 m, era normalmente chiusa durante il periodo invernale, sicchè i cantieri da essa dipendenti dovevano essere approvvigionati in autunno per tutto il fabbisogno invernale di materiali e di viveri.

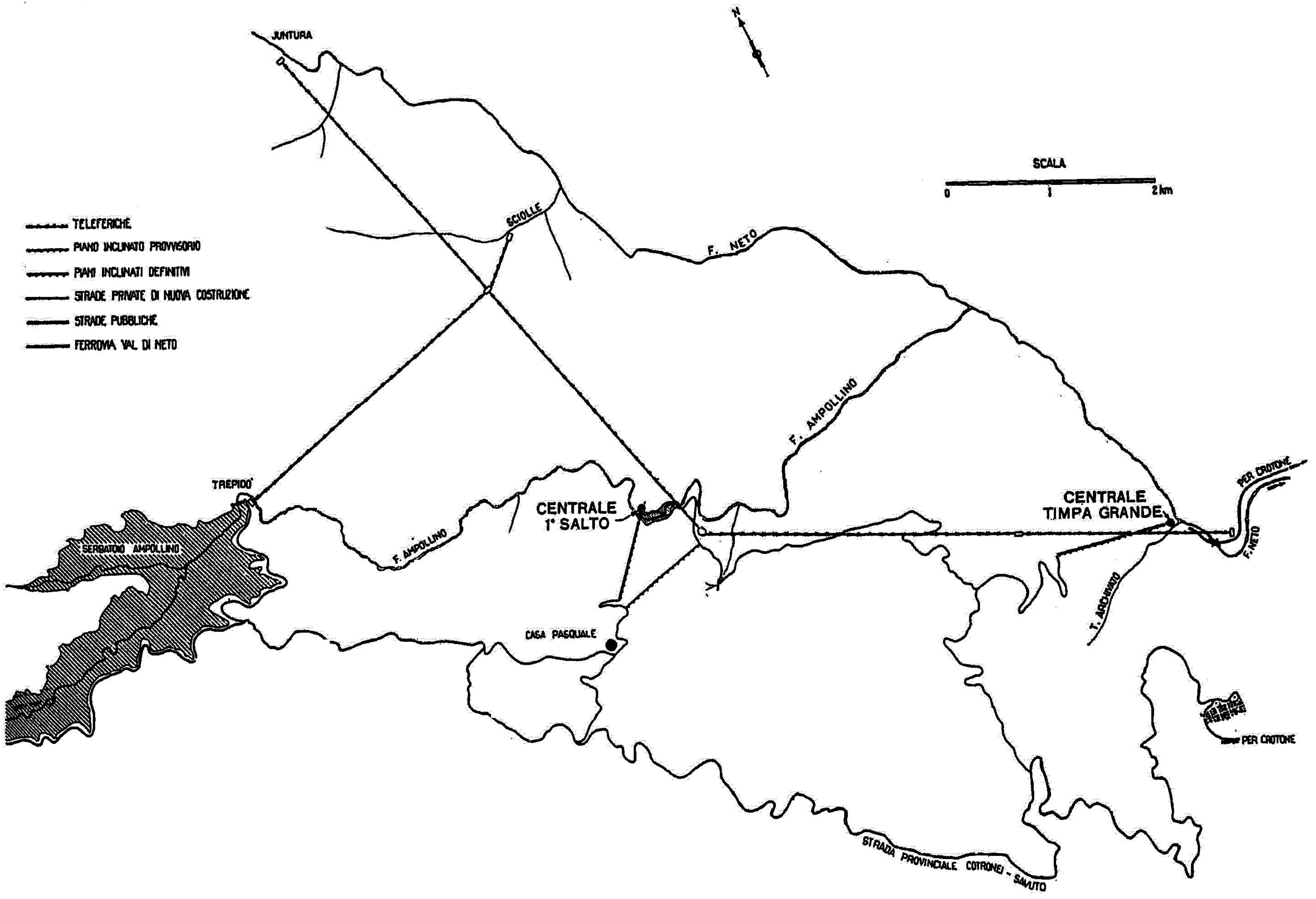



Fig. 55. - Teleferiche e piani inclinati di servizio.

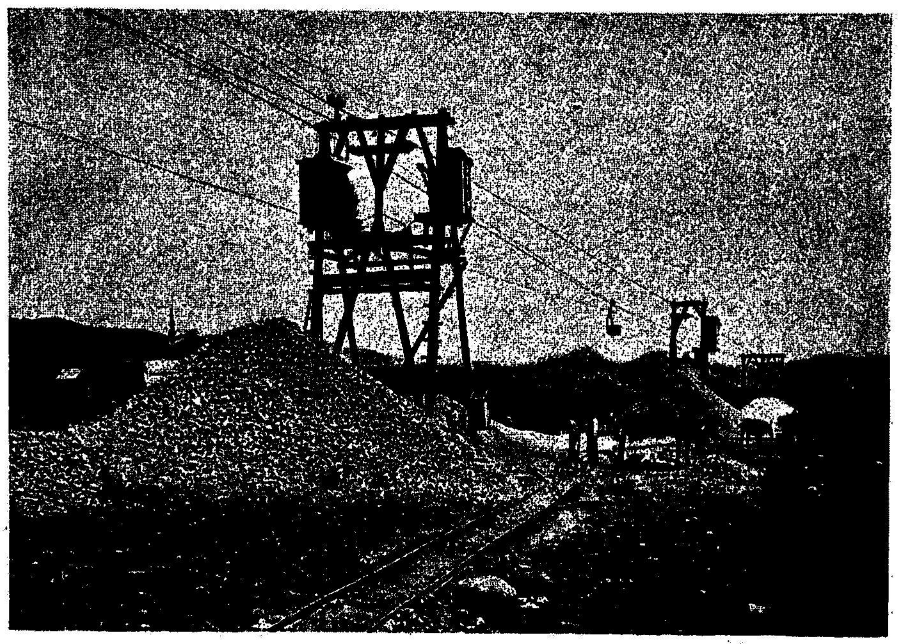


Fig. 56. - Teleferica con dispositivo di scarico automatico.

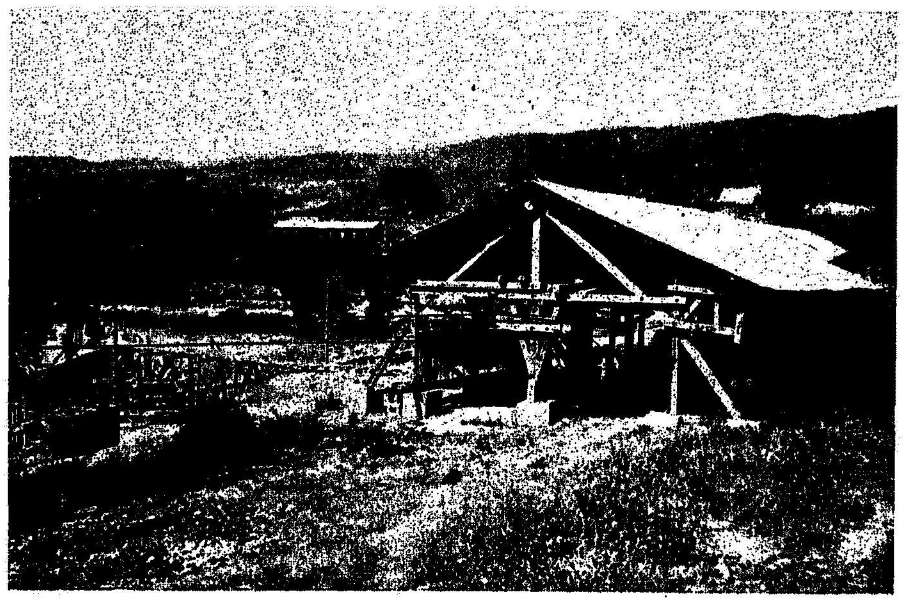


Fig. 57. - Stazione inferiore della teleferica Calusia-Tenimento.

4°) Dislocazione dei cantieri e collegamenti telefonici.

Prescindendo dai cantieri minori, istituiti alle finestre d'attacco delle gallerie e lungo i tronchi delle strade pubbliche ricostruite, si impiantarono nel corso dei lavori i seguenti cantieri principali (figg. 53, 58 e 59):

1) Nocelle (Arvo); 2) Pentecane; 3) Trepidò (Ampollino); 4) Orichella; 5) Juntura; 6) Timpa Grande; 7) Tenimento; 8) Calusia.

Ciascuno di questi cantieri comprendeva i baraccamenti per alloggio del personale (impiegati ed operai), un magazzino viveri ed un magazzino materiali, tutti posti sotto il controllo della Direzione Lavori.

Complessivamente, durante il periodo delle costruzioni, furono eseguiti circa 500 baraccamenti di vari tipi e dimensioni, oltre a una decina di case di muratura, per un valore di oltre 4,5 milioni.

Le grandi distanze intercedenti fra i vari cantieri e le difficoltà di accesso durante i mesi invernali, talvolta insuperabili, resero necessaria la formazione di una rete telefonica completa e sicura, che nella fase definitiva comprendeva le linee rappresentate nella fig. 60 con uno sviluppo complessivo prossimo a 100 km.

5°) Approvvigionamento e controllo dei materiali da costruzione.

L'approvvigionamento dei materiali da costruzione (pietra e sabbia) costituì uno dei più gravi problemi durante il corso dei lavori.

Il granito e gli scisti alterati, che formano l'ossatura rocciosa della Sila, sono inadatti per il diretto impiego nelle costruzioni sotto forma di pietrame e si prestano poco anche alla formazione artificiale di sabbia. Per la costruzione della diga di Trepidò, ad esempio, fu necessario trasportare la sabbia con la teleferica da Juntura, perchè non si trovarono, nè in posto nè lungo il corso dell'Ampollino, materiali di caratteristiche soddisfacenti. Per le costruzioni della galleria e della vasca di espansione del 3° salto i materiali si dovettero cavare nell'alveo del Neto, trasportandoli al Tenimento con teleferica o piano inclinato ed analoghe difficoltà si dovettero superare in tutti i cantieri. La variabilità di questi materiali consigliò di seguire con cura le caratteristiche delle malte e dei calcestruzzi ed a tale scopo furono installati laboratori di prova convenientemente attrezzati (1).

Fig. 58. - Il cantiere di Nocelle.

(1) Un primo laboratorio, per le malte, fu installato a Casa Pasquale; altri due, attrezzati anche per varie prove sui calcestruzzi, furono installati successivamente all'Arvo e al Tenimento (3° salto).

Fig. 59. - Il cantiere di Timpa Grande.

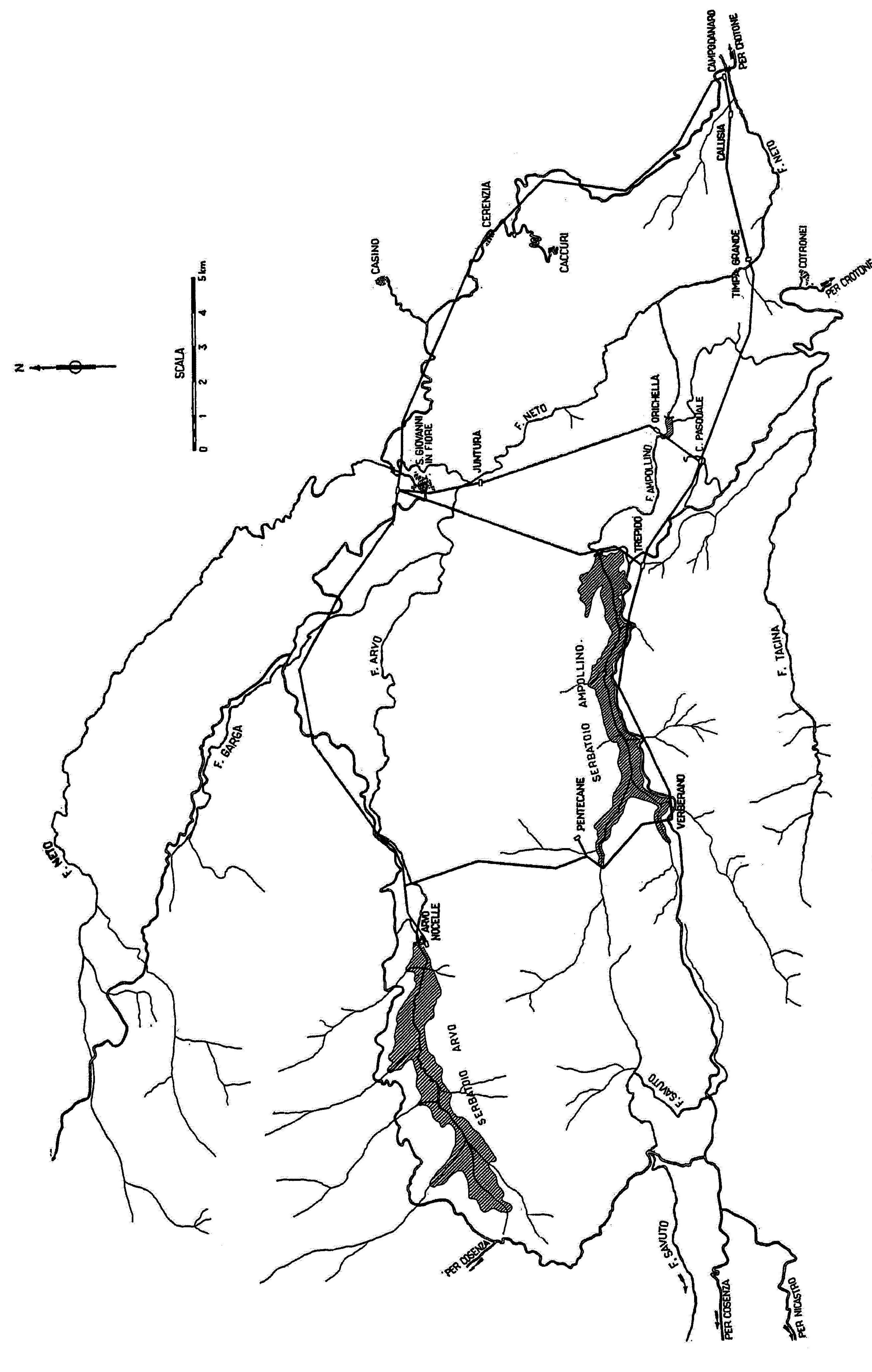



Fig. 60. - Planimetria schematica delle linee telefoniche.

6°) Movimento operai – Servizio viveri e Opere assistenziali.

Le oscillazioni della mano d'opera impiegata nei lavori e l'integrale delle paghe corrispondenti risultano dai diagrammi della fig. 61. Il numero massimo di operai (4000 circa) fu rag-

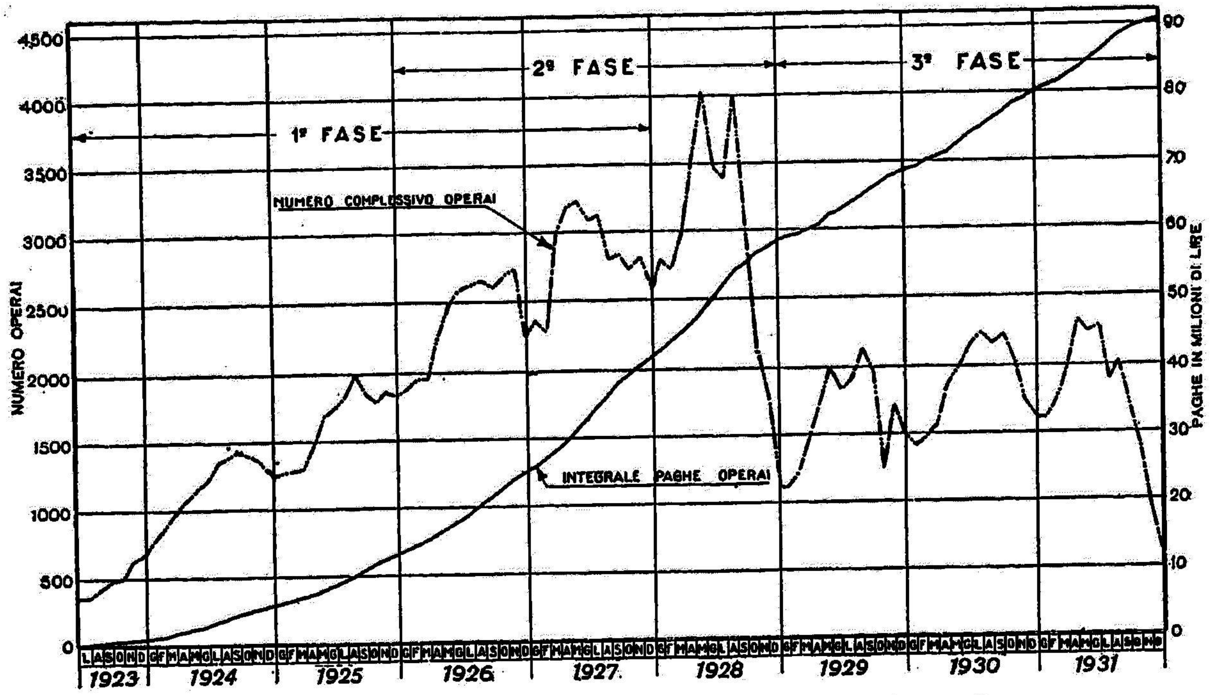



Fig. 61. - Diagrammi del movimento operai e delle paghe.

giunto nel 1928 durante il periodo di sovrapposizione della 1ª e della 2ª fase delle costruzioni. La media, per l'intervallo rappresentato nei diagrammi, risulta di 2000 operai e l'importo totale delle paghe corrisposte nello stesso periodo supera i 90 milioni.

Di tale importo, circa i 2/3 andarono alle maestranze locali, utilizzate con la maggior possibile larghezza.

Da quanto è stato detto sulle condizioni delle località, è facile intendere come il servizio viveri e quello di assistenza agli operai abbiano assunto notevolissima importanza. Tutti i viveri, praticamente, provenivano direttamente dai centri di produzione e venivano ceduti dai magazzini agli operai a prezzo di costo. Per questo servizio furono inoltre costruiti due forni di pane e istituite tre macellerie nei cantieri più importanti.

Il servizio di assistenza si esplicò in varie forme, fra le quali principalmente: assistenza sanitaria, scuole, istituzioni dopolavoristiche.

L'assistenza sanitaria fu affidata a due medici: uno per la zona alta, con residenza a Nocelle; l'altro per la zona bassa, con residenza a Tenimento o a Timpa Grande. All'Arvo e al Tenimento furono costruite infermerie in muratura, largamente dotate dei mezzi necessari.

Le scuole elementari per i figli degli impiegati e di alcuni assistenti e capi operai, che avevano portato con sè le famiglie, furono istituite a Casa Pasquale e all'Arvo. La prima contava da 15 a 20 alunni; la seconda raggiunse i 50 ed entrambe furono assai bene accette al personale.

Infine, le istituzioni dopo-lavoristiche si concretarono nella formazione di squadre sportive (sky, foot-ball, nuoto, ginnastica, tennis, ecc.) che parteciparono con brillante successo a vari concorsi interprovinciali, nell'attuazione di spettacoli cinematografici e, saltuariamente, anche di recite teatrali, organizzate dagli stessi dopo-lavoristi. Tutte queste istituzioni giovarono grandemente a formare uno spirito di cordiale affiatamento fra masse operaie e impiegati ed a mantenere alto il morale anche durante i periodi di maggiori difficoltà, derivanti da circostanze eccezionalmente avverse, che ripetutamente ostacolarono i lavori.

Per un decennio le pendici solitarie della Sila furono animate dalla vita intensa dei cantieri e dal transito dei convogli di rifornimento; oggi il silenzio le domina nuovamente, ma sull'Altipiano i laghi hanno aggiunto una nota di preziosa bellezza al paesaggio solenne e nel cuore della montagna le acque prigioniere fluiscono alle turbine rombanti, rinnovando in ogni istante, per il miracolo della generazione dell'elettricità, un legame ideale fra le domate energie delle Alpi e quelle dell'estrema Calabria.

Ing. Angelo Steiner.

# Problemi costruttivi inerenti alle tubazioni forzate e opere accessorie

## APPENDICE I

## Discussione sulla Relazione dell'Ing. Bono

(v. «L'Energia Elettrica» 1932, fascicoli X e XI).

Il Presidente – Prof. A. Forti – Aperta la seduta, propone che molti degli inconvenienti o dei risultati particolari d'esperienza accennati dal Relatore, nel suo rapporto generale, vengano successivamente ripresi e sviluppati singolarmente, facendone oggetto di brevi monografie separate.

Tale proposta viene senz'altro approvata all'unanimità.

Segue la discussione del rapporto generale:

*Diametri.*

Ing. Molinari, della UNES (cfr. pag. 858). – Chiede se la velocità di 7 m/sec citata dal Relatore si riferisce alla portata media o a quella massima smaltibile con la condotta in oggetto.

Ing. Bono. – Conferma che nel caso da lui citato nella relazione la velocità di 7 m/sec è quella media. Sempre in quel caso, la velocità massima supera gli 8 m/sec.

Prof. Forti. – Consiglierebbe di fare sempre riferimento alla massima velocità raggiungibile.

Chiede inoltre se il Relatore è contrario all'adozione di simili velocità massime.

Ing. Bono. – Confermando quanto ha già esposto nella sua relazione, dichiara che egli consiglierebbe di non superare possibilmente in alcun caso i $5 \div 6$ m/sec, anche in corrispondenza dei diametri minori delle condotte a diametro variabile.

Ing. Gavazzi. – Riferisce che nelle condotte forzate degli impianti di Isola e di Cedegolo, della Soc. dell'Adamello, si raggiungono velocità massime dell'ordine di 7-8 m/sec.

*Distributori e collettori.*

Prof. De Marchi (cfr. pag. 858). – Chiede al Relatore se non ha mai avuto occasione di rilevare dati sperimentali sulle perdite di carico nei collettori e nei distributori.

Ing. Bono. – Risponde di non aver mai fatto personalmente esperienze sulle perdite di carico nei tubi collettori. Riconosce la grande importanza che avrebbero queste misure, che però vanno inquadrate nel problema più generale delle perdite di carico continue e localizzate nelle condotte forzate, di cui si sta occupando un'apposita sottocommissione, presieduta dal prof. De Marchi. Egli osserva, tuttavia, che, mentre sarà facile ricavare con precisione le perdite di carico localizzate lungo la condotta forzata (gomiti, coni per passaggio di diametro, imbocchi, valvole a farfalla vicine all'imbocco ecc.), non altrettanto facile sarà ricavare con esattezza le perdite di carico nei collettori. Se anche queste misure si faranno, qui occorrerà accontentarsi di risultati approssimati. Difatti le perdite di carico localizzate nei distributori si hanno principalmente negli elementi di derivazione alle macchine (bocce sferiche, pezzi a T, semplici curve, biforcazioni ecc.). Ora, mentre nel caso di un gomito lungo la condotta forzata si può disporre di tratti rettilinei di notevole lunghezza con caratteristiche costanti sia a monte che a valle del gomito stesso, e quindi si possono stabilire le prese di pressione in punti ove i filetti non sono più disturbati dai moti vorticosi generati nel gomito o nel pezzo speciale qualsiasi che interessa, nei distributori e nei collettori a valle della derivazione, si ha sempre un tratto rettilineo di breve lunghezza, giacchè la derivazione è sempre assai vicina alla macchina. Se si fa anche astrazione in alcuni casi dalla prima derivazione di monte, generalmente dalla parte a monte della derivazione il moto è perturbato da qualche pezzo speciale che precede. Ne viene come logica conseguenza che nei diversi punti di una stessa direttrice del tubo si avranno pressioni diverse appunto per l'influenza dei predetti moti vorticosi. Per attenuare questo inconveniente si può pensare di prendere le pressioni in diversi punti della stessa direttrice in modo che, collegando tutte le prese ad un collettore, si possa misurare approssimativamente la media di queste pressioni. Ma è evidente che ciò rende assai complessa la preparazione dell'esperienza e non dà ancora la certezza di un risultato esatto. Cita il caso di una prova fatta su una derivazione ad angolo retto, nella quale prova la presa di pressione a valle si è dovuta fare per forza ad un paio di metri dalla deviazione. Si notavano notevoli escursioni nel manometro comprovanti appunto la turbolenza del movimento.

In alcuni casi di condotte lunghe e comprendenti numerose livellette, le perdite di carico localizzate possono raggiungere anche il 50% delle perdite continue.

Nei collettori si hanno forti perdite localizzate negli elementi di derivazione, specialmente se questi sono del tipo a boccia sferica; assai migliori, sotto questo aspetto, sono le derivazioni ottenute sotto angoli maggiori di 90 gradi, per mezzo di elementi di fusione aventi raccordi il più che è possibile ampi.

Nelle derivazioni a boccia sferica si rileva pure l'inconveniente che i filetti a valle del punto di derivazione assumono un andamento elicoidale che, naturalmente, se non eliminato, può influire assai sfavorevolmente sul rendimento della turbina, specie se trattasi di Pelton. Per rompere questi andamenti elicoidali si usa mettere nel tubo compreso fra la derivazione e la macchina due alette di guida, assiali, incrociate fra loro a 90 gradi, e chiodate al tubo. Si divide cioè il tubo in tutta la sua lunghezza in quattro parti aventi ciascuna la forma di uno spicchio con 90 gradi di apertura. Così facendo, l'inconveniente è senza dubbio molto attenuato, ma è evidente che si introduce una nuova e notevole causa di perdita di carico.

Ing. Mortara, della Soc. Meridionale di Elettricità. – Rileva che tali movimenti elicoidali si possono avere anche indipendentemente dalla presenza di bocce sferiche. Si possono infatti riscontrare anche in casi di deviazioni ad angolo retto o a T. Per evitarne le nocive ripercussioni sui getti delle Pelton, occorre disporre in questi casi opportuni setti di guida all'ingresso dei tubi di derivazione delle macchine, ovvero in prossimità dell'ugello.

Prof. De Marchi. – Nota che gli accennati dispositivi di guida, i quali hanno lo svantaggio di determinare sensibili perdite di carico, potrebbero forse diventare superflui qualora si procurasse di evitare ogni brusca deviazione nei tubi adduttori agli ugelli delle turbine Pelton.

Ing. Bono. – Un'altra norma che si dovrebbe seguire nel progetto di condotte alimentanti turbine Pelton è quella di tenere il collettore possibilmente lontano dalle macchine in modo da poter interporre un lungo tratto rettilineo di tubazione fra il collettore stesso e gli ugelli.

Ing. Audoly, della CIELI. – Riferisce che nel collettore della centrale di Salsominore (con derivazioni a 90 gradi) sono state rilevate delle perdite di carico dell'ordine di 3-4 m (sopra un salto di 220 m) con velocità dell'acqua (nel condotto tronco conico di raccordo del collettore alla turbina) di circa 8 m/sec. La velocità corrispondente nel collettore era di circa 2,5 m/sec. Tali perdite sono state rilevate fra due punti, posti rispettivamente uno 20 m a monte della derivazione e l'altro immediatamente a monte della turbina.

Tali ricerche potranno essere eventualmente riprese seguendo criteri anche più rigorosi.

ING. MORESCO, della Soc. Idroelettrica Ligure. – Comunica che esperienze del genere potrebbero compiersi pure sulla condotta dell'impianto di Isola di Palanzano, di cui espone le caratteristiche.

*Tubi saldati.*

ING. SPINGARDI, della « Terni », (cfr. pag. 860). – Riferisce che nella condotta forzata dell'impianto di Galleto la saldatura elettrica ha dato ottimi risultati.

PROF. FORTI. – Rileva che effettivamente, al Galleto, la saldatura elettrica è stata adottata soltanto per le giunzioni trasversali, ove non ha propriamente che una funzione di tenuta. Il caso è quindi sostanzialmente diverso da quello cui si riferisce il Relatore.

ING. MORESCO. – Riferendosi ai vantaggi dalle tubazioni saldate rispetto a quelle chiodate, chiede se è possibile realizzare, con le prime, una riduzione del 25 % sulle perdite di carico, come viene prospettato da qualche Ditta costruttrice di tubazioni.

ING. BONO e PROF. DE MARCHI. – Confermano che tale riduzione è effettivamente conseguibile; l'ing. Bono accenna anzi che, secondo gli ingegneri americani, sarebbe possibile anche una riduzione del 40%.

ING. MIRONE (1) (cfr. pag. 861). – Affaccia il dubbio che il risparmio conseguibile sul peso di una condotta, adottando tubi saldati anzichè chiodati, possa essere praticamente neutralizzato dal maggior costo specifico delle tubazioni saldate.

ING. BONO. – Rileva anzitutto che il caso citato a titolo di esempio nella relazione si riferisce, come è detto nella relazione stessa, a spessori relativamente piccoli. Quando gli spessori sono dell'ordine di grandezza citata, la differenza in peso dei tubi chiodati rispetto a quelli saldati è appunto dell'ordine del 30-35%. Ma se il paragone venisse fatto per spessori maggiori, allora la differenza aumenterebbe ed in modo molto sensibile. Nella pratica professionale gli è capitato più di una volta di poter fare tali confronti anche per spessori molto forti. Ciò precisamente è avvenuto allorchè, per la fornitura di una tubazione con salto notevole, si trovavano in concorrenza costruttori attrezzati solo per condotte chiodate con costruttori che offrivano invece tubi saldati. In questi casi appunto, malgrado che i primi escogitassero naturalmente tutti gli accorgimenti per ottenere il massimo rendimento dalle loro chiodature, le differenze in peso assumevano valori che arrivavano anche al 45%.

È ovvio poi ricordare che in questi casi di spessori notevoli per diametri relativamente piccoli, od almeno medi, le teste dei chiodi all'interno del tubo, sia per le chiodature longitudinali che per quelle trasversali, assumono una importanza eccezionale e provocano delle perdite di carico che non sono più nemmeno paragonabili a quelle dei tubi saldati equivalenti.

Sempre con l'intendimento di diminuire gli spessori di lamiera, a parità di coefficienti di lavoro, è stato in passato studiato il modo di disporre le chiodature longitudinali secondo delle eliche, anzichè secondo le generatrici dei tubi. Naturalmente anche le chiodature trasversali si spostavano su delle eliche. Questo sistema, dapprima proposto in America, fu oggetto anche di un brevetto del costruttore francese Bouchayer e venne studiato anche in Italia da un ingegnere che si è molto interessato di questa cosa. Sono ovvie e facili a trovare le ragioni per cui, disponendo la chiodatura secondo eliche di passo appropriato, si possono raggiungere maggiori carichi, a parità di spessori, senza alterare i coefficienti di lavoro della lamiera e dei chiodi. Il Bouchayer ha addirittura costruito di questi tubi, ed anzi componeva un tubo partendo da fogli di lamiera quadrati calandrati secondo la diagonale. Nascevano così sul tubo due chiodature disposte secondo eliche incrociate a 45°, una destrorsa e l'altra sinistrorsa. Il sistema però non ha avuto seguito perchè, se diminuisce il peso, aumenta però notevolmente i costi unitari (maggiore sfrido di materiale, maggiore difficoltà di lavorazione).

Circa la ripercussione che l'accennata differenza di peso può avere sul costo totale della tubazione occorre naturalmente esaminare i costi unitari medi del tubo chiodato e del tubo saldato. Il rapporto di questi costi unitari si è notevolmente modificato da qualche anno a questa parte. Sul costo del tubo chiodato incide notevolmente il fattore mano d'opera (tracciatura, refilatura, calandratura, tracciatura delle chiodature, foratura, esecuzione della chiodatura, calafatatura dei bordi e delle teste dei chiodi), mentre sul costo del tubo saldato incide in linea principale il costo del carbone (produzione del gas d'acqua per le saldature, riscaldo dei forni di ricottura dei tubi dopo la saldatura), restando invece eliminate molte operazioni che vanno eseguite sul tubo chiodato.

(1) Osservazione trasmessa per iscritto.

Da una decina di anni a questa parte, mentre il costo del carbone ha subito delle diminuzioni notevolissime, il costo della mano d'opera è disceso invece in misura assai meno sensibile; ciò ha portato ad un notevole ravvicinamento dei costi unitari dei due tipi di tubi, tanto che oggi questi differiscono di ben poco. Abbinando questo fatto alla differenza di peso risulta evidente l'affermazione della superiorità economica del tubo saldato sul tubo chiodato.

ING. MORTARA. – Aggiunge che oltre a questa circostanza, per una giusta valutazione del tornaconto, si deve considerare anche la riduzione delle perdite di carico, già accennata, conseguibile con i tubi saldati.

PROF. FORTI. – Ritiene che il campo di maggior convenienza per i tubi saldati ricada fra i limiti corrispondenti a spessori di 10 e di 30 mm.

ING. BONO. – Osserva anzitutto che in questo argomento nulla vi è di assoluto.

Nei primi anni di impiego dei tubi cerchiati, la « Ferrum », che per prima li introdusse, nei suoi progetti fissava a 28 millimetri il massimo spessore dei tubi saldati lisci, dopo di che passava ai tubi cerchiati. Anche la Togni, nei primi momenti della produzione dei tubi cerchiati, seguiva in massima questo criterio. Il valore di 28 mm non era evidentemente scelto a caso, ma rappresentava, allora, un limite al quale si poteva arrivare con tutta tranquillità e con perfetta sicurezza colle saldature per sovraposizione di bordi. Oggi le possibilità di buona esecuzione di queste saldature sono molto maggiori e perciò quel limite ha perso molto della sua ragion d'essere. Tuttavia egli pure è del parere che sia opportuno, colle tubazioni saldate, di non superare il limite di 30 mm.

*Tubi cerchiati.*

PROF. FORTI (cfr. pag. 861). – A proposito dei tubi detti comunemente blindati riterrebbe opportuno precisare meglio la nomenclatura, distinguendo nettamente i *tubi cerchiati* dai *tubi nastrati* ed abbandonando il termine « blindato », troppo generico e non molto proprio.

Ad esemplificare la confusione che può nascere dall'uso di tale termine, cita il caso della 2ª condotta dell'impianto di Mese designata appunto, comunemente, come condotta blindata, mentre è più propriamente una tubazione *nastrata.*

La proposta del Prof. Forti viene senz'altro approvata dalla Commissione.

ING. BONO. – A proposito della precitata condotta di Mese, la quale trovasi in galleria ed è interamente annegata nel calcestruzzo, osserva che il sistema di nastratura per essa adottato non sarebbe indicato per condotte all'aperto.

ING. MORTARA. – Ritiene che in quest'ultimo caso i tubi dovrebbero essere fasciati mediante una vera e propria nastratura, analoga a quella adottata per le artiglierie. Resta però incognita e problematica la questione della resistenza longitudinale di tali tubi. A proposito poi dei tubi cerchiati chiede notizie sui tubi multionde (sistema francese del Bouchayer).

ING. BONO. – Dopo aver richiamate le differenze sostanziali di concetto e di costruzione fra i tubi cerchiati ad anima cilindrica e quelli del tipo multionde, esprime il timore che questi ultimi, a causa dell'eventuale incrudimento del materiale dovuto alla lavorazione a freddo, siano meno adatti dei primi a sopportare le brusche e violente sollecitazioni del colpo d'ariete; le quali, in certi casi, debbono essere assimilate a sforzi dinamici piuttosto che a sforzi statici.

ING. MORTARA e PROF. DE MARCHI. – Osservano che i tubi multionde hanno il vantaggio di consentire spessori ridotti per le camicie, risultando anche meno sollecitato il materiale di queste, per effetto della forma leggermente sferica che assumono gli elementi di tubo compresi fra gli anelli di cerchiatura.

Il prof. De Marchi esprime tuttavia il dubbio che tali vantaggi possano essere neutralizzati dalle maggiori perdite di carico.

ING. BONO. – L'esperienza sinora fatta su questo tipo di tubi è ancora insufficente e sarebbe azzardato formulare un giudizio definitivo in qualunque senso. Nei riguardi della osservazione fatta, rammenta che le deformazioni provocate durante il processo di costruzione sulla camicia sono di un ordine di grandezza assai piccolo, dal che si deduce che ben poco assegnamento si può fare sulla forma sferica come contributo alla resistenza e che anche poca influenza può avere l'andamento sinuoso, nel senso delle generatrici, sulla perdita di carico.

Circa il vantaggio di avere spessori di camicia inferiori a quelli comunemente usati nei tubi cerchiati, osserva che, volendo, potrebbero benissimo essere ridotti gli spessori di camicia anche per i tubi cerchiati ad anima cilindrica, ed entro certi

limiti naturalmente, variando il rapporto fra il materiale lamiera e il materiale anello. Questo rapporto dipende dai criteri che vuol seguire il progettista nello studio del tubo cerchiato e dalle finalità che si propone. Se, ad esempio, il tubo cerchiato deve essere applicato in modo che debba sopportare gli sforzi della pressione statica, sia nel senso del suo asse che nel senso ad esso trasversale, è evidente che lo spessore della camicia deve essere almeno la metà dello spessore teorico di un tubo non cerchiato; se invece, per la speciale disposizione degli impianti, manca nel tubo la sollecitazione assiale dovuta alla spinta idrostatica, (caso di una livelletta munita di giunti di dilatazione), lo spessore di camicia può essere ulteriormente ridotto.

ING. BONFIOLI della Soc. G. E. Tridentina. – Osserva che nella Relazione non viene fatto alcun cenno alla questione della lunghezza dei singoli elementi delle tubazioni ed in particolare ai vantaggi economici conseguibili mediante l'adozione di elementi da 8 m. La maggior lunghezza dei singoli tubi darebbe il vantaggio di una riduzione del numero delle giunzioni trasversali e quindi della perdita di carico, riduzione del peso complessivo della tubazione, delle spese di montaggio, del numero delle selle ecc.

ING. BONO. – È d'accordo con l'ing. Bonfioli che, adottando elementi di tubazione di lunghezza superiore alla normale attuale (sei metri all'incirca), si otterrebbero vantaggi economici non disprezzabili in molti casi. Per i tubi chiodati la cosa non è affatto difficile, inquantochè, essendo questi tubi costituiti da tanti elementi della lunghezza di 1,5-2 m ciascuno, non si ha che da unire in officina un numero maggiore di elementi per raggiungere senza complicazioni la lunghezza di spedizione desiderata. Per i tubi saldati la cosa cambia aspetto. Escludendo, come gli sembra logico, di raggiungere una maggiore lunghezza di spedizione saldando trasversalmente tra di loro più elementi, sorge il problema della attrezzatura. Difatti, i costruttori sono muniti di calandre che possono curvare lamiere della lunghezza di 7 metri circa. Tutte queste calandre dovrebbero essere sostituite con altre più lunghe e quindi più potenti. Questo problema è grave perchè la calandra è una macchina nè piccola nè semplice. Altrettando dicasi dei forni di ricottura.

Esiste poi anche qualche circostanza sfavorevole all'aumento della lunghezza. Le manovre dei tubi al montaggio diventano più difficili e tutti sanno che sul luogo di montaggio non si è nemmeno nelle condizioni ideali per queste manovre. Il transito sul piano inclinato di un tubo lungo diventa pure una cosa difficile. Inoltre, per i trasporti ferroviari occorrerebbe ricorrere a carri speciali, ad esempio il tipo POZ, che sono, oltre che di notevole lunghezza, anche di notevole tonnellaggio (40 tonnellate il tipo citato). In queste condizioni è assai difficile riuscire, specialmente se i tubi sono sottili, a sfruttare tutta la portata del carro ed allora il costo unitario del trasporto cresce assai. Ha potuto constatare in molte occasioni che, nel caso di elementi di notevole lunghezza, la portata del carro veniva sfruttata soltanto per metà. Conclude dicendo che l'osservazione sembra a tutta prima molto seducente; ma, tutto ponderato, i vantaggi si riducono assai e in qualche caso scompaiono addirittura.

*Dispositivi di chiusura.*

PROF. DE MARCHI (cfr. pag. 865). – Chiede delucidaioni sui dispositivi speciali per la protezione delle condotte forzate contro i colpi d'ariete, accennati dal Relatore.

ING. BONO. – Illustra un sistema proposto dal Bouchayer che schematicamente si può ridurre ad un tubo di Venturi interrotto in corrispondenza della strozzatura, di modo che l'acqua passa dall'una all'altra parte del tubo sotto forma di un getto compatto. Evidentemente, un colpo d'ariete, che abbia la sua origine dalla parte di valle non può propagare il suo effetto di sovrapressione a monte della interruzione perchè, in corrispondenza di quest'ultima, il getto si rompe sfrangiandosi. Il sistema però non ha avuto pratica applicazione, o per lo meno non ha avuto seguito.

ING. MORTARA. – Accenna al dispositivo di sicurezza, pure sistema Bouchayer, consistente nel configurare l'imbocco delle condotte forzate a guisa di sifone, alla sommità del quale si innesta un tubo d'aria per l'interruzione del flusso in caso di eccessiva velocità.

Questo dispositivo può sostituire, in alcuni casi vantaggiosamente, le valvole a farfalla.

Chiede inoltre se sono noti particolari inconvenienti delle valvole sferiche.

ING. BONO. – Circa le valvole rotative sferiche, osserva anzitutto che ne esistono di parecchi tipi molti dei quali differiscono fra loro sostanzialmente. Pertanto gli inconvenienti rilevati su un tipo non possono essere generalizzati ed estesi a tutti gli altri. Si può dire, tuttavia, che quasi tutti i tipi, in particolari circostanze, hanno generato qualche inconveniente.

In qualche impianto si sono avuti gravi inconvenienti causati dal piatto di chiusura, caratteristico di un tipo. In qualche altro impianto ha dato delle noie il rubinetto di scarico (specie di by-pass). Qualche altro tipo, mentre serve ottimamente in certe circostanze, è meno adatto in altre. Per rispondere esaurientemente occorrerebbe fare un'analisi di dettaglio dei diversi tipi correnti, il che potrà essere fatto, e certamente con molto profitto in una di quelle monografie proposta dal Presidente, sugli inconvenienti segnalati dalle consociate o noti ai Membri della Commissione.

ING. RUSSI, della Soc. Varesina. – Comunica che una valvola sferica impiegata come organo di intercettazione a monte di una turbina, in un impianto della Soc. Idroelettrica del Tresa, non ha mai dato luogo ad alcun inconveniente, pur venendo spesso manovrata sotto carico; essa, però, non è soggetta che ad una pressione di 3 atmosfere.

ING. C. SEMENZA, della Soc. Idr. Veneta (cfr. pag. 866). – Osserva che il sistema di adottare, per la chiusura delle condotte forzate, due valvole a farfalla in serie, con uno scarico intermedio, implica una perdita continua d'acqua attraverso lo scarico stesso; il che non costituisce certamente una soluzione molto razionale.

ING. BONO. – La perdita di acqua che questo sistema impone, in molti casi obbliga ad escludere il sistema stesso, specialmente quando si tratta di acqua di serbatoio. In qualche caso particolare, però, il sistema può essere anche preso in considerazione in vista del fatto che consente una discreta economia nella spesa d'impianto, rispetto all'adozione di apparecchi a chiusura ermetica.

*Selle di appoggio.*

ING. MORESCO (cfr. pag. 869). – Comunica che in una condotta forzata in esercizio da venti anni e appoggiata sopra selle comuni di lamiera, si sono riscontrate erosioni notevoli nelle zone d'appoggio dei tubi, a causa dell'acqua penetrata fra questi e le lamiere delle selle. Per evitare danni peggiori, si è stati costretti a spostare nel senso assiale le tubazioni. Egli ritiene che l'accennato tipo di sella dovrebbe essere abbandonato o, almeno, radicalmente modificato e perfezionato.

ING. BONO. – Conferma che l'inconveniente accennato dall'ing. Moresco si è verificato in numerosi altri casi. Qualche vantaggio può conseguirsi praticando nella lamiera di ricoprimento delle selle alcune scanalature nel senso assiale della tubazione, in modo da evitare il ristagno dell'acqua fra questa e le selle stesse.

ING. BONFIOLI. – Ritiene che sarebbe utile studiare un tipo di sella che limiti l'appoggio a due zone laterali, lasciando libero il tubo nella parte centrale.

PROF. FORTI. – Ricorda che la condotta forzata dell'impianto dell'Aventino è provvista di appoggi del tipo a rulli con una disposizione semplice e molto opportuna.

ING. MORTARA. – Osserva che i costruttori di condotte forzate danno però sempre la preferenza alle selle comuni cilindriche con rivestimento di lamiera.

ING. BONO. – Effettivamente tali selle costano meno degli altri sistemi d'appoggio e, al tempo stesso, costituiscono dei vincoli di guardia assai utili agli effetti degli spostamenti laterali delle tubazioni, specie presso i giunti di dilatazione.

ING. MORTARA. – Presentano tuttavia l'inconveniente di creare un forte attrito nelle zone di appoggio dei tubi; tanto che non è infrequente il caso di rottura dei pilastrini di sostegno.

Egli ritiene che si potrebbe benissimo generalizzare l'impiego delle selle piane, quali vengono usate per le tubazioni cerchiate.

ING. BONO. – Rispondendo all'ing. Mortara, nota che le selle piane hanno senza dubbio dei vantaggi, specie in relazione alla conservazione della superficie del tubo, ma non possono essere sempre impiegate. L'appoggio limitato ad una sola generatrice aumenta gli sforzi flettenti generati nella lamiera per effetto del peso proprio e del peso dell'acqua. Se i tubi sono di diametro anche soltanto medio, se non grande, e di spessore sottile, questi sforzi possono arrivare a provocare delle deformazioni che non solo sono da scartare per sè stesse, ma diventerebbero pericolosissime al formarsi di una pur lieve depressione interna. Le selle piane, inoltre, non offrono nessun ritegno nel senso trasversale all'asse della tubazione e ciò pure è pericoloso, specialmente nel caso di livellette lunghe e provviste di giunto di dilatazione. Il primo inconveniente lamentato non sussiste per i tubi cerchiati accennati dall'ing. Mortara, prima di tutto perchè il tubo cerchiato è sempre un tubo a forte spessore, in secondo luogo perchè gli anelli costituiscono un forte sistema di irrigidimento.

*Giunti di dilatazione.*

Al secondo inconveniente, in ogni caso, si può ovviare mediante l'applicazione di telai di guida.

Concludendo, la sella piana non può avere una applicazione totalitaria, ma deve essere limitata solo a circostanze favorevoli.

ING. AUDOLY. – Riferisce che nella condotta di Airole, in servizio dal 1907, essendosi riscontrate notevoli erosioni a valle delle selle di appoggio (del tipo comune) si sono demoliti alcuni pilastrini e si è riscontrato che i tubi non presentavano corrosione alcuna in corrispondenza delle zone di appoggio.

Cita inoltre il caso della condotta dell'impianto di S. Dalmazzo, ove la tubazione poggia su guide laterali formate da ferri ad U, fissati in testa ai pilastri di sostegno.

ING. MORTARA. – Riterrebbe opportuna la prescrizione di apposite norme, per gli appoggi delle condotte, da tener presenti nei contratti di appalto con i costruttori.

ING. BONO. – Alcune prescrizioni potrebbero essere aggiunte a quelle già contenute nel paragrafo delle attuali «Norme» che parla appunto degli appoggi.

ING. MORTARA (cfr. pag. 870). – Riconosce i vantaggi che presentano in generale i giunti di dilatazione, ma è del parere che in Italia si esageri talvolta nella loro adozione.

ING. MORESCO. – Pur essendo favorevole all'adozione dei giunti di dilatazione, ritiene però che questi debbano essere in ogni caso accuratamente costruiti e composti in ogni loro parte da elementi molto robusti e ben torniti.

Talvolta si costruiscono giunti troppo deboli, formati da elementi saldati e profilati, i quali danno luogo a gravi inconvenienti.

Si rende necessaria infatti una continua sorveglianza e ripassatura della guarnizione di tenuta, se si vogliono far cessare le perdite che si manifestano quasi sempre anche dopo brevi periodi di messa fuori servizio della condotta. Gli inconvenienti dei giunti deboli sono più gravi quando i due tronchi di tubi che costituiscono il giunto, il maschio e la femmina, non sono bene centrati e coassiali, o per difetto di montaggio o per cedimento degli appoggi.

ING. BONO. – Riferendosi all'osservazione dell'ing. Mortara, nota anzitutto che la questione inerente all'opportunità o meno di munire le condotte forzate di giunti di dilatazione si può ricondurre al seguente quesito: se i giunti di dilatazione sono complessivamente dannosi od utili. Non bisogna dimenticare che qualche costruttore straniero ha perfino affermato, come è stato già detto, che il giunto viene applicato da molti soltanto perchè evita calcoli difficili. Ciò non è conforme al vero. Naturalmente, anche nell'applicazione dei giunti occorre avere del senso pratico. Allorchè, ad esempio, tra due punti fissi (tubi bloccati) esistono solo pochi metri di tubo libero, si può evitare l'applicazione del giunto di dilatazione verificando le condizioni di sollecitazione assiale del tubo. Cita il caso di una condotta forzata dell'impianto del Barbellino, nella quale esistevano condizioni favorevoli per la soppressione dei giunti di dilatazione in alcune livellette, mentre, nel tempo stesso, si sarebbero dovute affrontare notevoli difficoltà per fare un blocco di ancoraggio in corrispondenza di un vertice planimetrico. Per la concomitanza di questi fatti vennero soppressi i giunti di dilatazione in quattro livellette, raggruppate a due a due, lasciando liberi i vertici planimetrici intermedi e poggiando, naturalmente, la tubazione su selle piane. In soli 5 anni di esercizio, essendo la tubazione munita in quella zona di giunzioni trasversali a flange fisse con guarnizione automatica, si sono dovuti lamentare 12 scoppi di guarnizione, avvenuti sempre nella stagione primaverile -estiva, quando cioè la temperatura ambiente tende ad aumentare. Questi scoppi hanno portato ad altrettante giornate di interruzione dell'esercizio. La cosa è stata molto studiata da parecchi tecnici e si è molto lavorato sulle giunzioni seguendo criteri certamente molto logici. L'inconveniente però non è ancora eliminato perchè anche quest'anno si è avuto un nuovo scoppio. Verificati i calcoli di stabilità delle giunzioni, in relazione ai diversi sforzi che possono nascere nel tubo, e facendo ipotesi esagerate nei rigurdi degli sbalzi termici, si è trovato che le giunzioni adottate dal costruttore erano largamente esuberanti. A monte ed a valle di quella zona esistono parecchie livellette, con lo stesso tipo di tubo e con lo stesso tipo di giunzione, ma munite di giunto di dilatazione e mai si è lamentato uno scoppio di guarnizione.

Relativamente all'osservazione dell'ing. Moresco, l'ing. Bono si dichiara perfettamente concorde con questi. Alcuni costruttori infatti, pochi per fortuna, fanno i giunti di dilatazione alla meglio, preoccupandosi più che del perfetto funzionamento del giunto, del fatto che questo costi poco. Ricavano perciò molte volte le scatole a stoppa con semplici sagomature di lamiera o con dei profilati e costruiscono i premistoppa con dei semplici ferri cantonali. Non è una buona norma perchè questi giunti, nella quasi totalità, anche alle basse pressioni, perdono sempre acqua. Ne riesce anche alquanto compromessa la coassialità dei tubi maschio e femmina e quindi il funzionamento del giunto. In molti casi il premistoppa è fatto di ghisa e ciò provoca con grande facilità la rottura dello stesso per ineguale tiro dei bulloni. Si può dire che non esista quasi condotta forzata avente i premistoppa di ghisa, nella quale non si trovi qualche premistoppa rotto. Concludendo, il giunto di dilatazione è un organo che ha una funzione importante e che esige di essere studiato e costruito bene.

*Ancoraggi.*

ING. SEMENZA (cfr. pag. 872). – Osserva che le Case costruttrici tendono ad esagerare nelle prescrizioni per gli ancoraggi, specialmente per i ferri (puntoni, fasce e tiranti). Ciò è comprensibile, ma i tecnici idroelettrici devono limitare al minimo necessario anche il peso degli elementi accessori. Ritiene che, specialmente negli ancoraggi con sforzi di compressione, un'analisi condotta con criteri di senso comune porti a impiegare quantità di ferro molto inferiori a quelle prescritte o consigliate dalle Ditte. Così è stato fatto negli impianti Piave-Santa Croce.

*Telai di guida.*

ING. AUDOLY (cfr. pag. 873). – Fa osservare che l'adozione dei telai di guida facilita e giustifica quella delle selle piane.

*Apparecchi di misura della portata.*

ING. MORTARA (cfr. pag. 874). – È del parere che nelle condotte forzate sia preferibile l'adozione dei venturimetri o di altri apparecchi da questi derivati, il cui costo risulta assai moderato, purchè siano previsti all'atto dell'ordinazione delle condotte.

ING. BONFIOLI. – Osserva che i venturimetri non sono atti in generale a dare misure precise in corrispondenza delle minime portate. Essi infatti danno indicazioni attendibili sino a portate minime dell'ordine di un decimo della portata massima.

ING. MORTARA. – Ritiene che il limite di un decimo della portata massima sia già praticamente sufficiente agli effetti delle misure che interessano l'esercizio degli impianti idroelettrici.

ING. BONFIOLI. – In alcuni casi, come ad esempio quello del Vizze, nel quale è in gioco una fornitura di energia ad uso ferroviario, l'accennata approssimazione non è già più sufficiente.

ING. BONO. – Ricorda che in alcuni casi si può adottare un tipo di misuratore ad ugello che è molto economico. Egli ha avuto occasione di installarne uno recentemente, munito naturalmente di apparecchio indicatore e registratore, per portate variabili fra 400 e 3500 litri al secondo. Tutto il complesso, compresa la spesa di montaggio, è venuto a costare circa 10.000 lire.

ING. RUSSI. – Riferisce che nell'impianto di Creva è stato adottato uno di tali apparecchi senza la necessità d'introdurre nella condotta dispositivi speciali; la taratura deve essere fatta però sul posto. I risultati furono così favorevoli che tutte le condotte forzate della stessa Società vennero dotate di misuratori dello stesso tipo.

PROF. DE MARCHI. – Ritiene che i dispositivi comuni ad ugello implichino delle perdite di carico apprezzabili.

ING. MORTARA. – Rileva che, invece, con i venturimetri appositamente studiati, la perdita di carico può ridursi a ben poca cosa. Attualmente la ditta Bopp & Reuther costruisce un tipo che non richiede neppure la taratura sul posto e che, nei casi riscontrati (la Soc. della Sila ha installato tre di questi apparecchi), hanno mostrato di corrispondere abbastanza esattamente alla taratura teorica.

ING. SEMENZA. – Ricorda il metodo Gibson e le applicazioni che ne ha fatto il prof. Scimemi.

*Coefficienti di lavoro.*

ING. SPINGARDI (cfr. pag. 876). – Condivide l'idea dell'Ing. Bono circa l'opportunità di non fare assegnamento sul lavoro della roccia nel caso di condotte in galleria. Ciò non toglie che, con opportune previdenze, si possa se non annullare del tutto, per lo meno limitare moltissimo il giuoco che potrebbe esistere a costruzione finita tra lamiera e calcestruzzo e fra calcestruzzo e roccia. Ad esempio, nell'impianto di Galleto, una serie di iniezioni di cemento sotto pressione, praticata fra il rivestimento metallico del pozzo e il calcestruzzo, ha dato risultati probativi, favorendo la perfetta aderenza del calcestruzzo, sia contro la parete metallica che contro la roccia.

*Massimo colpo d'ariete.*

ING. MORTARA. – Osserva che nelle turbine Pelton può sussistere un forte colpo d'ariete all'apertura, come effetto di contraccolpo. In casi particolarmente sfavorevoli questo contraccolpo può raggiungere il 20% della pressione statica.

ING. BONO. – Citando nella relazione il caso del distacco repentino del massimo carico come causa del massimo colpo d'ariete, è stato effettivamente impreciso. Difatti può darsi che la massima sovrapressione si possa avere come effetto di contraccolpo ad un colpo d'ariete negativo di apertura. Quando però in ogni caso si tenga conto del massimo effetto di sovrapressione, conferma quanto ha detto nella relazione circa il limite minimo che deve essere imposto nei calcoli.

PROF. FORTI. – Ritiene che la Commissione debba proporre una modifica integrale delle Norme sulle condotte, sia per quanto concerne i coefficienti di lavoro dei materiali, sia per riguardo ai valori ammissibili per i colpi d'ariete più sfavorevoli. E propone che di tale questione si occupino il Prof. De Marchi e l'Ing. Bono. I quali accettano l'incarico.

*Prove di sovrapressione.*

ING. MORTARA (cfr. pag. 750). – Ritiene che per le prove in opera delle condotte forzate i costruttori dovrebbero attrezzarsi per conto proprio come fanno i fabbricanti di caldaie a vapore. Con un numero relativamente limitato di apparecchi essi potrebbero mettersi in grado di provare qualsiasi condotta. È inoltre del parere che le prove di sovrapressione dovrebbero ridursi ad una prova in posto dei giunti.

ING. CONTESSINI. – Osserva che le prove di sovrapressione per tronchi possono costringere ad aumentare appositamente i blocchi di ancoraggio delle condotte; il che può rappresentare un aggravio di spesa non sempre trascurabile.

ING. BONO. – Sostiene che le prove in opera per tronchi sono molto utili. Anche se si vogliono provare soltanto i giunti, come proporrebbe l'ing. Mortara, occorre sempre ricorrere alla sovrapressione e quindi il problema sorge ancora nella sua totalità. Circa l'osservazione che per queste prove dovrebbero attrezzarsi i costruttori è necessario un chiarimento. Per le prove in opera non occorre gran che: basta una pompa e qualche diaframma di sezionamento, nonchè, naturalmente, qualche manometro. La pompa ed i manometri sono normalmente forniti dai costruttori. Circa i diaframmi di sezionamento, sarà ben raro il caso che un diaframma che ha servito per una tubazione possa servire anche per un'altra. Occorre la coincidenza dei diametri, dei bollettaggi e delle differenze di pressione in giuoco. Se quindi un costruttore dovesse predisporsi una serie di diaframmi di sezionamento, dovrebbe preparare un rilevantissimo numero di tali elementi, immobilizzando un capitale ingente. Qualche volta, invece, il costruttore ricompera dal cliente il diaframma o i diaframmi dietro un congruo ribasso; questa è probabilmente la soluzione più logica. Circa la preoccupazione espressa dall'ing. Contessini, sulla ripercussione delle prove in opera per tronchi sul costo di alcuni blocchi di ancoraggio, osserva che si può stare tranquilli. È bensì vero che per i blocchi vicini ai diaframmi di sezionamento occorre fare una verifica della stabilità per le sollecitazioni di prova, ma se si sfruttano particolari accorgimenti nel disegnare i diaframmi e quindi nel condurre le prove, si trova nella quasi totalità dei casi che i blocchi non vanno aumentati. Si troverà, è vero, che, sia le sollecitazioni interne del blocco, come le spinte sul terreno, subiranno un lieve incremento, ma ciò non deve preoccupare; anzi, ciò darà la favorevole occasione di sottoporre quel blocco ad una prova efficace. Ripete che sono rari i casi nei quali questi incrementi di sollecitazione sono tali da consigliare la modifica del blocco. Analogamente per la ferramenta d'ancoraggio.

*Taratura delle valvole automatiche.*

ING. BONO (cfr. pag. 950). – Rispondendo ad una obiezione, riafferma che egli ritiene molto opportuno che la taratura degli apparecchi automatici di chiusura delle condotte forzate preceda, per ragioni di prudenza, le prove dinamiche, poichè queste generano sollecitazioni eccezionali proprio all'inizio della vita della condotta forzata, quando cioè non si ha ancora la sicurezza che questa risponda in tutto e per tutto alle esigenze richieste.

ING. MORTARA. – Osserva che generalmente la taratura può essere fatta determinando le condizioni di scatto per valori crescenti della portata, in modo da tracciare una curva di funzionamento della valvola automatica, la quale serve a stabilire la posizione di taratura in servizio normale, senza bisogno di raggiungere effettivamente i valori elevati di portata e di velocità che devono provocare lo scatto.

*Verniciatura.*

ING. AUDOLY (cfr. pag. 952). – Propone che in sede di discussione la Commissione stabilisca qualche criterio di orientamento per la scelta delle vernici più raccomandabili per la protezione delle condotte forzate.

ING. BONO. – In base alla sua personale esperienza ritiene che si debbano assolutamente escludere tutte quelle vernici di composizione diversa che vanno sotto la denominazione generale di « antiruggine ». Egli ha esperimentato parecchie vernici ed ha provato anche delle spalmature con boiaca di diverse qualità di cemento. Ha potuto forsi la convinzione che le vernici più adatte, sia per l'esterno che per l'interno delle condotte forzate, sono quelle a base di catrame, para ecc. Queste vernici devono di norma essere date in due mani. Esse hanno anche il notevole vantaggio, sopratutto quelle contenenti oltre al catrame anche la para (Isol, Inertol ecc.) di essicare con lentezza e di mantenere per molto tempo una certa plasticità, per modo che è evitato il pericolo della formazione di screpolature nel velo di protezione. Ha conseguito anche ottimi risultati dando una o due mani di minio a contatto del metallo e sopra una ultima mano di queste vernici. Il minio, però, è più difficile da distendere ed esige maggior pratica nel verniciatore. Condizione essenziale per la buona riuscita della verniciatura è che la superficie da proteggere sia assolutamente pulita ed asciutta. Il problema di avere la tubazione asciutta è grave per l'interno delle tubazioni in pozzo ed anche per l'esterno delle tubazioni in galleria. In questi casi non bisogna lesinare sul costo. Circa alcune referenze chieste dall'ing. Audoly, cita: per verniciature delle pareti esterne: le tubazioni del Cassibile e dell'Alcantara primo e secondo salto, della Soc. Generale Elettrica della Sicilia, eseguite con una mano di minio e due di Isol sovrapposte; per verniciatura delle pareti interne: le tubazioni elastiche in roccia di Rovesca, della Edison, e di Mese, della Cisalpina, e quella rigida esterna del Vizze, della Soc. omonima. Tutte queste verniciature sono state eseguite da una ditta specializzata ed hanno dato risultato ottimo. Soltanto nella tubazione di Mese, in alcuni tubi dove, per particolari circostanze locali e di tempo, è stato impossibile ottenere una superficie perfettamente asciutta, il risultato è stato pressochè nullo. Il resto della tubazione, che si era potuto asciugare bene, si è mantenuto in ottime condizioni.

ING. AUDOLY. – Comunica che nelle condotte di tutti gli impianti della CIELI si sono protetti i tubi esternamente mediante spalmatura di catrame raffinato privo di sostanze acide, il quale ha anche il vantaggio di costare relativamente poco (L. 1,20 al kg).

Tale verniciatura, eseguita in qualche impianto sin dal 1923, ha dato sinora ottimi risultati.

ING. MORTARA. – Alla Sila si sono ottenuti buoni risultati applicando due mani di vernice all'alluminio sopra una prima spalmatura di minio.

ING. MORESCO. – Comunica che sulle condotte forzate di Isola e di Rimagna egli ha esperimentato la verniciatura esterna, fatta nello stesso periodo di tempo con Isol, Inertol e catrame raffinato, applicati a tratte della stessa tubazione.

Egli si è fatto la convinzione, da quegli esperimenti, che i vantaggi dell'Isol e dell'Inertol non compensino la forte maggiore spesa rispetto alla verniciatura con catrame raffinato: questo, almeno, in relazione al costo di questi tre prodotti di circa 4 anni fa.

Le condotte di cui sopra vengono verniciate esternamente con catrame raffinato ogni tre anni.

ING. AUDOLY. – Negli impianti della Val Maira e della valle Roja le condotte forzate vengono spalmate pure con catrame (raffinato), ogni cinque anni circa.

A. T.

Milano 23 aprile 1932.

## APPENDICE II

# Variazione dei diametri nelle tubazioni forzate

(*Nota dell'* ING. REMO CATANI, *al rapporto dell'* ING. BONO)

Il pregio delle tubazioni forzate a diametri decrescenti verso il basso non è limitato, come bene osserva il diligentissimo Relatore, ad un minor peso, ma comprende altri vantaggi rispetto alle corrispondenti tubazioni a diametro costante e di uguale perdita.

Risultano infatti minori diametri nei tratti a pressione massima, minore forza viva e maggiore volume dell'acqua in moto entro la tubazione, ecc. I minori diametri a pressione massima, non solo conducono a minori spessori massimi, che permettono talvolta di contenere ancora in una sola tubazione tutta la portata, ma ammettono un minore deflusso massimo in caso di rottura della tubazione in un tratto in massima pressione e la eventuale preservazione del resto della condututura.

Appunto uno di questi casi originò le mie considerazioni e le corrispondenti formule sulle tubazioni a diametri decrescenti. La tubazione era a diametro costante di m 1,80, pressione massima 180 m; spessori delle lamiere di acciaio da 8 a 25 mm. All'atto della manovra di una grande turbina, saltò una parte di parete nel fianco del tratto terminale, in piano. La superficie della falla era maggiore della sezione trasversale del tubo. Il deflusso risultò quindi ancora maggiore di quello corrispondente al distacco del fondo della tubazione. Per la mancanza di un tubo di aria, si formò un vuoto nei tratti alti del tubo che si schiacciarono sino allo spessore di 15 mm. La massima velocità teorica di uscita dell'acqua dalla falla, all'inizio, era di circa 60 m/sec; la velocità effettiva dovette essere minore per la irregolarità della sezione di efflusso e per l'asperità del suo perimetro, ma fu talmente forte da far vibrare suolo e manufatti come per un terremoto.

La condututura si vuotò in pochi secondi.

Se fosse stata a diametri variabili, per es. 31, e se la variazione avesse seguito la legge poi indicata da me, il diametro del tratto orizzontale a pressione massima sarebbe stato di m 1,57 e, forse, il tratto alto non si sarebbe schiacciato.

La perdita totale di carico può essere discrezionalmente predeterminata dal progettista in base alla sua pratica, ma può anche essere calcolata secondo considerazioni di spesa di impianto e di costi di esercizio.

Una volta stabilita, dovrebbe essere sempre suddivisa in diversi tronchi a diametri decrescenti verso il basso, non solo per diminuire la spesa della condututura, ma anche per ottenere tutti gli altri vantaggi a cui si è già accennato e che sono talmente importanti da dover fare abbandonare, in generale, le tubazioni a diametro costante. Ed infatti molte tubazioni sono state costruite, in questo principio di secolo, in Italia e all'Estero, a diametri variabili, e debbo ritenere che, assai spesso, la variazione sia stata fatta secondo i risultati del mio studio, perchè quasi sempre la ho riscontrata conforme alle mie formule, che il Sen. Colombo volle inserire nel suo Manuale, che i suoi illustri Collaboratori mantennero e che prima apparvero in italiano sul *Politecnico* ed in francese sul *Bulletin Technique de la Suisse romande*.

Qualche rara tubazione è stata fatta a diametro costante eguagliando a zero la derivata della somma della spesa di impianto e della cifra capitale corrispondente alla perdita di energia, cifra calcolata in base al presunto costo del kWh in Centrale ed ammettendo un certo tasso di capitalizzazione. Tali previsioni finanziarie non rendono la soluzione più semplice o migliore rispetto a quella di assumere come perdita totale una percentuale della caduta. Ad analoghe previsioni si è dovuto ricorrere quando l'analisi è stata spinta più a fondo, come è bene accennato nella ottima Relazione dell'Ing. Bono, onde dedurne la legge di diminuzione del diametro corrispondente al massimo tornaconto; ma la economia di peso è sempre dell'ordine indicato sia dal Relatore, sia nella mia prima pubblicazione. Rimane però in questi casi la bontà della soluzione del rapporto inverso fra diametro e pressione.

Tale variabilità conviene anche per tubazioni relativamente corte, più per gli altri vantaggi accennati che per la economia, la quale, tuttavia esiste, pure ridotta, qualora le tubazioni siano a forte pendenza oppure abbiano un tratto orizzontale a massima pressione di lunghezza proporzionalmente rilevante, ecc. Nei tratti orizzontali, a pressione massima, la riduzione in peso può giungere al 20%. Invece i primi tronchi hanno pesi maggiori dei corrispondenti a diametro costante, non solo per l'aumentato diametro, ma anche perchè lo spessore reale dei tubi a bassa pressione è maggiore del teorico. Si evita l'inconveniente componendo i primi tronchi con tubi in cemento di cui alcuni tipi (Vianini) presentano alta resistenza tanto alle pressioni interna ed esterna quanto alla flessione, si possono avere in grandi diametri e lunghezze e resistono a pressioni di esercizio anche superiori alle 10 atm.

Il Relatore, a proposito di tubazioni a diametri ridotti in basso, rammenta, giustamente, i limiti superiori della velocità dell'acqua nelle condotte. La legge da me proposta per la variazione dei diametri, al limite, per un numero grandissimo di tronchi, conduce ad una velocità massima superiore solo del 40 % a quella nella condotta a diametro costante, e siccome è sempre sufficiente adottare un limitato numero di tronchi, così le velocità massime sono generalmente inferiori ai 7 m/sec citati nella Relazione.

Inoltre è da rammentare che la forza viva dell'acqua fluente in una tubazione a diametro variabile è minore, almeno secondo le mie formule, della forza viva dell'acqua in una corrispondente condotta a diametro costante. Non so se altre leggi diano maggior velocità massima; va però notato che tale velocità, per una data tubazione, è sempre molto minore di quella corrispondente alla intera pressione idrostatica e che gli otturatori funzionano ove si ha la massima velocità assoluta. La velocità dell'acqua in una condotta dovrebbe andare sempre e gradualmente aumentando dall'alto verso il basso: dalla sezione di imbocco nella vasca di carico ai distributori, senza troppo preoccuparsi se in qualche tratto, in basso, nella condotta di distribuzione oppure nelle derivazioni, si hanno velocità un po' alte. Questa condizione è soddisfatta dalle condutture a diametro variabile molto di più che dalle condutture a diametro costante. Le perdite risultano così minori. Non debbono però essere poi aumentate sorpassando i limiti superiori della velocità.

In fine, a proposito dei tubi in acciaio senza saldatura, laminati, il cui diametro massimo è limitato, come avverte il Relatore, dal peso dei masselli, mi permetto di notare che attualmente si è giunti, in Inghilterra, a masselli di 170 ÷ 180 tonn, di modo che, pur ammessa una utilizzazione del massello di sole 50 tonn, possono laminarsi tronchi di tubi senza saldatura aventi la seguente caratteristica: $H \cdot D^2 \cdot L = 25.000$, essendo H la caduta; D il diametro; L la lunghezza, in m, del tronco. Una terna di valori è: $H = 1000$ m; $D = 2,24$ m; $L = 5$ m. Con condutture a diametri rastremati verso il basso, tronchi di questo genere permettono di raggiungere elevatissime potenze idrauliche con una sola tubazione forzata.

Ing. REMO CATANI.

*Roma*, 15 *dicembre* 1932-XI.

ING. LUIGI PASSERINI

# La riutilizzazione degli olii dielettrici di scarto (1)

Sorvoliamo sopra alcuni esperimenti iniziali per l'utilizzazione degli olii di scarto in soluzione nella benzina (in quantità dal 6 al 15% dalla montagna alla pianura) per l'azionamento degli automezzi, notando solo che essi, continuati più di un anno su veicoli diversi, ebbero buon esito, ma che tale impiego risulta troppo ristretto, per poter seguire l'accumularsi del prodotto da consumare.

Chi avesse piccole partite da godere potrebbe certamente seguire questa via, che non richiede altra spesa che la nichelatura del galleggiante del carburatore, nè cure particolari, se si astrae da ripuliture un po' più frequenti della camera a livello costante dai prodotti di saponificazione della piccola parte acida, specie coi carburatori di lega leggera.

Per conto nostro cominceremo col trattare dell'utilizzazione dell'olio denso da interruttori, oggi non più usato (2), ma del quale discrete quantità non eccessivamente deperite sono ancora in circolazione.

Poi tratteremo del reimpiego degli olii dielettrici come tali o di quella operazione che presso di noi è stata chiamata « La rigenerazione degli olii ».

***

Confrontando le caratteristiche fisiche di certi olii vecchi da interruttori (che, dopo rigenerati, offrivano come dielettrici una resistenza alquanto maggiore degli usuali) con le qualità specifiche dei lubrificanti, scaturì l'idea di utilizzarli come tali nei sopporti delle macchine, previa filtrazione al filtro pressa.

La loro acidità organica era infatti ancora relativamente bassa, mentre il carbonio in sospensione in forma colloidale avrebbe giovato, anzichè nuocere alla lubrificazione, come dimostra l'uso attuale di aggiungere l'1 ÷ 2% di grafite agli olii lubrificanti, che ammettono tale trattamento, senza complicazioni secondarie e con vantaggio fisico.

La tabella 1, che togliamo dalla pubblicazione « Richtlinien für den Einkauf und die Prüfung von Schmiermitteln » del *Verband deutscher Eisenhüttenleute, Gemeinschaftsstelle Schmiermittel*, ecc., dà le caratteristiche opportune per gli olii lubrificanti delle macchine elettriche.

TABELLA I.

OLIO PER DINAMO E MOTORI ELETTRICI

*Specie*: raffinato, distillato o miscelato con grassi.

*Impiego*: lubrificazione di cuscinetti a circolazione o ad anelli, per generatori, per grossi e piccoli motori come pure per motori da tranvie.

| PROVA DI | PROPRIETÀ RICHIESTE | ORDINE DI TALI ESIGENZE |
|---|---|---|
| Peso specifico a 20°C .......... | non superiore a 0,95 ....... | necessaria |
| Punto d'infiammabilità .......... | *a*) per motori a piccola velocità perif. dell'albero, non meno di 160°C .......... | necessaria |

*Segue* TABELLA I.

| PROVA DI | PROPRIETÀ RICHIESTE | ORDINE DI TALI ESIGENZE |
|---|---|---|
| Punto d'infiammabilità .......... | *b*) per motori a grande velocità perif. non meno di 180°C ................ | necessaria |
| Punto di congelamento ........ | d'estate non meno di +5°C<br>d'inverno » » » —5°C | necessaria |
| Viscosità ........ | *a*) 2,5 fino a 4,5 E a 50°C ..<br>*b*) 3,5 » » 8 » a 50°C .. | necessaria |
| Acidità ......... | raffinati non oltre 0,3 ...<br>distillati » » 0,6 ...<br>miscelati con grassi non oltre 4,0 | necessaria |
| Contenuto d'acqua | non oltre 0,1% .......... | necessaria |
| Ceneri ......... | non oltre 0,02%.......... | necessaria |
| Residui solidi estranei ....... | non oltre 0,01%.......... | desiderabile |

Gli olî avevano le seguenti viscosità:

| Temper. C° | Olii da utilizzare (Engler) | Olio già in uso nei sopporti (Engler) |
|---|---|---|
| 20° | 21,04 | 35,49 |
| 50° | 4,20 | 5,40 |
| 100° | 1,48 | 1,59 |

Ubbelohde (*Kohlenwasserstofföle und Fette* di Holde) ha trovato che il lavoro per attrito interno in olii di ugual viscosità è uguale e che pertanto il semplice viscosimetro, sotto questo aspetto, dà un giudizio che può esonerare dalle complesse prove con le macchine Martens e simili, mentre nei casi eccezionali in cui il parallelismo tra viscosità ed attrito interno non è stato elemento sufficente per giudicare dell'applicabilità di un certo lubrificante, non si è potuto far di meglio che ricorrere alla pratica applicazione.

D'altra parte Vieweg (pag. 192 - Holde) nel 1914, quando la Germania si trovò a dover economizzare gli olii viscosi per la sospensione delle importazioni, raccomandò di fare uso degli olii distillati e raffinati solo nei casi veramente indispensabili, poichè per le macchine di non difficile funzionamento (come sono i nostri gruppi piccoli e medi) bastano i distillati fluidi, meno costosi a fabbricarsi, e meno resistenti per attrito interno, quindi economizzatori d'energia.

Nel nostro caso, la lubrificazione con olio molto fluido ci lasciava un po' perplessi, perchè temevamo che gli anelli non potessero sollevare sui perni una sufficente quantità di olio.

E si provò per gradi, preparando dapprima miscele con altri olii più viscosi, per scendere via via fino all'uso diretto, senza

(1) L'articolo si riferisce ad esperienze che l'A. ha condotto presso alcuni impianti della Soc. Edison.

(2) Le nuove norme (*L'Energia Elettrica*, settembre 1932, pagina 797) prescrivono infatti un massimo di viscosità a 20° C di 8 Engler, forse per facilitare la rapidità d'apertura degli interruttori.

riscontrare nè variazioni di temperatura sensibili nè corrosioni in un anno quasi di funzionamento continuo.

All'epoca di tale applicazione gli olii lubrificanti costavano più dei dielettrici, per cui l'economia appariva evidente, e risultò sensibile, trattandosi di diverse tonnellate di ricupero.

***

Passiamo ora al problema più generale, quello cioè della riutilizzazione degli olii dielettrici come tali, problema della cui soluzione cominciammo ad occuparci nel 1929, in occasione di un guasto ad un trasformatore da 12 000 kVA.

L'olio, ancora quasi nuovo, non era acido, nè deperito per degradazione, ma, per effetto della scarica, era annerito in guisa da destare preoccupazioni pel suo reimpiego, ove non si fosse prima riusciti a chiarificarlo.

Il quantitativo era notevole e la posta valeva un primo tentativo da parte nostra, per ottenere ciò che nè col filtro pressa, nè con la centrifuga, era possibile conseguire.

Fu allora che s'improvvisò una lavorazione primordiale con terra da sbianco e con una specie di zangola a mano, nell'officina stessa in cui si procedeva alla riparazione del trasformatore.

L'operazione fu alquanto lunga e laboriosa, tanto più che, per separare la terra da sbianco, si dovettero mettere in serie due filtri pressa, non bastandone uno solo o la centrifuga.

Tuttavia, essendo ben riuscita, essa costituì l'incentivo a perseverare, per risolvere il problema anche per gli olii acidi.

***

Con gli olii acidi facemmo inizialmente dei tentativi con la sola terra, ma riscontrammo uno sperpero eccessivo e dovemmo deciderci a ricorrere all'azione preliminare energica dell'acido solforico concentrato, come nella vera e propria raffinazione industriale.

Ciò richiese da parte nostra un certo sforzo psicologico, ci sia consentito dirlo, per superare il timore di danneggiare il macchinario elettrico, con l'introdurre in esso olio trattato con acido solforico, da noi, non chimici.

A questo sentimento naturale di responsabilità, si aggiungeva anche l'effetto di alcune informazioni sfavorevoli.

L'olio, secondo queste, si sarebbe potuto rigenerare, ma senza convenienza economica, perchè non avrebbe più risposto alle norme, per ciò che concerne la durata.

Tale asserzione veniva giustificata col concetto che la molecola, una volta rotta, non avrebbe più riacquistato il primitivo assetto per effetto del trattamento di raffinazione.

A noi sembrò che alle molecole « rotte » dovesse provvedere l'acido solforico, ponendole fuori combattimento, con vantaggio della massa che doveva risultare così depurata e costituita dalle molecole integre.

Del nostro parere si è infatti dimostrato il Dott. M. Van Rysselberge che ha posto le seguenti parole a chiusa della sua memoria sull'invecchiamento degli olii minerali, presentata al X Congresso di Chimica Industriale (1):

« .... Notiamo ancora che le caratteristiche fisiche degli « olii rigenerati sono praticamente quelle degli olii nuovi, e « che gli olii rigenerati presentano la stessa resistenza alla « prova d'invecchiamento artificiale degli olii nuovi, purchè « abbiano subito una rigenerazione chimica completa ».

In pratica abbiamo constatato che alcuni olii rigenerati non hanno corrisposto alle prove di durata delle Norme, mentre altri sì.

Questo ci ha fatto pensare che il fenomeno lamentato non sia imputabile all'olio rigenerato perchè discendente da un olio « rotto », bensì perchè figlio di un olio originariamente debole.

L'appunto tuttavia si è dimostrato d'importanza alquanto secondaria, perchè la natura della prova imposta dalle Norme è troppo severa e non ha riscontro con ciò che avviene nella pratica, con le temperature correnti dei nostri trasformatori (1).

Tanto è vero che in parecchi Stati, e non negli ultimi in fatto di elettrotecnica, si accettano correntemente olii che non resisterebbero alle nostre prove.

D'altronde è nostra convinzione che l'olio abbia a durare più o meno in servizio, a seconda anche e sopratutto del modo con cui è stato maneggiato all'inizio.

E non ci meraviglieremmo se vedessimo uscire di servizio prima un olio resistentissimo, ma preparato senza autoclave e con riscaldatori a resistenza direttamente immersa, di un altro più debole, essiccato con cura in autoclave e senza resistenze direttamente a contatto col liquido.

Non solo, ma l'esperienza di questi ultimi anni ci ha insegnato anche che olii nuovi, di buona provenienza, in trasformatori muniti di serbatoio di espansione, preparati con la dovuta cura, possono avere una tendenza ad acidificare maggiore di olii rigenerati, in trasformatori antichi, già vuotati dal contenuto acido e privi di serbatoio d'espansione, cioè a specchio libero.

Nella tabella II indichiamo le acidità rilevate a fine di ogni anno delle unità, che furono riempite con olio rigenerato.

L'acidità iniziale per alcuni trasformatori è stata misurata prima del riempimento, cosa che ha prodotto un errore nelle misure di partenza, in quanto all'inizio figura un'acidità minore di quella effettiva.

È chiaro infatti che il trasformatore, impregnato di olio acido, anche se lavato con cura, contaminerà più o meno fin dall'inizio il nuovo olio, facendo figurare alla fine del primo anno un peggioramento falso, o quanto meno non imputabile a degradazione propriamente detta.

Questo ad esempio è il caso del trasformatore da 500 kVA con rapporto 25 000/3 400 V, a raffreddamento naturale in olio, che prima della sostituzione conteneva dielettrico dell'acidità di 0,41.

Il passaggio da 0,028 a 0,056 non è quindi tutto imputabile a degradazione (2).

Se tuttavia si considera che questo trasformatore è stato in servizio tutto l'anno, come nella piccola distribuzione, si può rilevare che non c'è di che lamentarsi.

Per il confronto vedi alcuni valori della tabella III, riferentisi a trasformatori pieni di olio normale.

Certo è che il trasformatore, che da più tempo contiene olio rigenerato (3 000 kVA con rapporto 49 000/7 600 V), si è comportato come il gemello, riempito appositamente con olio nuovo, pur avendo sopportato in più di questo e da solo il servizio continuo per tutto l'anno 1931.

Entrambe queste unità sono senza conservatore d'espansione, quindi nelle peggiori condizioni riguardo all'aereazione.

Purtroppo tra le unità prese in esame non ve ne sono di piccolissime, soggette a forti temperature, come nella distribuzione, per cui non possiamo riferire circa questo caso, che è quello di maggior cimento; ci sembra però che le condizioni del nostro trasformatore da 500 kVA, 25 000/3 800 V, siano paragonabili alle citate.

(1) L'Industria Italiana degli Olii per trasformatori, della Soc. Lubrificanti Bedford (1932).

(1) Viceversa le stesse norme, portando l'acidità massima tollerabile nell'esercizio dal 0,25 al 1 ÷ 1,5 %, sono divenute eccessivamente longanimi.

(2) Un laboratorio, al quale demmo da controllare alcune delle nostre analisi, trovò per questo trasformatore 0,085. Poichè con altre misure l'accordo era perfetto, stiamo indagando sul motivo della discrepanza, che riteniamo causata da non freschezza di reagenti.

È questa una fonte di errori in cui in principio noi stessi siamo ripetutamente caduti e che è bene segnalare a chi voglia occuparsi della questione degli olii.

TABELLA II.

TRASFORMATORI CON OLIO RIGENERATO

| OFFICINA | Trasformatore N. | Potenza kVA | Rapporto | Acidità organica alla fine degli anni | | | Annotazioni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1930 | 1931 | 1932 | |
| Garlasco ....... | 2° | 3 000 | 49 000/7 600 | (1) * 0,05 | 0.056 | 0,056 | Nel 1931 ha fatto 8760 ore di servizio e nel '32 la metà |
| Trecate......... | 1° | 3 000 | 49 000/7 600 | 0,22 | * 0,056 | 0,065 | — |
| » ......... | 2° | 3 000 | 49 000/7 600 | 0,36 | * 0,056 | 0,056 | — |
| Vigevano ...... | 1° | 3 000 | 2 500/25 000 | 0,22 | * 0,05 | 0,05 | — |
| » ...... | 2° | 3 000 | 2 500/25 000 | 0,17 | * 0,056 | 0,056 | — |
| Novara ........ | 1° | 600 | 3 800/220 | 0,28 | * 0,028 | 0,06 | — |
| » ........ | 2° | 600 | 3 800/220 | 0,33 | * 0,028 | 0,056 | — |
| » ........ | 1° | 500 | 25 000/3 800 | 0,42 | * 0,028 | 0,05 | Ogni anno fa 8 760 ore di servizio |
| Goglio.......... | 3° gruppo di 3 monofasi | 5 000 | 7 500/55 000 | | * 0,04 | 0,056 | — |
| » .......... | 4° » | 5 000 | 7 500/55 000 | | * 0,03 | 0,056 | — |
| » .......... | 5° » | 5 000 | 7 500/55 000 | * ? | 0,12 | 0,12 | Manca il dato precedente all'inondazione |
| Verampio ...... | 1° » | 7 000 | 7 600/56 000 | — | — | 0,059 | — |

(1) Il segno * indica la sostituzione dell'olio ordinario con rigenerato.

***

Alcuni anni or sono in un fascicolo di questa Rivista un collega trattò il problema della rigenerazione degli olii (1).

La sua buona volontà nell'iniziare i colleghi dell'esercizio a questo nuovo genere di economia, non ha però raggiunto lo scopo, forse perchè il procedimento non venne esposto in termini pratici od anche perchè nessuno si sentì di provare pel primo.

Nel nostro caso si tratta infatti di organizzare una tecnologia, senza averne la pratica necessaria, senza poterci basare con sicurezza sui trattati, che parlano di mille cose, ma pochissimo ed in modo vago dei dielettrici, e senza infine che valga la pena di aggregarsi qualche tecnico del ramo, come vien fatto in casi analoghi per industrie di una certa importanza.

Pertanto noi riprenderemo l'esposizione del procedimento « ab initio » non preoccupandoci se in qualche caso particolare l'operazione può essere limitata al solo trattamento con le terre, come a noi stessi venne fatto con l'unità da 12 000 kVA.

E cominciamo dalla prima operazione, successiva alla raccolta ed al miscelamento accurato delle varie partite di olio di scarto, e che consiste nel trattamento con acido solforico concentrato puro. Poi parleremo del trattamento con terre assorbenti, della filtrazione e dell'essiccamento.

***

L'azione dell'acido solforico concentrato (nonchè di quello fumante) sugli olii minerali rappresenta uno dei processi più complessi della chimica industriale.

Per tale ragione si spiega come il meccanismo della raffinazione acida sia chiarito ancora solo *grosso modo* ed in forma incompleta, benchè il processo sia ormai vecchio di decine di anni.

Così apre il capitolo della raffinazione acida il Prof. Leo Gurwitsch dell'Università di Baku nel suo trattato: *Wissenschaftliche Grundlagen der Erdölverarbeitung* (Springer 1924).

I due principali componenti degli olii minerali (paraffine e nafteni), presi isolatamente alle temperature ordinarie di raffinazione, non si lasciano attaccare nè dall'acido solforico concentrato nè da quello fumante.

Invece, messi insieme ed in presenza di terzi composti, come avviene negli olii ordinari, che contengono parti non sature e parti ossigenate, risentono anch'essi di questa azione energica; ma alle piccole percentuali di acido solforico in uso, la perdita si mantiene in limiti tollerabili.

I più attaccati sono gli elementi della serie non satura ed i composti ossigenati, che dall'azione ossidante dell'acido solforico vengono separati in una massa oscura, pesante e densa, impropriamente detta catrame acido (Säureteer).

Essa risulta costituita di eteri composti (esteri), in parte acidi ed in parte neutri, essendo l'acido solforico bibasico (vedi Molinari: tioeteri ed esteri).

La maggior parte di questi eteri passa nei fanghi (catrame acido), ma un po' ne resta sempre in soluzione nell'olio e vi perdura, pur con lavaggi successivi ripetuti con soda.

Heussler e Dennstadt hanno infatti messo in evidenza tuttociò, riscaldando l'olio con anilina (dal liquido si sono separati col tempo cristalli di solfato d'anilina).

A volte il catrame acido si presenta in massa compatta più densa del fango, che diviene scorrevole solo col riscaldamento, per rapprendersi nel raffreddarsi; altre volte è più fluido.

E poichè il trattamento con l'acido viene frazionato in diverse riprese, separando ogni volta i fanghi per non disperdere su di questi l'azione del reagente, così di solito avviene che i primi fanghi sono più tenaci dei successivi.

I tioeteri, i tioacidi e gli eteri composti sono poco resistenti e, cotti in acqua, si scindono nei corrispondenti alcool ed acido solforico.

Per tale ragione nelle grandi raffinerie i fanghi vengono sottoposti ad un trattamento per ricuperare l'acido solforico, che poi viene concentrato e riutilizzato nello stesso processo.

Di questa operazione, che per noi rappresenterebbe l'economia sull'economia, non è il caso di occuparsi, tanto più che l'onere per l'attrezzamento a ciò necessario supererebbe l'utile ricavabile da lavorazioni piccole e saltuarie.

I fanghi vanno perciò dispersi ove non possano recare danno, o quanto meno possono venir impiegati a distruggere le male

(1) BAZAN. *L'Energia Elettrica*, febbraio 1928.

TABELLA III.

TRASFORMATORI CON OLIO NORMALE

| OFFICINA | Trasformatore N. | Potenza kVA | Rapporto V | Acidità organica alla fine degli anni | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 1929 | 1930 | 1931 | 1932 |
| Trecate | 1° | 3 000 | 49 000/7 600 | 0,14 | 0,17 | 0,22 * | |
| » | 2° | 3 000 | » | 0,28 | 0,33 | 0,36 * | |
| Vigevano | 1° | 8 500 | 49 000/25 000 | | | 0,05 | 0,05 |
| » | 2° | » | » | | | 0,04 | 0,04 |
| » | 1° | 3 000 | 2 500/23 000 | | 0,17 | 0,22 * | |
| » | 2° | 3 000 | » | | 0,13 | 0,14 * | 0,18 * |
| » | 3° | 3 000 | » | | 0,16 | 0,17 * | |
| Garlasco | 1° | 3 000 | 49 000/7 600 | | | 0,05 | 0,056 |
| Mortara | 1° | 15 000 | 130 000<br>49 000 3800 | | 0,11 | 0,12 | 0,12 |
| » | 2° | » | » | | 0,10 | 0,12 | 0,12 |
| » | 3° | » | » | | 0,07 | 0,08 | 0,11 |
| » | 4° | 8 500 | 49 000/25 000 | | 0,09 | 0,14 | 0,14 |
| » | 5° | » | » | | 0,08 | 0,09 | 0,09 |
| Colombo | 1° | 12 000 | 8 000/130 000 | | 0,025 | 0,04 | 0,04 |
| » | 2° | » | » | | 0,01 | 0,04 | 0,04 |
| » | 3° | » | » | | 0,015 | 0,05 | 0,05 |
| » | 1° | 8 000 | 60 000/45 000 | | 0,09 | 0,10 | 0,10 |
| » | 2° | » | » | | 0,09 | 0,10 | 0,10 |
| Crevola | 1° | 23 500 | 6 500/60 000 | | 0,07 | 0,09 | 0,09 |
| » | 2° | 23 500 | » | | 0,08 | 0.09 | 0,09 |
| Pontetto | 1° | 5 000 | » | | 0,085 | 0,085 | 0,085 |
| » | 2° | » | » | | 0,08 | 0,09 | 0,08 |
| Verampio | 1° gruppo di 3 monofasi | 7 000 | 7 600/56 000 | | 0,11 | 0,11 | |
| » | 2° » » » | » | » | | 0,074 | 0,074 | 0,08 |
| » | 3° » » » | » | » | | 0,084 | 0,084 | 0,084 |
| » | 4° » » » | » | » | | 0,056 | 0,07 | 0.07 |
| » | 1° | 20 000 | 7 600/130 000 | | | 0,03 | 0,04 |
| » | 2° | » | » | | | 0,03 | 0,04 |
| Crego | 1° 3 Mono riuniti | 7 000 | 8 000/65 000 | | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| » | 2° » » | » | » | | 0,14 | 0,14 | 0,14 |
| » | 3° » » | » | » | | 0,17 | 0,17 | 0,17 |
| » | 1° | 400 | 8 000/8 000 | | 0,17 | 0,24 | |
| » | 2° | » | » | | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| Cadarese | 1° | 28 000 | 9 000/160 000 | | 0,02 | 0,05 | 0,05 |
| » | 2° | » | » | | 0,02 | 0,05 | 0,05 |
| Valdo | 1° *a* monofase | | | | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| » | 1° *b* » | 15 000 | 8 000/55 000 | | 0,08 | 0,084 | 0,084 |
| » | 1° *c* » | | | | 0,11 | 0,12 | 0,12 |
| » | 2° *a* » | | | | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| » | 2° *b* » | » | » | | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| » | 2° *c* » | | | | 0,05 | 0,07 | 0,07 |
| Rovesca | 1° | 12 000 | 8 000/130 000 | | 0,05 | 0,056 | 0,056 |
| » | 2° | » | » | | 0,05 | 0,056 | 0,056 |
| » | 3° | » | » | | 0,03 | 0,056 | 0,056 |
| » | 1° *a* monofase | | | | 0,14 | 0,17 | 0,17 |
| » | 1° *b* » | 3 000 | 8 000/8 000 | | 0,18 | 0,18 | 0,19 |
| » | 1° *c* » | | | | 0,17 | 0,20 | 0,20 |
| Sottofrua | 1° | 10 000 | 8 000/55 000 | | 0,11 | 0,11 | 0,11 |
| » | 2° | 1 200 | 8 000/8 000 | | 0,33 | 0,36 | |
| » | 3° | 1 200 | 8 000/8 000 | | 0,20 | 0,22 | 0,22 |
| Novara | 1° | 8 500 | 49 000/25 000 | | 0,06 | 0,06 | 0,065 |
| » | 2° | » | » | | 0,084 | 0,084 | 0,084 |
| » | 3° | » | » | | 0,084 | 0,084 | 0,084 |
| » | 5° | 17 500 | 3 800/50 000 | | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| » | 6° | 25 000 | 130 000/50 000 | | | 0,05 | 0,05 |
| » | 7° | » | » | | | 0,05 | 0,05 |
| Goglio | 1° gruppo 3 monofasi | 5 000 | 7 500/55 000 | | | 0,06 | 0,07 |
| » | 2° » » | » | » | | | 0,02 | 0,03 |

Il segno * indica che l'olio comune è stato sostituito con olio rigenerato e la registrazione passata in tabella a parte.

erbe ove queste arrecano noie (per altri usi vedi Molinari Vol. II, parte 1ª, pag. 115).

Dalla vasca di decantazione del nostro impiantino, nella quale l'olio trattato raggiunge l'altezza di m 1,50 sul fondo, si separano ogni volta 7 cm circa di fanghi.

E poichè mediamente l'operazione si ripete un paio di volte (col 2 % circa di acido per volta) lo spessore complessivo dello strato sale a circa 14 cm.

Nel trattamento acido non è prudente andare più in là del 6 %, perchè si andrebbe incontro ad una perdita eccessiva e, si dice, anche ad un indebolimento delle parti stabili.

La temperatura più propizia è tra i 20° ed i 40° C (presso a poco quella ambiente estiva): se si scende troppo si ottengono catrami consistenti, che bloccano i tubi di scarico dell'agitatore.

Per il rimescolamento della massa sarebbe consigliabile l'uso dell'azione puramente meccanica; ma siccome con questa non è facile conseguire la voluta perfezione, si provvede con un getto di aria compressa.

Nella figura 1 è indicata la forma del nostro agitatore (v. anche fotografia 4) e degli annessi accessori pel caricamento dell'acido solforico e della soluzione di soda.

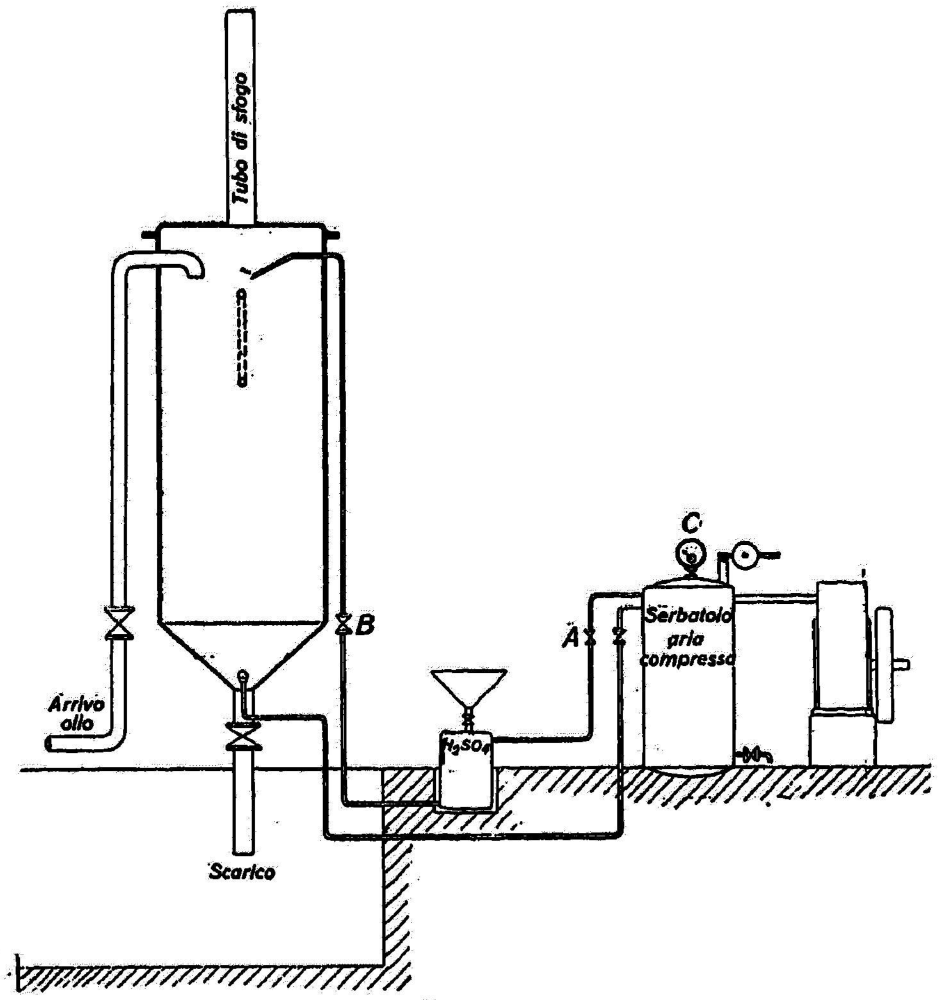



Fig. 1.

Anche queste operazioni secondarie vengono agevolate dall'impiego dell'aria compressa.

Caricato l'agitatore di olio leggermente tiepido, si insuffla l'aria dai getti di fondo e subito dopo si versa dall'alto la dose di acido solforico, mediante la manovra dei rubinetti *A* e *B*.

Dalla lettura del manometro *C* si arguisce quando tutto l'acido è scaricato nell'agitatore ed allora si torna a richiudere i rubinetti *A* e *B*.

L'agitazione viene mantenuta per una ventina di minuti circa: pochi istanti prima del termine, si versa però nell'agitatore anche la carica di soluzione di soda, la quale ha per iscopo di far raggrumare i fanghi, facilitandone la precipitazione.

Questa specie di condensazione può essere ottenuta anche con sola acqua o con l'uso di un po' di terra decolorante: noi abbiamo preferito la soluzione di soda perchè, non avendo da preoccuparci di ricuperare l'acido solforico, è nel nostro interesse neutralizzarne un po' la violenza ad operazione finita.

Dal vetro del livello dell'agitatore si possono seguire facilmente i cambiamenti di aspetto dell'olio durante il trattamento.

Le varie cariche vengono via via vuotate nella vasca di lamiera sottostante, nella quale per una notte si lascia avvenire la decantazione dei fanghi.

Il giorno successivo l'olio viene ripreso e passato al secondo trattamento, che può consistere nella seconda aggiunta di acido o, se ciò non fosse necessario per le buone condizioni dell'olio di partenza, nel riscaldamento per la decolorazione. (Vedi fig. 2).

***

All'inizio dei nostri tentativi ci siamo preoccupati di far seguire al trattamento acido quello basico, per liberare l'olio dalle impurità che il primo trattamento vi lasciava.

Si tratta di acidi naftenici, di fenoli, di tioeteri e di acidi solfonici (questi ultimi formatisi nel trattamento acido) nonchè di piccole quantità di acido solforico rimasto in sospensione. E l'operazione veniva condotta all'incirca con le stesse modalità del trattamento acido.

Difficoltà particolari non se ne incontravano, essendo i nostri olii molto fluidi e non tanto facili a dare le emulsioni consistenti descritte dal Gurwitsch, emulsioni che, per altri olii, costituiscono uno scoglio molto serio (1).

Però il trattamento andava per le lunghe ed aumentava notevolmente le perdite.

Per tali ragioni, una volta provvisto in modo soddisfacente all'approvvigionamento della terra da sbianco più adatta, ed una volta deciso di scartare quest'ultima dopo l'uso, abbiamo

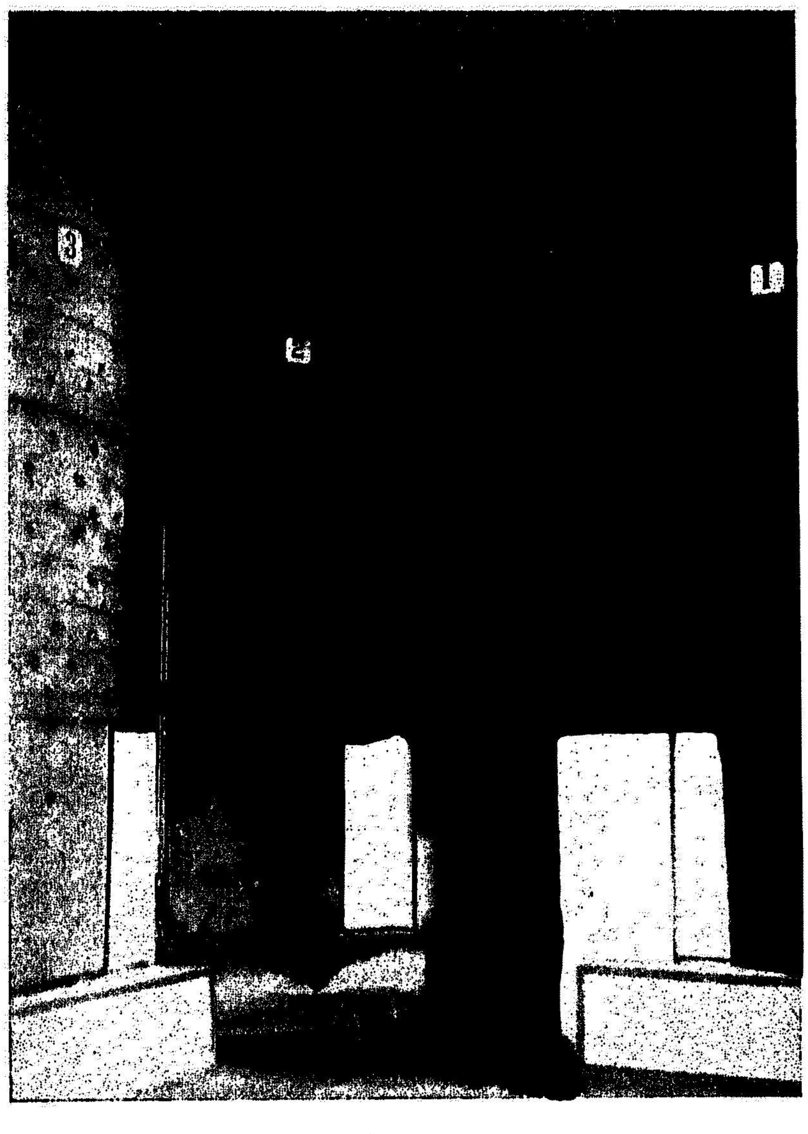


Fig. 2.

soprasseduto al trattamento basico, visto che la terra era in grado di assorbire le parti moleste e di darci un olio neutro ed esente da tracce di acido.

Parson (v. Eckart e Wirzmüller: *Die Bleicherde*) definisce la terra follona come una particolare argilla, che ha una

(1) Una prova in piccolo recentemente ripetuta ci ha dato però la sorpresa di proiezioni violente, quando all'olio lavato si faceva l'aggiunta di terra.

spiccata attitudine ad assorbire sostanze coloranti basiche, sottraendole dalle soluzioni, siano esse acquose o costituite da olii animali, vegetali o minerali.

Porter è dell'avviso che la terra follona risulti dalla decomposizione dell'augite (pirosseno) e dell'orneblenda (anfibolo).

All'analisi chimica risulta un idrosilicato d'allumina, contenente anche ossidi di ferro, di calcio e di magnesio.

Non risponde ad una composizione ben definita: mediamente contiene dal 44% al 72% di $Si\,O_2$ (quelle della Florida, della Georgia e di Kambara raggiungono il 70%), dal 5 % al 33 % di $Al_2\,O_3$ (quelle di Oklahoma, di Buntzlau, di Hulsen e del Reno fino al 35 %), dall'1,2 % al 15 % di $Fe_2\,O_3$ (quelle di Woburn e di Amburgo fino all'11 %), dal 0,3 % al 7,4 % di CO dal 0,4 % al 4,3 % di MgO (quelle di Oklahoma, di Buntzlau, del Reno e la giapponese di Kambara ne sono esenti), dal 0,4% al 8,3% di ossidi alcalini, tracce di anidride fosforica e solforica, e dal 4,3 % al 25 % (mediamente dal 7 % al 10 %) di acqua.

Le prime a venir usate furono le inglesi, successivamente le americane e poi le tedesche e le francesi.

Esse si distinguono in naturali e in attivate, a seconda che possiedano senz'altro totalmente le proprietà selettive (come erano le prime), o che invece queste proprietà vi vengano suscitate con trattamenti chimici, come viene fatto in Germania.

Al giorno d'oggi questa distinzione riteniamo abbia un valore relativo, a somiglianza di quella che è andata stabilendosi tra i cementi naturali e gli artificiali.

Sul mercato si trovano le terre a macinazione granulare, le quali vennero preferite per molto tempo, perchè consentivano il semplice trattamento per filtrazione, mentre quelle polverulente creavano ostacoli seri, per le ostruzioni cui davano luogo.

Poichè però nella loro preparazione avveniva un notevole scarto di terra, e poichè d'altro canto non permettevano una rapidità sufficiente nel trattamento degli olii, nè la desiderabile uniformità di decolorazione della massa, vennero soppiantate dalle terre a macinazione più fina e dal relativo procedimento a miscela.

Non tutte le terre agiscono naturalmente con la stessa intensità ed uno dei segreti per una buona decolorazione consiste appunto nel trovare un prodotto opportuno, che sia fine, attivo e facilmente separabile dall'olio.

Vi sono terre che decolorano molto bene, ma che poi fanno penare nella separazione, o perchè non si separano mai per precipitazione o perchè in parte passano attraverso qualunque specie di filtro.

Tutte poi hanno un periodo di attività nel contatto con l'olio, superato il quale cominciano a restituire all'olio stesso le materie coloranti dapprima sottratte.

Buona norma è poi quella di essiccarle prima dell'uso, mantenendole per qualche tempo in stufa elettrica a 150 °C. Temperature maggiori sono pericolose, in quanto la terra può cuocere e divenire cristallina, perdendo in porosità, quindi in proprietà assorbente.

Nell'aggiungere la terra all'olio conviene lasciarla raffreddare fin sotto i 100° C, perchè nel contatto con l'olio non lo carbonizzi.

Per alcune terre i fornitori non prescrivono la pre-essiccazione.

Noi ci siamo basati nella scelta di questa materia sugli effetti visibili; i chimici però la classificano in base al calore di imbibimento (Benetzungswärme), che è appunto l'elemento che ne caratterizza l'attività (v. Gurwitsch).

Il calore di imbibimento viene sviluppato, per una stessa terra, in maggior misura dai composti non saturi, poi, in ordine decrescente, da quelli contenenti ossigeno ed azoto, per scendere agli idrocarburi limiti, ai nafteni ed infine ai composti del tipo del tetracloruro di carbonio.

Per idrocarburi della stessa serie il potere assorbente è maggiore nei composti a maggior peso molecolare.

Se noi quindi sopra una certa terra facciamo agire una miscela di diversi composti, l'assorbimento non avviene in egual misura per ciascuno di essi, ma avviene con preferenza verso quei composti che hanno il maggior calore d'imbibimento. Così si manifesta quella selezione, che è il cardine della raffinazione mediante le terre.

Chè se poi prendiamo una terra che sia già impregnata di un certo componente, e la sottoponiamo all'azione di un altro avente maggior calore d'imbibimento, questo caccerà il primo, per sostituirsi ad esso.

Ogni terra poi ha una condotta particolare cosicchè, quando se ne sia trovata una, che vada molto bene per un certo olio, non è detto che essa debba andare ugualmente bene per tutti gli olii.

Questo spiega anche perchè un certo autore possa sconsigliare dal riscaldare la terra a più di 150° C, mentre un altro asserisce essere preferibile un breve riscaldamento intorno a 350° C protratto fino a far scendere l'umidità della terra all'8% ÷ 9%: ciò dipende dalla specie di materiale sul quale essi hanno sviluppato le loro ricerche.

Queste osservazioni non vengono esposte per complicare il problema o rendere titubante ed incerto chi volesse fare qualche cosa, mettendosi sulla nostra strada. Basta infatti considerare che esse vennero alla luce molto tempo dopo che le terre avevano cominciato a soppiantare i carboni attivi, quando cioè la raffinazione per assorbimento si era già affermata col favore dell'empirismo.

L'uso della terra da sbianco, come quello dell'acido solforico, conviene venga effettuato in diverse riprese, intercalando tra l'una e l'altra ripresa la separazione della terra esausta, sempre per dare la maggior efficacia alle nuove aggiunte.

Per l'agitazione basta il mezzo meccanico, però bisogna aver cura di studiarlo un po' bene, affinchè non si creino angoli morti, nei quali la terra possa depositarsi senza agire.

Il nostro agitatore comprende una spatola pel rimescolamento della massa nel recipiente principale, ed una pompa, che aspira l'olio dalla superficie di questo, per iniettarlo nel fondo dal basso verso l'alto (v. figg. 3 e 4). La terra, che tendesse a scendere, viene così risospinta verso l'alto ed obbligata a stare in circolazione.

La pompa centrifuga è stata costruita da noi stessi, perchè avesse a rispondere meglio delle pompe ordinarie a questo particolare servizio.

Essa infatti non ha nè premistoppa, nè cuscinetti o boccole immersi nella miscela e non subisce le corrosioni, che si manifestavano prima con una pompa ordinaria, per l'usura dovuta alla terra. Inoltre la girante ha i canali aperti verso il basso, in modo da permettere facilmente la ripulitura, colla semplice apertura del fondo.

Mentre prima dell'adozione di questa pompa, tra una operazione e l'altra si dovevano rifare le boccole e smontare completamente la centrifuga per liberarla dalle ostruzioni, ora si procede indisturbati di lavorazione in lavorazione (cioè di dodici in dodici mc di olio) senza preoccupazioni di sorta.

L'olio deve essere immesso nell'agitatore alla temperatura di 90°C e non deve scendere verso la fine al disotto degli 80°C. Per stare nei limiti di tempo più propizi, affinchè la terra sviluppi tutta la sua azione (circa un quarto d'ora) e non inizi la restituzione delle materie coloranti, è preferibile che la separazione della terra, alla fine dell'agitazione, avvenga per filtrazione.

I filtri pressa usuali, salvo rare eccezioni, non sono però da consigliare, perchè sono muniti di pompe che non tollerano tale lavoro. Basterebbe tuttavia che al posto delle pompe a segmenti o a capsulismi ordinariamente usate, venisse sostituita una centrifuga (meglio poi se del tipo da noi accennato) perchè anche il filtro pressa usuale potesse servire.

In esso necessita sostituire le carte ogni 400 litri di olio; pertanto è preferibile per ragioni economiche adottare, anzichè

i soliti cartoncini, della carta leggera con tela di rinforzo. La tela ha durata pressochè illimitata, mentre la parte che ogni volta si cambia, si limita a fogli di carta di poco costo.

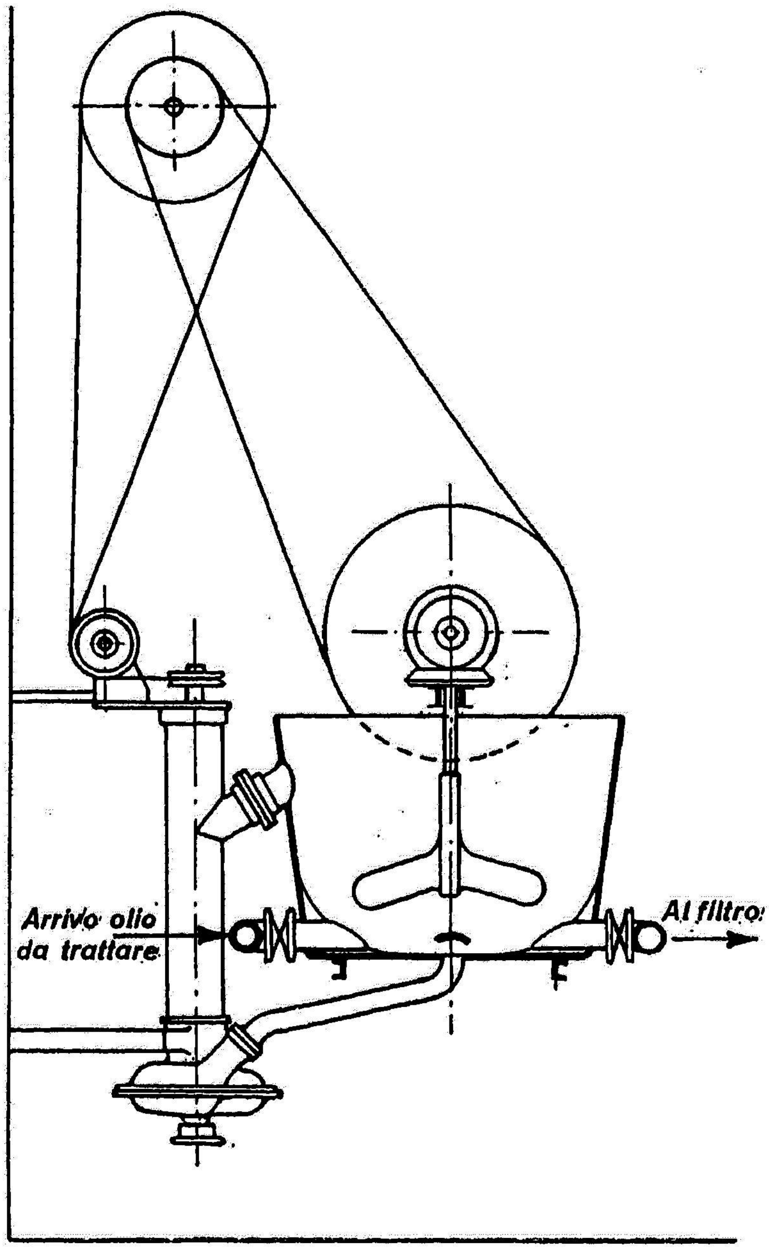



Fig. 3.

La terra, una volta usata, può venire rigenerata e riutilizzata un paio di volte, come in effetto fanno le grandi raffinerie.

Bisogna per questo però attrezzarsi con un estrattore ad olio solvente di catrame, di forma analoga (salve le dimensioni) a quella degli estrattori usati nell'industria degli olii vegetali, lavati col solfuro di carbonio (1).

Infatti l'olio solvente di catrame caccia gli olii che impregnano la terra, per essere a sua volta cacciato da acqua bollente o da vapore. Così si ricupera dell'olio, che può essere alienato, come pure si riprende parte dell'olio di catrame.

Tutto ciò però richiede particolari cure, per l'infiammabilità dell'olio solvente di catrame, nonchè una certa spesa d'impianto che non può essere giustificata in lavorazioni saltuarie. Meglio quindi nel nostro caso scartare la terra, buttandola all'aperto. Il conservarla immagazzinata in luogo chiuso non è scevro da pericolo, per la possibile autoaccensione dell'olio impregnante.

La filtrazione deve essere ripetuta un paio di volte, prima di chiamarsi definitiva, perchè tracce di terra passano facilmente attraverso i filtri ed andrebbero poi a depositarsi o nei fusti o nelle macchine.

Per quanto i fornitori delle terre ci abbiano assicurato che coi loro prodotti è sufficiente il trattamento in ragione del 2 %, noi trovammo quasi sempre necessario eseguire questa operazione a tale tenore per un paio di volte, quindi per un complesso del 4 %.

Dato il costo relativamente mite (L. 1 ÷ 2 al kg) non è certo questo fatto quello che pregiudica la convenienza economica dell'operazione; certo che, potendo lucrare su ogni particolare e avendo naturalmente una massa sufficiente di materiale da lavorare, il costo finale risulterebbe notevolmente ribassato.

Ma questo non è il nostro caso, poichè già utile cosa per la nostra azienda riteniamo aver fatto, quando siamo riusciti a restituire all'esercizio, con una spesa aggirantesi sui 50 cent/kg, partite di olio scartato, tenendo pur conto di una perdita del 15 % e di un consumo di energia elettrica (riscaldamento compreso) di 0,25 ÷ 0,3 kWh/kg.

Il quantitativo ragguardevole di olio ormai lavorato (150 tonn. circa) ed il numero forte di trasformatori, anche di grande potenza, da tempo in servizio con l'olio così rinnovato (19 unità), ci danno fiducia nella bontà del metodo, che abbiamo apertamente segnalato, benchè ci sia costato fatiche e timori.

***

Arrivati a questo punto ci sentiremmo autorizzati a chiudere, se non ci interessasse aggiungere qualche raccomandazione per il mantenimento delle proprietà fondamentali dell'olio, durante le operazioni successive di essiccamento e di condotta nell'esercizio.

Per l'essiccamento ci dichiariamo senz'altro contrari all'impiego delle resistenze elettriche direttamente immerse nell'olio, peggio poi se l'operazione viene eseguita a pressione ordinaria.

Abbiamo constatato varie volte che, pur con resistenze più abbondanti di quelle consigliate dalle norme, l'olio (anche se nuovo) col prolungato contatto diretto col corpo riscaldante accenna ad imbrunire.

Ed abbiamo constatato altresì con piacere che qualche importante costruttore di macchinario elettrico si è recentemente dimostrato della nostra opinione, sopprimendo le resistenze, che erano divenute di abituale applicazione nell'interno del cassone dei trasformatori e degli interruttori.

Fig. 4.

Nei nostri impianti abbiamo introdotto ovunque l'autoclave, che ci permette di essiccare l'olio, senza superare gli 85°÷90°C.

(1) v. Dott. Del Nero: *La coltivazione delle piante erbacee a seme oleoso, ecc.* - Hoepli.

Dove l'officina era importante abbiamo installato una opportuna pompa a vuoto; ove invece si trattava di completare impianti già esistenti o di minore importanza, abbiamo provveduto a creare la depressione mediante ejettore idraulico, inserito direttamente sulle condutture d'acqua di raffreddamento.

Un opportuno recipiente con valvola di ritegno è stato inserito in questo secondo caso tra ejettore ed autoclave, per impedire che, per qualunque ragione, l'acqua potesse passare dall'ejettore all'autoclave. Con questo sistema nella Centrale di Goglio abbiamo persino potuto eseguire l'essiccamento dei trasformatori, dopo la recente inondazione.

L'ejettore idraulico è poco costoso, silenzioso, non ha organi in movimento e risponde bene al suo servizio. Venendo costruito in qualsiasi dimensione si presta anche a creare il minuscolo autoclave capace dei quattro o cinque fusti occorrenti di tanto in tanto per l'integrazione delle perdite dei trasformatori ed interruttori.

I nostri autoclavi sono tutti cilindrici, ad asse verticale.

Però, per impianti di forti dimensioni e dove ci sia possibilità di farlo, riteniamo cosa migliore sistemare l'autoclave orizzontalmente.

È chiaro infatti che in un autoclave alto gli strati di liquido inferiori risentono la pressione assoluta, indicata dal vuotometro, maggiorata dall'altezza della colonna liquida sovrastante, la quale rappresenta qui una frazione notevole.

Nell'autoclave orizzontale di moderato diametro lo svolgimento delle bolle di vapore si manifesta in tutta la massa ed a parità di temperatura l'operazione viene abbreviata: bisogna infatti evitare di far presto col riscaldare troppo. Oltre che il calore, l'olio soffre l'effetto della luce: questo sia detto per quegli apparecchi utilizzatori (interruttori e trasformatori) che devono funzionare all'aperto e che sono provvisti ai passanti di ampi bicchieri di vetro, soggetti all'azione diuturna del sole.

« Alle Erdölprodukte sind dem Einflusse des Lichtes mehr « oder weniger leicht zugänglich. Dieser Einfluss erstreckt sich « sowohl auf verschiedene Reaktionen der Mineralöle mit « anderen Körpern, wie auch auf reine Mineralöle an und « für sich » (Leo Gurwitsch).

Tornerebbe quindi opportuna da parte dei costruttori di macchinari elettrici una qualche cura per evitare almeno che il sole abbia a dardeggiare di continuo sopra superfici trasparenti di livelli eccessivamente grandi.

Mentre parliamo della luce, riteniamo utile avvertire il lettore che dal nostro processo di rigenerazione risulta un olio il quale, versato sull'acqua, non dà più luogo alla ben nota aureola di interferenza, come per lo più si osserva con gli olii ordinari.

L'olio rigenerato, per quanto al viscosimetro denoti una certa diminuzione di viscosità, sia pure in misura leggera, steso sull'acqua rimane in velo spesso, con tendenza a riunirsi in grosse goccie, come se la sua tensione superficiale fosse aumentata al punto da non permettere il distendimento in velo tenuissimo, atto a dare le frange d'interferenza.

E tutto ciò non avendo fatto uso di acido solforico fumante, come specifica il Gurwitsch ed anche Holde.

Il primo, parlando degli effetti dell'acido solforico concentrato sugli olii, spiega che, in conseguenza della polimerizzazione, l'olio diviene più viscoso e quindi più proprio alla lubrificazione di organi in movimento.

A noi sembrerebbe che, da quanto osservato, anzichè maggior viscosità, l'olio assuma maggior tensione superficiale, sottigliezza fisica che non rimane però nel solo pensiero, estrinsecandosi col sopradetto fenomeno.

Per gli olii lubrificanti questo sarebbe ancora più vantaggioso, poichè la viscosità è causa di perdite d'energia per l'attrito interno.

Per i dielettrici da trasformatori è un inconveniente; le eventuali perdite dei refrigeranti riescono infatti meno appariscenti, quando si adotti il provvedimento dello scarico in vaschetta di spia, come consigliammo in altra memoria, dedicata alle corrosioni dei refrigeranti.

Col tempo può accadere che la proprietà dell'« aureola » ritorni. L'esercizio infatti è causa di ossidazione e di saponificazione, per i molteplici materiali catalizzatori ed idratanti, che sono in contatto esteso e permanente con l'olio.

Tornando ai provvedimenti da prendere, per evitare un troppo rapido invecchiamento, attiriamo l'attenzione del lettore anche sopra una causa meccanica, che può facilmente sfuggire ed essere fonte non solo di acidificazione rapida, ma di altri guai più gravi.

È stato notato che, in alcune unità munite di refrigerante esterno e di pompa per la circolazione dell'olio, quest'ultima aspirava aria e la faceva entrare in circolazione con l'olio, insufflandola sotto la base del trasformatore.

Questo avveniva con pompe di prevalenza troppo grande, rispetto alle resistenze da vincere, od anche con pompe ordinarie, quando acccidentalmente fosse stata alquanto strozzata la saracinesca inserita sull'aspirazione.

Nell'ultimo caso l'aspirazione dell'aria avveniva attraverso il premistoppa della pompa, sia che questa appartenesse alla normale categoria di pompe, sia ad altre categorie.

Nei trasformatori poi sprovvisti di serbatoio d'espansione, non è da escludere che l'aria possa venir presa addirittura sotto il coperchio del trasformatore stesso, per la formazione del vortice alla bocca del tubo di aspirazione dell'olio caldo, specie quando il battente su di essa sia alquanto ridotto.

Per tutte queste ragioni è opportuno che nelle installazioni venga disposto sulla mandata della pompa un recipiente separatore, come quello della figura 5, atto a permettere ogni tanto

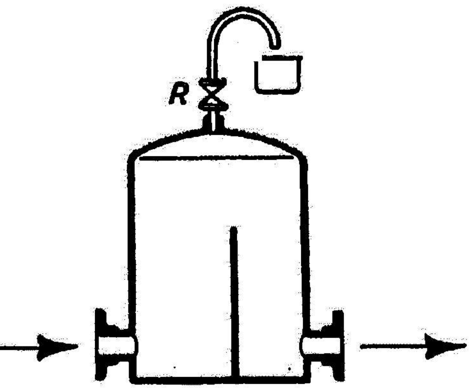



Fig. 5.

di vedere se nell'olio è contenuta o meno dell'aria. Manovrando per qualche istante il rubinetto $R$ si può infatti eseguire comodamente il controllo.

Nei trasformatori muniti di serbatoio d'espansione di solito, per lo spurgo dell'aria e del gas, viene disposto sul coperchio un apposito rubinetto, ma per manovrarlo si deve mettere la macchina fuori servizio e salirvi sopra.

Inutile far notare che il trascinamento in ciclo di aria da parte della pompa, oltre a non giovare al buon isolamento del trasformatore, può essere causa di falsi allarmi, laddove siasi applicato il dispositivo di protezione Buchholz.

ING. LUIGI PASSERINI.

*Novara, dicembre 1932.*

ING. UMBERTO PITTALUGA
DIRETTORE DELLA S. P. E. S.

# Come abbiamo condotto le nostre "campagne" a favore della diffusione dei riscaldatori d'acqua e delle cucine elettriche

PREMESSA.

Nell'accingermi a esporre i criterî che abbiamo seguito nel preparare e nello svolgere alcune «campagne» di propaganda condotte recentemente sulle reti delle tre maggiori Società distributrici del Gruppo S.I.P., m'affretto ad avvertire che queste note non hanno in alcun modo la pretesa di volere insegnare ad altri e ancor meno di rappresentare qualche cosa di definitivo nel campo dell'azione di propaganda che le Società elettriche vanno svolgendo; ciò tanto più che i criteri da noi seguiti sono risultati, al vaglio dell'esperienza, buoni e meno buoni, e se parvero rispondere a speciali condizioni di tempo e di ambiente, potrebbero risultare del tutto inadatti in circostanze di tempo e di luogo diverse: noi stessi del resto abbiamo dovuto riconoscere che non era possibile unificare i nostri sistemi di lavoro, neppure per le tre Società, nostre consociate, territorialmente quasi limitrofe.

L'ORGANIZZAZIONE DELLA S.P.E.S

A chiarire il nostro ambiente dirò subito, per chi non lo sapesse, che la S.P.E.S. (Sviluppo Propaganda Elettroapplicazioni e Similari - Soc. An. - Torino) attraverso alla cui azione le Società elettriche del Gruppo S.I.P. intesero ottenere un aumento della richiesta di energia per usi domestici, per esplicare la sua attività si giova, oltre che della propria organizzazione, di quella delle sue consociate distributrici: perciò parlando dell'azione S.P.E.S., nel seguito di queste mie note, bisognerà intendere quella della S.P.E.S. o quella delle Società elettriche indifferentemente, se avranno avuto per fine la diffusione delle elettro-applicazioni.

La S.P.E.S. si assunse in particolare il compito di studiare come più convenientemente esplicare un'attività di propaganda, quello di scegliere i materiali sui quali impostare il lavoro di penetrazione, di organizzare in genere i programmi di vendita, e in particolare le «campagne», di ideare le azioni pubblicitarie occorrenti alle stesse: è stato l'organo in conclusione che, creato unicamente per lo studio particolare del problema, ha permesso alle Società elettriche del Gruppo SIP di affrontare la nuova attività con la minor somma di rischi.

Gli inizi non furono per questo senza incertezza: anche perchè quando la S.P.E.S. fu fondata, verso la fine del 1927, non era ancora ben chiara la via che poteva essere utilmente seguita. Tuttavia l'estrema prudenza con la quale procedemmo in quei principî, ci permise di arrivare a quella maturità del problema senza la quale le iniziative possono rappresentare (dato l'inevitabile largo sviluppo ch'esse assumono in organismi così vasti come le attuali Società di distribuzione) fior di biglietti da mille sparpagliati al vento.

LE POSSIBILITÀ DEL NOSTRO MERCATO.

Naturalmente guardammo bene a quello ch'era stato fatto intorno a noi: poco in Italia e molto all'estero: sopratutto in Isvizzera e in Germania, ma anche in Francia e in Inghilterra, e per l'America leggemmo ammirati gli articoli dell'*Electrical Merchandising* e dell'*Electrical World;* ma ci attardammo di più su quelli dell'*Elektrizitäts Verwertung* e del *Bulletin d'Information et de Propagande*, perchè ci parve di leggere tra le righe di questi ultimi, possibilità che nei primi non riuscimmo a trovare. Venimmo insomma presto alla conclusione che le sole applicazioni elettriche intorno alle quali, tenuto conto dell'utenza media delle nostre Società distributrici in Piemonte e Lombardia, poteva essere impostata una qualche azione intensiva, erano la cucina elettrica a radiazione diretta e, limitatamente ai più grandi centri e in proporzione che giudicammo subito di gran lunga inferiore, i riscaldatori elettrici d'acqua ad accumulazione.

Non ci lasciammo perciò commuovere dai successi strabilianti di distribuzioni di aspirapolvere che ci giungevano dagli Stati Uniti, nè dalle vendite favolose di macchine da bucato e di frigoriferi possibili soltanto sui mercati americani.

*Di queste applicazioni la stragrande maggioranza delle case della nostra utenza non sente ancora il bisogno*, e pertanto non sarebbe stata economicamente possibile l'impostazione di campagne di propaganda intorno ad esse.

Neppure giudicammo che fosse conveniente ed opportuno dedicare uno sforzo speciale agli apparecchi minori, quali il ferro da stiro, il bollitore, il ventilatore, ecc., i quali avevano già presso di noi un mercato loro proprio.

LE SOCIETÀ ELETTRICHE E IL MERCATO DEGLI APPARECCHI ELETTRICI.

A questo proposito mi sia permesso aprire una parentesi ed accennare al problema, divenuto oggi per tutti i paesi d'attualità, della Società elettrica che intraprende la vendita degli apparecchi elettrici.

Tutti sappiamo che organizzazioni commerciali per la vendita degli apparecchi elettrici domestici esistevano dovunque anche prima che le Società elettriche iniziassero per proprio conto un'attività diretta. L'azione di queste organizzazioni

risultò tuttavia troppo limitata non appena le Società elettriche s'accorsero, per l'avvenuta contrazione della richiesta industriale, di dovere cercare altri sbocchi alla loro produzione.

Il rivenditore di materiale elettrico infatti svolgeva prevalentemente il suo commercio in lampade e materiale per impianti o si limitava a tenere pronto nel proprio negozio quei pochi apparecchi elettrici che era sicuro che il pubblico gli avrebbe richiesto e di cui era consentita la vendita dalle tariffe d'allora delle Società elettriche: il ferro da stiro, il bollitore, la stufetta, il ventilatore. Si preoccupava perciò di acquistare al miglior prezzo il materiale, per aumentare il suo margine d'utile e far fronte più facilmente alla concorrenza. Sarebbe stato un cattivo commerciante quel rivenditore che, a quell'epoca, si fosse messo in casa fornelli e cucine elettriche, che nessuno gli avrebbe richiesto, mancando una tale applicazione di tariffe opportune e più ancora, forse, non essendo ancora famigliare al pubblico l'idea di cucinare con l'elettricità, come fu dimostrato dal fatto che, anche quando furono create le tariffe che rendevano economicamente possibile il servirsi dell'elettricità per usi domestici, non per questo il pubblico si lasciò indurre senz'altro ad applicare i nuovi sistemi.

### L'azione di propaganda e le Società elettriche.

Le Società elettriche s'accorsero presto che dovevano farsi perciò parte principalmente attiva nel campo e che soltanto un'azione loro di propaganda, condotta con grandi mezzi, avrebbe potuto a poco a poco creare quella mentalità, senza la quale la richiesta d'energia per usi domestici avrebbe avuto sempre carattere d'eccezione.

Se dunque furono le Società elettriche a tentare di creare per alcune speciali applicazioni, un vero e proprio mercato, prima non esistente, sembra a me che affermare, come ora si fa, che le Società elettriche sconvolgono questo mercato, sia per lo meno inesatto.

Al contrario se per queste applicazioni un mercato vero e proprio si avrà domani, del quale tutte le categorie interessate potranno beneficiare, il merito sarà in gran parte delle Società elettriche le quali (anch'esse certo non soltanto per amore di gloria, ma costrette da ferree necessità economiche) si saranno assunto il compito oneroso e senza utile immediato di prepararlo ed avviarlo, come nessuna altra organizzazione privata avrebbe avuto la possibilità di fare.

Le Società elettriche potevano forse trascurare di occuparsi delle minori applicazioni, quelle per le quali questa forzata penetrazione non è più indispensabile: ma la corsa all'apparecchio di poco costo, alla quale sono stati trascinati a poco a poco costruttori e rivenditori, gli uni e gli altri non costretti da norma alcuna, ha avuto per conseguenza di rovesciare sul mercato apparecchi di qualità mediocrissima, tale da creare una diffidenza poco propizia a larghi sviluppi.

Fu così che, in mancanza ed in attesa di una disposizione ufficiale che vietasse la messa sul mercato di apparecchi che non rispondono a determinati criteri costruttivi, le Società elettriche si videro costrette a occuparsi anche degli apparecchi minori, non fosse che per segnalare alla propria utenza quei materiali di cui esse venivano a rendersi garanti.

### Convenienza che il commercio elettrico non sia accentrato.

Io ho sempre ritenuto tuttavia che l'attività diretta delle Società elettriche nel commercio degli apparecchi non debba ridurre le possibilità di vendita delle altre organizzazioni. In tal caso il vantaggio che la Società elettrica verrebbe a trarre dalla propria organizzazione sarebbe soltanto apparente: ottenuto cioè a scapito di affari che altri avrebbero potuto conchiudere e che avrebbero significato per la Società elettrica kWh venduti ugualmente.

La politica di vendita della S.P.E.S. è stata impostata su questo concetto. A noi non è stata fatta la critica che le organizzazioni dei rivenditori hanno mosso alle Società elettriche negli Stati Uniti, alle quali viene rinfacciata la « unfair competition », la concorrenza sleale: i rivenditori cioè lamentano di essere messi nell'impossibilità di vendere, per i prezzi sotto costo praticati dalle Società elettriche, le quali avrebbero poi la possibilità di compensare la perdita con la vendita dell'energia.

Non abbiamo elementi completi per giudicare la controversia, ma noi siamo del parere ch'essa si svolga certamente a danno di entrambe le categorie che l'hanno impegnata: e se è vero, come pare, che in questi ultimi tempi si sia trovato un terreno d'accordo, non abbiamo che da rallegrarcene.

Le condizioni del nostro mercato (parlo di quelle che ho trovato nelle zone ove distribuiscono le tre Società del Gruppo SIP) sono naturalmente lontane mille miglia da quelle degli Stati Uniti; e, tranne che a Torino, l'unico grande centro, in genere nel resto del territorio rivenditori veri e proprî o installatori sui quali potere contare per un'azione di penetrazione, non esistono: tuttavia gli sparsi e ahi! troppe volte modestissimi elementi che trovansi nelle nostre zone sono stati sempre oggetto del nostro interessamento e mai furono veramente danneggiati dalla nostra azione.

Quando il livello medio della loro specializzazione sia migliorato, quando la richiesta del pubblico non abbia più bisogno di incitamenti speciali, quando infine le Case costruttrici, stimolate dalla normalità del mercato e dalla concorrenza, saranno esse stesse interessate a creare organizzazioni di assoluta fiducia, ciò che si è verificato ormai per i motori elettrici, le elettropompe, ecc. le Società elettriche saranno liete di rinunciare ad un'attività che soltanto per forza di cose hanno dovuto intraprendere.

In attesa di un tale momento, che è difficile oggi stabilire se prossimo o lontano, e forse allo scopo di facilitarne l'avvento, il commercio di apparecchi da parte delle Società elettriche dovrebbe essere regolato sui seguenti capisaldi, espressi press'a poco così nel febbraio scorso in occasione di un congresso a Filadelfia, e che nell'insieme potrebbero essere accettati da noi:

1° Porre la qualità degli apparecchi al disopra di tutti gli argomenti: da essa dipende la sicurezza e la continuità dell'utilizzazione.

2° Limitare la vendita esclusivamente agli apparecchi elettrici (escludere quindi lampade, conduttori, materiale d'installazione), dando la preferenza a quelli che sono meno largamente trattati dalle altre categorie di rivenditori.

3° Fissare i prezzi di vendita con margine di utile normali per le altre categorie di rivenditori.

Se si dovesse giudicare conveniente ridurre il prezzo di un dato apparecchio per favorire l'utente in occasione di determinate « campagne » si dovrà cercare di ottenere dai fabbricanti che sia mantenuto al rivenditore il margine normale di utile sul prezzo ridotto.

4° Non assumersi, sotto alcun titolo, esclusività di vendita: così che tutti gli apparecchi che sono venduti dalla Società elettrica possano essere venduti liberamente da qualunque altra organizzazione.

5° Usare con molta misura del sistema d'incoraggiare la vendita degli apparecchi con « premi », a meno che questi premi non vengano estesi anche alle vendite fatte dagli altri rivenditori.

6° Fare sì che la pubblicità in tutte le sue forme sia di aiuto anche a tutti gli altri rivenditori.

7° Fissare termini di pagamento tali che possano essere accordati da tutti gli altri rivenditori: nel caso di vendite a rate la Società elettrica dovrebbe assumerne il finanziamento.

8° Evitare la minaccia (sostanziale o larvata) da parte del personale della Società elettrica che, senza l'acquisto degli apparecchi presso la stessa, possa mancare l'assistenza (continuità della fornitura dell'energia, intervento sollecito in caso di guasti, allacciamento immediato, ecc.) che la Società elettrica è solita fornire.

9° Disciplinare l'attività del personale di vendita della Società elettrica e non metterlo in condizioni di privilegio rispetto ad altri rivenditori.

Vediamo a questo punto quale applicazione pratica dei concetti sopra esposti sia stata possibile nello svolgimento delle nostre « campagne ».

### La « campagna cucine » lombarda nell'estate del 1930.

La prima, in ordine di tempo, fu organizzata sulle reti della Società Lombarda per Distribuzione di Energia Elettrica nell'estate del 1930.

Fin d'allora fu adottato il sistema di dare l'annuncio all'utenza della nuova azione intrapresa dalla Società elettrica, per mezzo di una circolare a stampa indirizzata personalmente a tutti gli utenti senza distinzione alcuna. Fu giudicato infatti che la spesa di selezionare gli utenti sarebbe stata molto superiore al risparmio che avrebbe potuto realizzarsi limitando di qualche migliaio l'invio delle circolari. Le circolari furono mandate per posta, perchè la distribuzione a mezzo dei letturisti e degli esattori, tentata in principio, risultò subito troppo lenta e non sicura.

Rilevammo subito la grande importanza che la circolare veniva a rappresentare nel meccanismo organizzativo della « campagna ». In quelle successive fu perciò migliorata nella veste e perfezionata in alcuni particolari, ma continuò a rappresentare l'elemento d'assieme più importante.

Il documento infatti, che è intestato alla Società, ed è firmato dai suoi esponenti rappresentativi, attesta senz'altro della serietà dell'offerta che l'utente viene a ricevere, e a costui è possibile, attraverso il suo contenuto, sapere in una sol volta, e nel modo più preciso, quali vantaggi gli sono offerti in occasione della « campagna ».

Tuttavia l'importanza maggiore della circolare è che essa viene a rappresentare lo strumento al quale s'appoggia il personale a cui è affidata la propaganda e la vendita, personale generalmente non specializzato in questo genere d'attività, a cui è reso più facile così il pretesto di avvicinare l'utente, informarlo delle nuove condizioni, precisargli le tariffe, i prezzi, i termini di pagamento: e il documento, essendo ufficiale, toglie a lui e all'utente la preoccupazione di cadere in equivoci.

Lo stimolo principale a smuovere l'utenza e ad invogliarla a servirsi del nuovo sistema per cucinare, si ottenne per questa prima azione, oltre che con una riduzione della tariffa vigente (portata a L. 0,50 il kWh nei 5 mesi invernali e a L. 0,30 nei sette estivi), offrendo gli apparecchi completi dell'installazione interna, così che venisse tolta all'acquirente ogni preoccupazione per firma della polizza, scelta dell'apparecchio, contrattazione per l'installazione dello stesso ecc.

Le installazioni interne vennero affidate agli installatori elettricisti locali, coi quali furono precedentemente convenuti i seguenti prezzi per metro di cavetto sotto piombo messo in opera:

*Cavetto sotto piombo piatto, isolamento* 500/600 *Volt*

| | |
|---|---|
| 2 × 20/10 | L. 6,60 al ml |
| 2 × 25/10 | » 7,50 » » |
| 3 × 25/10 | » 8,90 » » |
| 3 × 30/10 | » 10,50 » » |

Tale prezzo era inteso per fornitura e posa in opera, cioè fissaggio al muro a mezzo di graffette di ferro piombate, eventuale passaggio di muri, installazione dell'interruttore generale fornito dalla Società elettrica, messa a terra con filo non isolato di sezione minima di 20/10.

Il costo medio dell'installazione interna per apparecchio s'aggirò sulle 100 lire, di poco inferiore a quello preventivato e compreso nel prezzo di fornitura praticato all'utente. In un conto a parte furono invece comprese le spese d'allacciamento e di posa del contatore, per le quali non vennero richieste partecipazioni all'utente.

Gli installatori locali, di cui soltanto un piccolissimo numero aveva già trattato la vendita di fornelli e cucine, ma in genere eccezionalmente, non parvero allarmarsi dell'azione intrapresa dalla Società, sopratutto perchè gli impianti interni a loro affidati rappresentavano nuove possibilità di lavoro e poi perchè furono creati per essi i premi di collaborazione da assegnare a loro ogni volta che avessero ottenuto l'adesione di un nuovo utente cucina: L. 100 per cucina con forno, L. 40 per fornello a tre posti, L. 25 per fornello a due posti; i quali premi, nella stessa misura, furono concessi al personale della Società elettrica.

I fornelli e le cucine da distribuire furono scelti, per ragioni organizzative, soltanto di due Case: una estera ed una nazionale. Prendendo questa determinazione non ignoravamo che, a quell'epoca, l'industria nazionale elettrotermica ci poteva offrire un prodotto ancora alquanto imperfetto, (più tardi valutammo come piccole manchevolezze possano significare perdite notevoli di prestigio, di denaro e di tempo oltre che di mancato consumo), ma eravamo anche ben convinti, a prescindere da ogni considerazione civica, che era nostro preciso dovere sorreggere un'industria elettrotermica nazionale, la quale avrebbe pur dato alla fine, se alimentata, un prodotto comparabile a quello straniero, e di prezzo notevolmente più basso, attraverso al quale soltanto si può sperare di arrivare alla generalizzazione vera degli apparecchi elettrici sul nostro mercato.

Nessuna speciale forma pubblicitaria, oltre la circolare di cui abbiamo parlato, inviata a 60.000 utenti, fu adottata in questa prima azione che tuttavia ebbe a chiudersi, dopo tre mesi di svolgimento, con l'installazione del seguente numero di apparecchi:

Risultati della «campagna cucine 1930» - Zona Lombarda.

| ZONE DI | N.° utenti luce | Fornelli | | | | Cucine con forno | | | | Totale |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | a 2 posti | | a 3 posti | | a 3 posti | | a 4 posti | | |
| | | naz. | imp. | naz. | imp. | naz. | imp. | naz. | imp. | |
| Busto A. .. | 39850 | 68 | 31 | 33 | 29 | 6 | 3 | – | – | 170 |
| Sesto C. ... | 15089 | 51 | 50 | 46 | 23 | 1 | 4 | – | 3 | 178 |
| Saronno ... | 24461 | 50 | 31 | 8 | 12 | 1 | 1 | – | 3 | 106 |
| Rho ...... | 14951 | 12 | 6 | 1 | 2 | – | – | – | – | 21 |
| Totale ... | 94351 | 181 | 118 | 88 | 66 | 8 | 8 | – | 6 | 475 |

Di 475 apparecchi venduti complessivamente, 184 lo furono a contanti e 291 a rate.

### La « campagna cucine » lombarda - Estate 1931.

Nell'estate seguente (1931) fu iniziata una nuova « campagna » nella stessa zona, condotta secondo gli stessi concetti. Soltanto:

*a*) si ridussero le tariffe a L. 0,30 al kWh per tutto l'anno se insieme con la cucina veniva installato un riscaldatore d'acqua;

*b*) furono offerti apparecchi di quattro Case invece di due e l'offerta comprese alcuni tipi di riscaldatori d'acqua;

*c*) si ricorse più largamente alla pubblicità e a manifestazioni varie di carattere propagandistico.

Fra queste segnaliamo come più efficaci le conferenze di dimostrazione pratica condotte da personale specializzato, nei teatri,

nei cinematografi, nelle sale dei Dopolavoro, seguite sempre da uditori numerosi e interessati, tra i quali alla fine delle stesse venivano distribuiti i prodotti (brodo, verdura, arrosto e dolce) che avevano servito alla dimostrazione stessa. Nel mese precedente all'inizio della « campagna » furono tenute complessivamente nei varî centri 12 conferenze. Anche la pubblicità sui giornali, sopratutto perchè intesa con molta larghezzza (unicamente a pagina intera, liberalità permessa dalle tariffe modeste dei quotidiani locali) contribuì al successo di questa seconda « campagna » che si conchiuse con le seguenti installazioni:

le quali ultime tuttavia erano limitatamente conosciute.

All'inizio della « campagna » erano però già entrate in vigore le seguenti tariffe:

L. 0,24 per kWh d'inverno  L. 0,13 per kWh d'estate

più la quota fissa di L. 1 mensili per Ampère impegnato, oltre quella di:

L. 0,30 per kWh diurno invernale
L. 0,16 per kWh notturno invernale
L. 0,18 per kWh diurno estivo
L. 0,10 per kWh notturno estivo

RISULTATI COMPLESSIVI « CAMPAGNA LOMBARDA 1931 »

| | Numero utenti luce | Fornelli | | | | Cucine con forno | | | | Riscaldatori d'acqua | | | | | | Totale |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | a 2 posti | | a 3 posti | | a 3 posti | | a 4 posti | | nazionali | | | importati | | | |
| | | naz. | imp. | naz. | imp. | naz. | imp. | naz. | imp. | l. 75 | l. 100 | l. 150 | l. 75 | l. 100 | l. 150 | |
| Busto A. .... | 44008 | 140 | 39 | 46 | 42 | 2 | 2 | 2 | 6 | 20 | 4 | 4 | — | 2 | 3 | 312 |
| Sesto Calende. | 16236 | 49 | 92 | 157 | 36 | — | 5 | 2 | 9 | 12 | 4 | — | 1 | 2 | 1 | 370 |
| Saronno ..... | 26056 | 127 | 49 | 108 | 29 | — | 4 | — | 4 | 12 | — | 1 | 3 | — | 1 | 338 |
| Rho ........ | 16159 | 91 | 78 | 46 | 25 | 1 | 1 | — | 1 | 2 | 1 | — | 2 | — | — | 248 |
| Totale | 102459 | 407 | 258 | 357 | 132 | 3 | 12 | 4 | 20 | 46 | 9 | 5 | 6 | 4 | 5 | 1268 |

La « campagna » prevedeva anche, quale concessione, la vendita rateale, con pagamento ripartito su 24 mesi, che fu largamente richiesta. Le vendite a contanti rappresentarono infatti soltanto il 35 % delle vendite totali.

Il costo medio degli impianti interni calcolato su 800 installazioni risultò di L. 125, compreso l'interruttore generale predisposto per ogni apparecchio.

LA « CAMPAGNA RISCALDATORI D'ACQUA A TORINO » - ANNO 1931-1932.

Siamo arrivati così alla 3ª « campagna », che svolgemmo a Torino negli ultimi due mesi del 1931 e nel primo del 1932 e che ebbe per scopo unicamente la diffusione dei riscaldatori d'acqua elettrici ad accumulazione.

La « campagna » richiese una preparazione accurata, che ebbe inizio nel maggio precedente. A Torino distribuisce, oltre la Società Elettrica Alta Italia, l'Azienda Elettrica Municipale; fu quindi necessario ottenere prima di tutto da quest'ultima l'adesione alla nostra iniziativa: la cordialità dei rapporti fra i due Enti, oltre che l'indiscutibile comunanza d'interesse a raggiungere i maggiori risultati dall'azione progettata, fecero sì che la nostra iniziativa ebbe pronta accoglienza e che ci fosse riservata la più ampia libertà di azione nell'organizzazione della « campagna » stessa.

L'utenza domestica di Torino, tra Società E.A.I. e A.E.M., s'aggirava allora intorno ai 180.000 utenti.

I riscaldatori d'acqua installati a quell'epoca in Torino potevano essere circa 2.000. Percentuale molto modesta se si considera che da più anni venivano praticate le seguenti tariffe:

Quota fissa di L. 1 mensili per Ampère impegnato, più L. 0,25 d'inverno e L. 0,15 d'estate per kWh, oltre a quelle di:

L. 0,30 per kWh diurno invernale
L. 0,15 per kWh notturno invernale
L. 0,20 per kWh diurno estivo
L. 0,10 per kWh notturno estivo

sempre più L. 1 mensili per Ampère impegnato, senza alcun sopraprezzo per l'orologio di commutazione di tariffa.

Poichè la « campagna » avrebbe dovuto svolgersi in epoca tutt'altro che propizia economicamente fu indispensabile suscitare una favorevole disposizione intorno ad essa impostando la nostra azione pubblicitaria sull'economia offerta a chi per riscaldare l'acqua avesse ricorso alle tariffe notturne: richiamo che doveva riuscire più efficace che la comodità, la pulizia, l'estetica, l'assenza dei pericoli, qualità proprie del sistema elettrico ma che furono messe in valore soltanto secondariamente.

Perciò sia la circolare distribuita in questa occasione, che riuscì particolarmente suggestiva con le sue immagini di vita accanto alla rappresentazione fotografica di molti tipi di riscaldatori ad accumulazione, come la pubblicità sui giornali e alla radio, si sforzarono sopratutto di fare emergere come l'applicazione delle tariffe notturne permettesse di ottenere acqua calda ad un prezzo più basso di qualunque altro sistema.

All'organizzazione delle vendite dovemmo dedicare le maggiori cure, sopratutto perchè ritenemmo fin dal principio che a Torino, ospitante oltre 400 tra installatori elettricisti e idraulici, non sarebbe stato nè utile nè conveniente rinunciare a chiamarli a collaborare alla nostra azione, come avevamo fatto nelle precedenti nostre « campagne » nelle quali, come abbiamo già detto, non avevamo potuto contare su un sufficiente numero d'installatori veri e proprî.

Trattammo perciò ufficialmente con le rappresentanze sindacali degli installatori e stabilimmo un preciso regolamento che fu distribuito a stampa, in base al quale mentre gli installatori aderivano a fiancheggiare la nostra azione di propaganda, accettando di vendere soltanto quegli apparecchi che erano stati da noi approvati, ai prezzi di comune accordo convenuti anche per le installazioni, le Aziende elettriche e i costruttori affidavano ad essi esclusivamente la vendita in Torino per tutto il periodo della « campagna », rinunciando alle vendite dirette praticate normalmente.

I risultati della « campagna », che più sotto riassumiamo, possono far pensare che un'azione commerciale accentrata presso le Aziende distributrici avrebbe potuto svolgersi con minori

preoccupazioni di utile e riducendo i prezzi d'acquisto avrebbe potuto condurre a cifre più notevoli, ma è opportuno che io chiarisca che nel prendere l'iniziativa di questa « campagna » torinese noi tendevamo sopratutto a dare alla classe degli installatori sia idraulici che elettricisti una più precisa conoscenza dei riscaldatori d'acqua elettrici ad accumulazione, mirando pertanto un po' oltre i fini più immediatamente appariscenti.

A questo unico scopo svolgemmo sul finir dell'ottobre un breve corso di lezioni agli installatori idraulici ed elettricisti, riuniti nella maggior aula della Scuola Professionale Idraulici Lattonieri e Gasisti; più tardi distribuimmo a ciascuno degli installatori aderenti il manuale « I riscaldatori d'acqua elettrici ad accumulazione » quaderno della SPES appositamente composto per essi; non mancammo poi, con frequenti circolari inviate mentre si svolgeva la « campagna », di provocare e tener desto il loro interesse intorno all'apparecchio elettrico ad accumulazione.

Tuttavia dobbiamo far rilevare che, pur essendo oltre 400 gli installatori iscritti in Torino ai vari sindacati, soltanto 276 tra essi si preoccuparono di dare la loro adesione ufficiale al nostro movimento, e tra questi poi, appena 102 portarono la loro effettiva partecipazione alla « campagna » installando da un minimo di 1 apparecchio a un massimo di 12.

La verifica degli impianti, anche per la parte idraulica, fu effettuata da personale delle Società elettriche e poichè obbligammo l'installatore a rifare l'impianto in qualche caso nel quale era stato adottato tubo di piombo per la distribuzione di acqua calda, invece che tubo di ferro zincato, o installata non correttamente la valvola d'espansione o adottato per essa un tipo non approvato, o trascurato di prevedere il rubinetto di scarico, su questi particolari di razionale installazione riuscimmo a fermare l'attenzione degli idraulici installatori molto più efficacemente di quello che non fossimo riusciti ad ottenere con istruzioni verbali e distribuzione di schemi di montaggio.

Una « campagna » di propaganda che debba svolgersi in una grande città per un apparecchio quale il riscaldatore d'acqua, deve mirare a raggiungere qualsiasi categoria di cittadini: ricorremmo perciò alle forme più generali di pubblicità:

*a) La circolare nominativa* (alla quale abbiamo già accennato). L'imbustamento, l'applicazione, la consegna a domicilio di 180.000 circolari fu affidata ad un'agenzia privata che assolse il suo compito in ventun giorni, non senza l'intermezzo di un piccolo scandalo con sequestro di alcuni pacchi di circolari destinate ad andare distrutte senza essere distribuite, episodio che fu anch'esso sfruttato da noi pubblicitariamente.

*b) Il cartello murale*, affidato alla genialità sintetica di Diulgheroff. Rimasero affissi in Torino per la durata della « campagna » oltre 1500 cartelli.

*c) L'avviso sui giornali* cittadini (*Gazzetta del Popolo - La Stampa*), complessivamente 7 avvisi tutti differenti fra loro e interessanti da un minimo di 1/8 di pagina a un massimo di 1/2 pagina.

*d) Gli annunci per radio*, che compresero comunicati veri e proprî e la trasmissione di un disco su parole di V. E. Bravetta e musica di Bernard attraverso al quale sopratutto, fu conosciuta dai più la nostra iniziativa.

*e) Il francobollo pubblicitario*, riproduzione del cartello murale (250.000 esemplari).

*f) Le vetrine degli installatori aderenti*, attrezzate opportunamente e recanti il cartellino ufficiale attestante la partecipazione stessa.

*g) La distribuzione gratuita del quaderno della S.P.E.S.* fatta in quell'occasione, oltre che agli installatori, agli architetti, costruttori, impresari di case ecc.

La « campagna » si svolse, come abbiamo detto nei mesi di novembre, dicembre e gennaio. Il mese di dicembre risultò il meno favorevole.

Registrammo infatti l'installazione di:

78 apparecchi nel novembre
49 » » dicembre
176 » » gennaio.

La capacità più richiesta fu quella dei 75/80 litri, evidentemente per una ragione economica, ma sopratutto perchè la maggioranza del pubblico ritiene che del riscaldatore d'acqua elettrico ci si debba servire come dei riscaldatori del passato, per la sola preparazione del bagno, mentre la qualità principale del riscaldatore elettrico è quella del servizio continuo che può dare, senza manovra, e per il quale pertanto 80 litri soltanto non debbono ritenersi sufficienti.

La tabella che segue, che riassume i risultati di vendita della « campagna » mostra, oltre che la proporzione precisa secondo la quale vennero richieste le varie capacità, anche il numero di apparecchi che ciascuna Casa costruttrice partecipante (ciascuna contraddistinta con una lettera) riuscì ad installare attraverso gli idraulici e gli installatori elettricisti di Torino: è interessante rilevare che gli apparecchi più venduti non furono i più economici, ma quelli delle Case che avevano una più accurata preparazione commerciale.

Apparecchi installati durante i 3 mesi della «campagna»

| Casa costruttrice | Capacità in litri | | | | Totale |
|---|---|---|---|---|---|
| | 80 | 100 | 120 | 150 | |
| A | 2 | 8 | — | 3 | 13 |
| B | 8 | 8 | — | 1 | 17 |
| C | — | 58 | — | — | 58 |
| D | 4 | 6 | — | 3 | 13 |
| E | 6 | 4 | — | — | 10 |
| F | 28 | 16 | 3 | — | 47 |
| G | 18 | 7 | — | 2 | 27 |
| H | 78 | 31 | — | 9 | 118 |
| Totali ... | 144 | 138 | 3 | 18 | 303 |

Credo istruttivo riportare anche le spese incontrate dalle due Aziende distributrici, per la preparazione e lo svolgimento pubblicitario della « campagna »:

| | | |
|---|---|---|
| Stampa delle circolari, buste e recapito delle stesse | L. | 25.000 |
| Cartelli murali, bollatura, affissione .......... | » | 7.000 |
| Avvisi sulla *Gazzetta del Popolo* e *La Stampa* .... | » | 52.000 |
| Pubblicità radio ........................ | » | 15.900 |
| Francobolli commemorativi .................. | » | 2.100 |
| Manuale e norme per gli installatori ........ | » | 12.000 |
| Totale ................. | L. | 114.000 |

Notiamo che la trasmissione del nostro disco pubblicitario (che per ragioni varie non potè incominciare che a fine dicembre) coincise con l'intensificarsi della richiesta di apparecchi.

Indagine sugli apparecchi installati.

Dopo circa 10 mesi dalla loro installazione, abbiamo iniziato e condotto a termine, visitando ad uno ad uno gli utenti, un'indagine sui 205 riscaldatori di acqua installati sulle reti della Soc. Elettricità Alta Italia durante la « campagna ». Dati completi poterono essere raccolti soltanto per 162 apparecchi, degli altri 43 essendo risultato che:

10 non furono in realtà mai installati
9 appartennero a clienti che cambiarono domicilio nell'anno
11 pure installati, non furono fatti ancora funzionare.
6 non poterono essere esaminati per l'assenza temporanea dei proprietarî

7 furono appositamente esclusi dalle conclusioni dell'indagine, perchè utilizzati contemporaneamente ad apparecchi di elevato consumo (cucine e stufe) così che le medie sarebbero state sfalsate.

Il risultato immediato e più importante dell'inchiesta è la constatazione del generale gradimento dell'utenza sull'uso degli apparecchi. Abbiamo avuto così la conferma che essi rispondono praticamente ed economicamente alle esigenze della maggioranza. Se in due o tre casi (su 162) fu fatta qualche riserva, constatammo trattarsi di installazioni non proporzionate al servizio da rendere (capacità limitate degli apparecchi o tubazioni di distribuzione eccessive).

Contemporaneamente alle informazioni verbali raccolte dall'utente (occorsero due persone e 40 giorni per l'inchiesta) si è proceduto alla raccolta dei dati di consumo di ciascun apparecchio ricavati dai conti individuali e riferentesi a circa 10 mesi.

Le medie ottenute sono state riportate sulla tabella che segue:

| Capacità degli apparecchi litri | Apparecchi presi in esame numero | Media dei consumi bimestrali diurni kWh | notturni kWh | gener. kWh |
|---|---|---|---|---|
| 80 | 62 | 76 | 184 | 260 |
| 100 | 81 | 110 | 280 | 390 |
| 120 | 5 | 179 | 328 | 507 |
| 150 | 12 | 194 | 421 | 615 |
| 200 | 2 | 156 | 651 | 807 |
| | 162 | 106 | 257 | 363 |

Tali medie, in complesso, indicano un consumo abbastanza elevato e che, per gli apparecchi da 80 e 100 litri, può essere uguagliato ad una utilizzazione dell'intera capacità ogni due giorni. L'esame delle singole situazioni rivela però utilizzazioni anche del tutto irrisorie: 30 kWh ogni bimestre, che troviamo in tre o quattro impianti di apparecchi da 80 l, vuol dire servirsi totalmente dell'apparecchio una volta e mezzo al mese! In compenso troviamo frequenti consumi attorno ai 1200 kWh bimestrali per apparecchi da 100 l e fino a 1500 kWh in caso di apparecchi di 150 l o di 2 apparecchi accoppiati.

Consumo puramente notturno troviamo soltanto in un caso: in genere il consumo diurno è ancora relativamente elevato: bisogna però tenere presente che in tutti i 162 casi considerati, nel consumo dell'apparecchio va compreso quello del ferro da stiro e per una buona parte quello di piccoli applicazioni (caffettiera, teiera, aspirapolvere, lucidatrice) che vengono adoprati prevalentemente di giorno.

Se ora si considera che i 162 riscaldatori d'acqua presi in esame hanno una potenza complessiva di kW 190, poichè la media dei consumi bimestrali raggiunge come abbiamo visto, 363 kWh, cioè 2178 kWh annuali, pari a 352836 kWh per i 162 apparecchi, l'utilizzazione annuale riferita alla potenza installata risulta di 1857 ore.

Qualora si volesse ammettere la stessa utilizzazione oraria per i 2500 riscaldatori d'acqua oggi presumibilmente in funzione a Torino, con la stessa potenza media installata per apparecchio di kW 1,170, cioè di kW 2925 complessivamente, si giunge al consumo annuale di kWh 5.631.725.

Se ora si considera che il numero degli scaldaacqua elettrici installati attualmente in Torino non raggiunge l'1 ½ % del numero delle famiglie esistenti, ci si persuade del largo campo ancora riservato alla propaganda e della notevole cifra di kWh che potrebbero essere impegnati da questa applicazione.

### «Campagna cucine» - Estate 1932.

Ed eccoci arrivati alla più recente delle « campagne » da noi condotte, che ebbe a svolgersi contemporaneamente sulle reti delle tre Società distributrici del Gruppo S.I.P. nei mesi di aprile, maggio, giugno e luglio di quest'anno e che, basandosi sull'esperienza delle precedenti e insieme tentando nuovi motivi d'incitamento e di persuasione presso l'utenza, utilizzando materiale più perfezionato e insieme profittando di prezzi più moderati che le varie Case fornitrici poterono assicurare, mettendo a base dell'azione diretta del personale della Società lo spirito di emulazione ancor più che l'interesse materiale di alcuni premi in denaro, permise che fossero raggiunti risultati veramente notevoli, sopratutto quando si consideri che furono ottenuti in momento come l'attuale e in zone alle quali si è soliti attribuire possibilità economiche medie molto modeste.

### Nella zona lombarda.

Per essere precisi diremo che la « campagna » che svolgemmo anche quest'anno nella zona Lombarda non mutò di carattere rispetto alle precedenti e iniziata nell'aprile, come quella delle zone piemontesi, non s'interruppe dopo i primi quattro mesi, sembrando più conveniente in tale zona, nella quale da tre anni viene effettuata la distribuzione, di non interrompere la vendita, ma di proseguirla fino alla fine dell'anno, pur senza svolgere l'intensiva azione che caratterizza il periodo delle « campagne » a termine. Il prezzo del kWh fu unificato a L. 0,30 senza più distinzione tra mesi invernali e mesi estivi. I prezzi degli apparecchi rimasero invece quelli dell'anno precedente, non volendosi creare rammarichi a coloro che avevano proceduto all'acquisto nella « campagna » dell'anno prima. E pur in queste condizioni a fine settembre potevasi registrare l'installazione dei seguenti apparecchi:

Risultati della « campagna » estiva 1932 – Zona lombarda

| ZONE di | Numero utenti luce | Fornelli a 2 posti naz. | Fornelli a 2 posti imp. | Fornelli a 3 posti naz. | Fornelli a 3 posti imp. | Cucine con forno a 3 posti naz. | Cucine con forno a 3 posti imp. | Cucine con forno a 4 posti naz. | Cucine con forno a 4 posti imp. | Riscaldatori d'acqua nazionali l. 75 | nazionali l. 100 | nazionali l. 150 | importati l. 75 | importati l. 100 | importati l. 150 | Totale |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Busto A. .. | 44650 | 148 | 105 | 73 | 59 | 2 | 2 | — | 5 | 7 | 13 | 1 | 1 | 1 | — | 417 |
| Sesto C. ... | 17068 | 64 | 48 | 73 | 35 | — | 2 | — | 2 | 9 | 4 | 1 | — | — | — | 238 |
| Saronno ... | 26630 | 43 | 50 | 26 | 22 | — | 4 | — | 8 | 3 | 1 | — | 4 | 2 | — | 163 |
| Rho ...... | 16577 | 38 | 28 | 24 | 14 | — | 2 | — | 1 | 1 | 1 | — | — | — | — | 109 |
| Totale .. | 104925 | 293 | 231 | 196 | 130 | 2 | 10 | — | 16 | 20 | 19 | 2 | 5 | 3 | — | 927 |

Le vendite a rate s'aggirarono intorno al 60% delle vendite totali.

NELLA ZONA PIEMONTESE.

La « campagna » che svolgemmo in Piemonte sulle reti della Soc. Elettricità Alta Italia e Soc. Piemonte Centrale di Elettricità fu esclusivamente dedicata alla cucina, perchè essendosi esclusa Torino dall'azione intrapresa, i minori centri interessati e sopratutto il prevalere delle zone rurali, sembrarono non giustificare un'azione di propaganda attorno ai riscaldatori d'acqua ad accumulazione.

L'organizzazione d'assieme fu imperniata, ancora una volta, sull'invio della circolare recante le condizioni speciali accordate per il periodo limitato della « campagna ».

Poichè nella zona piemontese l'allacciamento gratuito per le applicazioni domestiche era stato già effettuato da qualche anno e le tariffe erano già a livelli che non ammettevano ulteriori riduzioni (L. 0,25 d'inverno e L. 0,15 d'estate per kWh, più la quota fissa mensile di L. 1 per Ampère impegnato) fu arduo potere trovare un allettamento suscettibile d'invogliare gli utenti ad installare fornelli e cucine.

Si risolse pertanto di giocare sul valore di mercato di questi e di offrire gli apparecchi a poco più del prezzo di costo, ma comprendendo nel detto prezzo l'installazione che le Società elettriche avrebbero fatto eseguire a mezzo dei loro incaricati locali fornendo ad essi, come per la presa e la posa del contatore, il materiale occorrente.

Siccome inoltre furono fissati dei premî in denaro a questi incaricati per ogni fornello o cucina venduta (come precedentemente L. 100 per cucina con forno, L. 40 per fornello a 3 posti, L. 25 per fornello a 2 posti) per ogni fornello installato le Società sopportarono, come spesa viva: il costo della presa, quello dell'impianto interno e l'ammontare del premio.

Furono poi chiamati a collaborare alla propaganda i vecchi utenti di cucina, ai quali fu assicurato in dono una batteria di tre utensili di alluminio a fondo piano, di forte spessore, quando avessero saputo persuadere una propria conoscenza all'acquisto di un apparecchio.

Il numero di batterie distribuite gratuitamente (1532 serie di 3 pezzi) attesta come il sistema escogitato sia stato efficace: non ci nascondiamo che esso fu anche piuttosto costoso, ma permise contemporaneamente di generalizzare in poco tempo l'uso di questi utensili razionali limitando, oltre che i consumi (motivo fondamentale nei nostri ambienti per arrivare alla diffusione del sistema), le possibilità di guasti essendo, come è noto, l'utensile inadatto il peggior nemico dell'integrità della piastra, almeno quale è costruita fino ad oggi.

L'azione di propaganda e di vendita non fu affidata soltanto agli incaricati locali, ma condotta, come abbiamo già accennato, con spirito agonistico da tutto il personale delle varie direzioni di zona: la pubblicazione settimanale dei vari risultati raggiunti, finì di dare alla « campagna » una drammaticità di campionato sportivo, che non fu l'ultimo motivo del suo pieno successo.

Nè gli installatori locali o rappresentanti di costruttori o costruttori stessi furono esclusi dall'azione intrapresa: essi furono anzi incoraggiati a svolgere un'azione parallela e ad essi furono assicurati gli stessi premi stabiliti per gli incaricati e concesso l'allacciamento e l'impianto interno gratuiti per tutti i fornelli e le cucine venduti direttamente dagli stessi, nel periodo della « campagna ».

ZONA PIEMONTE

RISULTATI « CAMPAGNA » CUCINE – APRILE-LUGLIO 1932

| ZONE di | N.° utenti luce | Fornelli | | | | Cucine con forno | | | | Fornetti | Venduti da terzi | | Totali |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2 piastre | | 3 piastre | | 3 piastre | | 4 piastre | | | | | |
| | | naz. | imp. | naz. | imp. | naz. | imp. | naz. | imp. | | Forn. | Cucine | |
| *Soc. Elettricità Alta Italia* | | | | | | | | | | | | | |
| Biella | 19851 | 147 | 5 | 25 | 13 | 5 | — | — | 3 | 6 | 7 | — | 211 |
| Chivasso | 20414 | 251 | 13 | 36 | 17 | 3 | 4 | — | 2 | 8 | 9 | — | 343 |
| Torino Esterno | 22175 | 111 | 10 | 14 | 10 | 1 | 1 | — | 2 | — | 37 | 1 | 187 |
| Ivrea | 13361 | 144 | 8 | 47 | 13 | 19 | 9 | — | 1 | — | 40 | 1 | 282 |
| Totali | 75801 | 653 | 36 | 122 | 53 | 28 | 14 | — | 8 | 14 | 93 | 2 | 1023 |
| *Soc. Piemonte Centrale di Elettricità* | | | | | | | | | | | | | |
| Acqui | 11546 | 178 | 10 | 24 | 12 | — | — | — | — | 7 | 49 | — | 280 |
| Alba | 12322 | 117 | 16 | 17 | 25 | 1 | — | — | — | — | 37 | — | 213 |
| Asti | 23644 | 245 | 60 | 93 | 73 | 1 | 7 | — | 1 | 4 | 25 | 3 | 512 |
| Chieri | 10840 | 113 | 40 | 17 | 26 | 1 | 3 | — | 1 | — | 9 | — | 210 |
| Carmagnola | 6696 | 75 | 21 | 16 | 25 | — | 3 | — | — | 1 | 15 | — | 156 |
| Cuneo | 15753 | 352 | 42 | 71 | 39 | 1 | 4 | — | 1 | 6 | 23 | — | 539 |
| Mondovì | 7591 | 139 | 22 | 15 | 10 | 1 | 1 | — | 1 | — | 21 | — | 210 |
| Pinerolo | 9378 | 120 | 20 | 29 | 6 | — | 2 | — | — | 1 | 8 | — | 186 |
| Savigliano | 13625 | 162 | 13 | 29 | 6 | — | 1 | — | 1 | 4 | 6 | 2 | 224 |
| Totali | 111395 | 1501 | 244 | 311 | 222 | 5 | 21 | — | 5 | 23 | 193 | 5 | 2530 |
| TOTALE GENERALE | | | | | | | | | | | | | 3553 |

Complessivamente a contanti 2100 – a rate 1160 – da terzi 293.

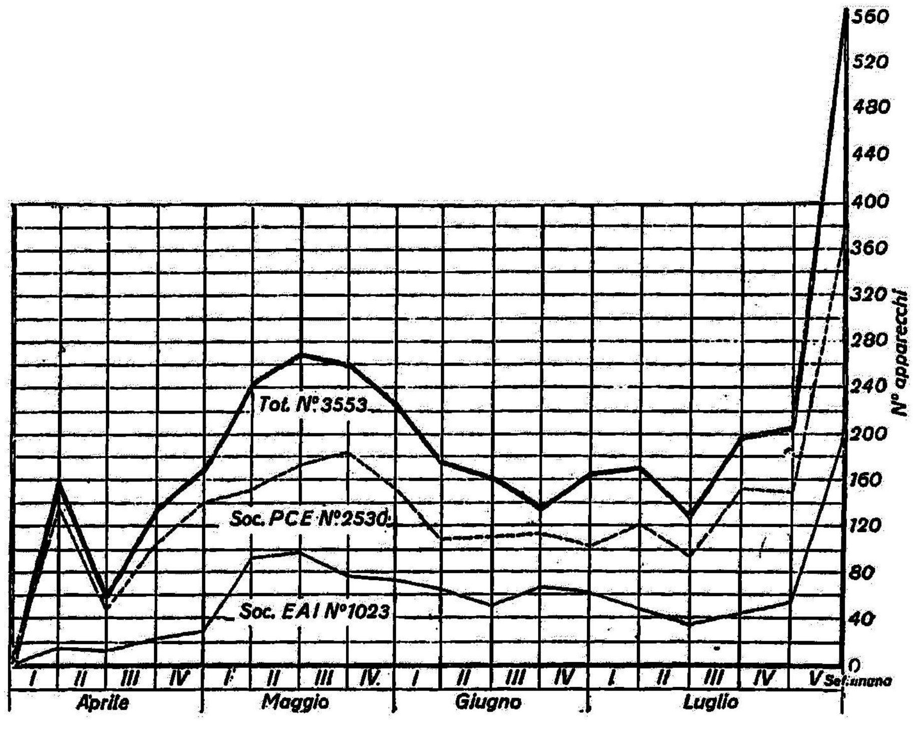
Solamente richiedemmo che il materiale da essi fornito fosse del tutto confrontabile a quello scelto dalle Società elettriche: e cioè fornelli o cucine smaltati, a piastre estraibili normalizzate nei diametri e nelle potenze, forniti di cordone, spina e presa murale a larga base di porcellana, e morsetto di terra, caratteristiche costruttive che avevamo del resto già adottato nelle precedenti « campagne ».

La difficoltà maggiore, che parve dapprima limitare la richiesta, fu la quota di L. 10 mensili fissata sia pel fornello a 2 piastre (carico complessivo kW 2,500) come per quello a 3 piastre (carico kW 3,250), sopratutto perchè la nostra utenza prevalentemente rurale, limita l'utilizzazione dei fornelli nei mesi estivi. Tuttavia fu possibile nella maggioranza dei casi chiarire il concetto di questa quota, senza della quale la tariffa, per l'esiguità del prezzo del kWh, non potrebbe sussistere.

Abbiamo riunito i risultati della « campagna » piemontese in due tabelle e un diagramma. La prima tabella raccoglie come le precedenti le vendite ripartite per tipi, costruzioni, zone e Società; la seconda riassume numericamente gli apparecchi installati, messi a fronte, oltre che al numero degli utenti luce di ogni zona, al numero di utenti già in possesso del contratto applicazione domestica all'inizio della « campagna » e al numero di centri di ogni zona suddivisi secondo il numero di utenti. Il diagramma infine dà l'andamento della richiesta di apparecchi durante le 17 settimane nelle quali la « campagna » si svolse.

SATURAZIONE DI CONTRATTI APPLICAZIONI DOMESTICHE PREESISTENTI ALLA « CAMPAGNA » PIEMONTESE E NUMERO DI CENTRI INTERESSATI

| ZONE di | UTENTI | | Centri con utenti N.° | | | | | Apparecchi venduti |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | luce al 31-3-32 | applicazioni domestiche al 31-3-32 | 200 | 500 | 1000 | oltre | Totale | |
| *Soc. Elettricità Alta Italia* | | | | | | | | |
| Biella | 19851 | 959 | 26 | 14 | 5 | 1 | 46 | 211 |
| Chivasso | 20414 | 1529 | 26 | 15 | 12 | 2 | 55 | 343 |
| Torino Esterno | 22175 | 1294 | 25 | 15 | 8 | 5 | 53 | 187 |
| Ivrea | 13361 | 1434 | 63 | 13 | 5 | — | 81 | 282 |
| Totali | 75801 | 5216 | | | | | 235 | 1023 |
| *Soc. Piemonte Centrale di Elettricità* | | | | | | | | |
| Acqui | 11546 | 593 | 41 | 11 | 1 | 2 | 55 | 280 |
| Alba | 12322 | 628 | 57 | 15 | 2 | 1 | 75 | 213 |
| Asti | 23644 | 936 | 73 | 25 | 2 | 1 | 101 | 512 |
| Chieri | 10840 | 678 | 61 | 8 | 2 | 1 | 72 | 210 |
| Carmagnola | 6696 | 663 | 9 | 5 | 1 | 3 | 18 | 156 |
| Cuneo | 15753 | 1795 | 18 | 9 | 4 | 2 | 33 | 539 |
| Mondovì | 7591 | 394 | 26 | 4 | 1 | 1 | 32 | 210 |
| Pinerolo | 9378 | 673 | 28 | 8 | 3 | 1 | 40 | 186 |
| Savigliano | 13625 | 1219 | 19 | 8 | 2 | 3 | 32 | 224 |
| Totali | 111395 | 7579 | | | | | 458 | 2530 |




I mezzi pubblicitarî ai quali ricorremmo in questa « campagna » furono i consueti: dovemmo soltanto rinunciare alla pubblicità sui giornali, essendo questi troppo numerosi e interessando non esclusivamente zone di competenza delle nostre distributrici. In cambio furono:

*a*) svolte nei varî centri 37 conferenze dimostrative

*b*) affissi 1100 cartelli murali delle dimensioni non consuete di metri 3 × 1

*c*) tirati 225 striscioni di tela di metri 5 × 0,80 agli ingressi dei paesi

*d*) distribuiti 10.000 foglietti volanti in occasione di fiere

*e*) trasmesse per radio 3742 parole

*f*) distribuiti 2000 cartelli (centimetri 24 × 33) a colori per vetrine di negozio

*g*) affissi 2000 manifesti di metri 1 × 1,40 nell'imminenza della chiusura della « campagna ».

Dobbiamo tuttavia ammettere che a un certo momento ogni incitamento pubblicitario divenne superfluo, perchè le Case fornitrici, per quanto moltiplicassero in quei giorni la loro produzione, non riuscirono a consegnare il materiale che ci veniva richiesto. Possiamo anzi precisare che ci trovammo dopo il primo mese di svolgimento ad avere un arretrato di oltre 200

pezzi per Società, che non potè essere colmato che a «campagna» conchiusa.

Comunque facciamo seguire anche qui le spese incontrate per l'organizzazione della « campagna », limitate alle zone piemontesi:

*Pubblicità*

| | | |
|---|---|---|
| Circolari, cartelli murali, teloni, foglietti ecc. | L. 28.493 | |
| Conferenze dimostrative | » 5.685 | |
| Trasmissioni radio | » 16.389 | |
| Varie | » 25.756 | |
| | | L. 76.323 |

*Premi*

| | | |
|---|---|---|
| Utensili d'alluminio (complessivamente 1582 batterie di 3 pezzi) | | » 166.110 |
| Premî di collaborazione in denaro | | » 48.677 |
| Totale | | L. 291.110 |

Il costo medio dell'installazione interna ammontò a sole L. 46,75 per apparecchio installato, mentre la spesa per l'allacciamento e la posa del contatore s'aggirò sulle L. 66. Il costo dell'installazione interna appare notevolmente più basso di quello risultato per le installazioni della zona lombarda, ma è opportuno tenere presente che in tale zona venne prescritto il cavetto trifase sotto piombo e l'installazione di un interruttore protetto da 25 A, mentre nella zona piemontese fu utilizzato cavetto binato sotto tessile senza interruttore. Sopratutto va notato che gli impianti furono nella zona lombarda affidati agli installatori elettricisti, mentre nella zona piemontese le Società elettriche si assunsero anche gli impianti interni, nè va dimenticato che la cifra suddetta rappresenta il costo medio di ben 3553 impianti.

L'esame delle tabelle numeriche rivela inoltre le proporzioni tra la richiesta di apparecchi a 2 piastre e quelli a 3 piastre e tra fornelli nazionali ed importati, le quali tuttavia non mantennero nessun carattere di costanza nelle susseguitesi «campagne». La bassissima percentuale di vendite di cucine con forno è un'altra caratteristica del nostro mercato, dovuta non soltanto a condizioni economicamente più sfavorevoli, ma anche a differenti necessità della nostra cucina.

CONCLUSIONE.

Ben poco potrei aggiungere che tragga sostanziale fondamento dalla nostra esperienza. Mi limiterò ad accennare (a conclusione di queste mie note), al successo incontestabile che le nostre « campagne » hanno ottenuto allargando la conoscenza di quegli apparecchi elettrici pei quali erano state ideate.

Tuttavia mi sembra per ora prematuro affermare senz'altro la convenienza per le Società elettriche di affrontare le notevoli spese che importa la organizzazione di queste « campagne », sopratutto quando siano destinate alla cucina elettrica: avremo fra qualche tempo, come per i riscaldatori d'acqua anche per i fornelli installati in questi anni, dati precisi di consumo, di utilizzazione oraria, di costo di manutenzione, che ci permetteranno di giudicare intorno ad una tale convenienza, quando si tenga conto delle basse tariffe che sono andate generalizzandosi in Italia per questa applicazione.

Per ora abbiamo potuto renderci conto che il pubblico, il grande pubblico al quale ci siamo accostati nei piccoli e nei maggiori centri, d'operai e di contadini, d'impiegati e di professionisti, è favorevolmente interessato a queste applicazioni elettriche utilitarie; e dalla relativa facilità con la quale il fornello elettrico sopratutto entra nella casa, siamo venuti a concludere che la massa, quella che è meno in condizioni di giudicare della vera portata del nuovo apparecchio, si rende conto, istintivamente direi, dei pregi racchiusi nel nuovo mezzo: e i risultati, anche se per ora parziali, di un'inchiesta da poco iniziata, ci confermano del resto come in generale i nostri utenti siano pienamente soddisfatti, per il servizio reso e per il costo d'esercizio, di cucinare con l'elettricità.

Mi si lasci tuttavia conchiudere affermando che il successo del nuovo mezzo non potrà essere completo se l'industria elettrotermica non approntera un elemento riscaldante che possegga la caratteristica propria della fiamma, l'immediatezza dell'utilizzazione: i costruttori americani del resto si sono messi per una tal via (elementi Calrod e Cromalox) pur senza aver raggiunto ancora risultati veramente sostanziali.

Quando il mezzo elettrico potrà combattere vittoriosamente gli apparecchi a fiamma anche in questa particolarità, la sua diffusione non conoscerà limiti.

Le Società elettriche allora potranno adattare le loro tariffe definitivamente alla nuova applicazione, in modo che pur riducendo al minimo il margine d'utile della vendita, non siano trascurati i nuovi oneri richiesti dalle modificazioni degli impianti di distribuzione che dovranno far fronte alla nuova utenza.

Il pubblico, a sua volta, riconoscerà di avere convenienza a pagare qualche cosa di più per il nuovo servizio che, offrendogli indiscutibili vantaggi, lo avrà liberato da notevoli inconvenienti.

In conclusione, la soluzione totale del problema si ridurrà allora alla determinazione di una tariffa. Chi può dubitare che ad essa non si pervenga con soddisfazione di entrambe le categorie interessate, quando si consideri che le è strettamente connesso un nuovo grado di benessere a cui l'uomo non vorrà rinunciare?

ING. UMBERTO PITTALUGA.

Torino, 24 novembre 1932-XI.

# FATTI E TESTIMONIANZE

UNA «VEXATA QUAESTIO»

## L'impiego dell'elettricità in agricoltura

*Dal numero del 23 dicembre 1932 del* Bullettino dell'Agricoltura, *giornale della Società Agraria di Lombardia, riproduciamo l'articolo seguente:*

Pochi problemi tecnici hanno suscitato tante discussioni quante ne ha sollevato la cosidetta «elettrificazione delle campagne». Tanti sono i benefici che l'elettricità ha portato in ogni campo da cinquant'anni in qua, che il pubblico si è abituato a considerarla come una specie di panacea buona per tutti i casi: così ad esempio esso ha guardato con favore istintivo l'elettrificazione ferroviaria, pur essendo privilegio di pochi il poterne valutare con sufficiente esattezza i vantaggi e gli svantaggi. Così è avvenuto anche per la «elettrificazione rurale». Pian piano si è andata formando l'opinione che l'elettricità debba diventare il pane dell'agricoltura, e che il problema della sua applicazione sia indifferibile e strettamente collegato, più che al suo progresso, alla stessa sua esistenza. A diffondere tale convinzione hanno contribuito i giornali politici che talvolta sono arrivati a conclusioni fantastiche.

Il problema è stato posto sulla sua vera strada e nei suoi limiti per la prima volta da S.E. Serpieri, ed è stato chiarito in varie occasioni sulla stampa tecnica e nei congressi. Le conclusioni alle quali si è giunti possono essere riassunte nei punti seguenti:

1) L'elettrificazione agraria non è applicabile nè conveniente ovunque ed in tutti i casi.

2) Il problema elettro-agricolo è dominato principalmente dal *costo degli impianti* e molto meno dal *prezzo dell'energia.*

3) Non sempre esso può essere risolto *individualmente,* ma spesso esige l'*associazione* degli interessati.

4) Esso presume la *meccanizzazione,* con tutte le sue conseguenze economiche e sociali.

Esaminiamo questi punti un po' in dettaglio.

***

### 1. - *Dove sia applicabile l'elettrificazione.*

Alcune applicazioni (ad esempio il sollevamento d'acqua per irrigazione o bonifica, la trebbiatura, la lavorazione di alcuni prodotti e dei latticini) possono convenire quasi ovunque, sempreché l'energia sia disponibile a non grande distanza. Le lavorazioni pesanti, e principalmente l'aratura, esigono terreni piani o pianeggianti e con scarse alberature. È inteso che tutte le applicazioni richiedono una mentalità agricola assai progredita. Per fermarci alle nostre regioni, la pianura padana e le zone più basse delle Prealpi e del Subappennino costituiscono una zona ottima anche per la grande estensione che vi hanno raggiunto le linee elettriche adatte ad alimentare le distribuzioni agricole. Infatti è in questa vasta zona che le applicazioni elettriche hanno avuto la maggiore estensione.

Ciò non vuol dire che, a colpo sicuro, tutti i fondi che vi sono situati possano convenientemente essere «elettrificati», e che vi possano essere attuate *tutte* le applicazioni possibili. In essa si trovano regioni dove le applicazioni sono eccessivamente intense: intorno a Milano si può dire che non v'è cascinale appena importante che non si serva dell'energia elettrica. Ma ciò non avviene dovunque, nè dappertutto le applicazioni sono le stesse. Pochissimo usato è ancora l'aratro, moltissimo la pompa, sopratutto pel sollevamento dell'acqua da falde sotterranee.

Il problema dell'aratura è stato finora affrontato, studiando di sostituire un ordinario motore elettrico alla locomobile della aratura funicolare: solo di recente si è visto un tentativo di creare un vero *aratro elettrico,* cioè un motore elettrico ed un aratro studiati l'uno per l'altro. In questa strada si può affermare che quasi tutto è ancora da fare. È augurabile che il tentativo di S. E. Serpieri di promuovere studi ed esperienze in proposito incontri il successo che merita.

Non va dimenticato che il problema dell'aratura meccanica in genere è strettamente legato oltre che al tipo di coltura dominante, anche alla questione del bestiame. Anche questo punto non è sfuggito alla vigile attenzione di S. E. Serpieri.

Influisce sopratutto sulla convenienza e possibilità d'impiego delle lavorazioni elettriche l'entità del capitale occorrente per gli impianti e pel macchinario, che può essere diversissimo da caso a caso.

### 2. - *Costo d'impianto e costo dell'energia.*

Eccoci al punto più discusso, anzi al solo veramente dibattuto: il costo degli impianti e dell'energia.

Distinguiamo il costo delle *linee* e dei *posti di trasformazione* (cioè della parte che serve a mettere l'energia a disposizione del fondo) dal costo degli *impianti utilizzatori.* Il primo è variabilissimo e dipende dalla distanza del punto d'attacco alle linee già esistenti, dalla possibilità di eseguire parte degli impianti in comune fra più proprietari e da altre circostanze locali. Il secondo è assai più uniforme.

Entrambi però sono gravosi, tanto che è opinione comune che la diffusione dell'impiego di elettricità nelle campagne non possa ottenersi senza un conveniente sussidio statale; e, si può aggiungere nelle condizioni attuali, senza fare dei nuovi debiti. Il sussidio è stato promesso, e certamente non mancherà; quanto ai debiti, converrà usar giudizio. È stato calcolato che per le sole linee e sottostazioni, occorrano 300 lire per ettaro; se il sussidio statale sarà, come sembra, dato in ragione del 65 %, occorrerà portarlo per ettaro almeno a 26 lire l'anno, per 15 anni.

Quanto ai macchinari, rappresentano anch'essi un peso finanziario non indifferente. Un aratro elettrico del tipo funicolare, capace di lavorare un ettaro al giorno, cioè circa 120 ettari l'anno, costa, cogli accessori, una cinquantina di migliaia di lire, cioè *quattrocentocinquanta lire per ettaro lavorato in un anno.* È chiaro che solo in casi particolari esso può venire adottato; e che esso conviene solo od in grandi tenute o quando venga impiegato in più fondi, in modo da poterlo utilizzare pel maggior tempo possibile.

Quanto al costo dell'energia, esso entra per una parte assai modesta nella spesa. Nel caso dell'aratura si è calcolato che ad ogni kWh consumato corrispondano da L. 2,20 a L. 2,50 di oneri finanziari e di spese vive. Ciò dimostra quale modesto movente avesse la fiera logomachia sui prezzi dell'energia per l'agricoltura, che si è svolta da un paio d'anni in qua: una differenza di dieci centesimi in più o in meno sul prezzo del kWh, già assai sensibile (dal 20 al 30 % dei prezzi attuali), graverebbe, sul costo complessivo medio, in ragione del 3,6 %.

Certo i prezzi dell'energia (che non è una merce a valore fisso, ma una prestazione complessa) potrebbero in molti casi migliorare se l'*utilizzazione* fosse migliore. Disgraziatamente l'agricoltura ha bisogno di consumare l'energia in modo discontinuo; per la sua stessa natura essa deve lavorare in determinate stagioni, ed anche in questa è schiava dell'andamento meteorologico. Quando vi è la neve in terra o gela, l'agricoltore ha ben poche possibilità di sfruttare i suoi impianti: durante un'annata asciutta avrà bisogno di tenere in moto la pompa di irrigazione per una durata tripla che in una annata umida. Queste ed altre circostanze rendono oltremodo irregolare la richiesta agricola dell'energia; le imprese elettriche devono tenere per gli agricoltori una parte della loro disponibilità senza la certezza di vederla utilizzata, il che naturalmente le porta a premunirsi, con condizioni contrattuali non sempre convenienti, ma che d'altra parte sono giustificate dalla natura stessa dell'utenza.

3. - *Associazioni e Consorzi.*

Ma — va ripetuto — non è certamente una differenza anche sensibile sul prezzo dell'energia che decide: il vero scoglio è la gravezza degli investimenti, e talvolta la difficoltà di mettere d'accordo i diversi proprietari che vi devono concorrere. Per questo si è parlato di consorzi obbligatori: istituzione che in Italia non ha sempre avuto fortuna.

Vi è tuttavia il caso particolare nel quale il Consorzio (irriguo o di bonifica) già è in atto, nel quale è evidente la opportunità di eseguire le linee e forse anche di acquistare ed esercitare aratri, trebbiatrici ed altre macchine in comune. Ma vi sono anche molti casi nei quali l'associazione volontaria è possibile. Si afferma che ai Consorzi verrà concesso il sussidio in misura più larga che ai semplici privati: sarebbe opportuno che anche questi fossero ugualmente favoriti.

4. - *La meccanizzazione.*

L'elettrificazione presuppone la meccanizzazione: problema arduo, e da affrontare con prudenza ed a ragione veduta.

Che la meccanizzazione di una grande tenuta in bonifica sia di regola conveniente sotto ogni riguardo, nessuno contesta, come non è contestabile nelle colonie di nuovo sfruttamento. Una meccanizzazione generale, anche se effettuata con lentezza, porterebbe certamente a sensibili cambiamenti nel campo sociale.

Esistono, anche nelle nostre regioni più progredite, modesti fondi di pochi ettari a coltivazione intensiva, sui quali vivono famiglie numerose. In questi casi, che sono abbastanza frequenti nelle zone asciutte, o bisognerebbe studiare macchine leggere (è ciò che propone di fare il Valduga), o trasformare radicalmente i sistemi vigenti. Nella prima ipotesi i costi d'impianto diventerebbero, per l'eccessivo frazionamento, tanto più gravi da rendere antieconomiche le applicazioni; nella seconda si toglierebbero migliaia di rurali al loro lavoro tradizionale, nè si vede come, specialmente in epoche come le attuali, essi potrebbero venire altrimenti impiegati. Ad ogni modo anche il problema sociale dovrebbe preventivamente essere studiato e risolto, cosa assai difficile. E poi, se ne avrebbe realmente un vantaggio? Certamente l'impiego delle arature profonde, la possibilità di avere quasi ovunque l'acqua irrigua e di raddoppiare la produzione del bestiame da macello sono vantaggi indiscutibili; ma, in un paese a popolazione densa come il nostro, pareggiano essi i pericoli e i danni che porterebbe un così grave sconvolgimento di abitudini secolari? Non ne verrebbe una nuova e pericolosa spinta verzo l'urbanesimo ed uno stimolo verso una esagerata industrializzazione?

Forse un giorno, quando sia riparata la ingiustizia che ci ha tolto la possibilità di possedere colonie di popolamento, il problema sarà affrontabile con maggior sicurezza. Oggi vi è ancora in questo campo tanto da fare, che non c'è bisogno d'aver troppa fretta: nè sarà inopportuno l'impiego di un'oculata prudenza.

***

Il problema dell'elettrificazione agraria va quindi inteso come *studio delle possibilità della applicazione di questa, non partendo dalla aprioristica certezza della sua convenienza.*

Dove — e i casi sono parecchi — essa rappresenta un provato vantaggio si deve favorirla; dove il vantaggio è dubbio o addirittura non sussiste, e i casi sono assai più numerosi, bisogna risolutamente rinunciarvi. Sopratutto bisognerà evitare che il miraggio dell'aiuto statale, contribuisca in qualche caso a creare nuovi spostati, favorendo impianti di per sè antieconomici.

Il pregiudizio che l'elettrificazione rappresenti dovunque e sempre un beneficio va combattuto come tutte le deformazioni delle conquiste del progresso: il meglio è spesso nemico del bene: nè sempre, ciò che fu creato dopo, è più conveniente di quello che c'era prima.

*Observer.*

---

# La settimana di 40 ore e la sua incidenza sui prezzi

*L'On. Motta si è occupato da un punto di vista generalissimo sulla nostra Rivista delle proposte di riduzione della durata del lavoro, esprimendo l'avviso che l'aumento percentuale di retribuzione al lavoro finirebbe alla lunga a ritrovarsi integralmente nel costo dei prodotti. Riproduciamo dal* Journal de Genève *del* 23 *dicembre* 1932 *uno studio che considera il problema nel campo dell'industria elettromeccanica. Vedranno i lettori che le conclusioni di questo studio confermano l'opinione dell'On. Motta.*

Per determinare le conseguenze della sostituzione della settimana di 40 ore a quella di 48, conviene ricercare la ripercussione sul prezzo di costo del materiale elettrico, di un aumento generale dei salari del 20 %. Ammetteremo che questo aumento dei salari sia applicabile non soltanto ai lavoratori manuali, ma anche ai lavoratori intellettuali.

Nella suddivisione abituale dei prezzi di costo in mano d'opera, materiali e spese generali, si comprende generalmente nelle spese generali una parte assai importante di mano d'opera e di materie prime che non possono essere imputate direttamente al prodotto fabbricato.

I. - Per l'esame che ci proponiamo di fare, converrà raggruppare sotto il titolo di *mano d'opera* ciò che viene pagato a titolo di mano d'opera per la produzione o a titolo di spese generali di laboratorio, o infine a titolo di spese generali di

vendita. Abbiamo aggiunte a queste per la mano d'opera le spese direttamente proporzionali e che variano col variare delle prime, come l'assicurazione infortuni, le assicurazioni sociali, le quote di previdenza, ecc.

Si può calcolare che il totale della mano d'opera contenuta nei nostri prodotti e pagata direttamente da noi arrivi a circa il 32 % del prezzo di vendita del materiale. Un aumento del 20 % sulla mano d'opera porterebbe quindi automaticamente e immediatamente un aumento del 6,4 % circa sul prezzo di vendita del prodotto.

II. – Per ricercare la quantità di *materiale* contenuta nei nostri prodotti, è necessario procedere allo stesso modo che per la mano d'opera e comprendere non soltanto i materiali direttamente impiegati per il prodotto ma anche i materiali che entrano a far parte delle spese generali d'officina: combustibile, utensileria, mobilio, ecc., e i materiali che entrano nelle spese generali dei servizî di vendita: cartelli, forniture d'ufficio, combustibile, ecc. Il totale di questi materiali arriva a circa il 50 % del prezzo di vendita del prodotto.

Ma se, guardando più dettagliatamente, andiamo ad osservare ciò che avviene presso i nostri fornitori di materiali, troviamo che anche per essi, astrazion fatta dalle spese generali di cui parleremo più avanti, i materiali acquistati si suddividono in una parte importante di mano d'opera e in materie più o meno greggie, che essi avranno a loro volta acquistate presso i proprî fornitori. E se noi risaliamo gradatamente da un fornitore all'altro, arriviamo finalmente al carbone ed al minerale, che sono estratti dal suolo; e dato che la natura non fa pagare nè il minerale che ha in sè, nè la fecondazione dei raccolti, si può dire che il prezzo di costo di tutte le materie non è che il costo del lavoro che si è fatto per estrarle dalla terra e trasportarle al luogo d'utilizzazione. Vedremo più avanti che le stesse spese generali non rappresentano che la remunerazione di una mano d'opera, sia prestata attualmente, sia anteriormente, sia nel futuro.

Con l'espressione « remunerazione della mano d'opera » intendiamo non soltanto la remunerazione propriamente detta, ma anche il beneficio normale realizzato dal datore di lavoro, potendo tale beneficio essere considerato come una remunerazione del suo lavoro.

Si può quindi affermare che ogni materiale, qualunque esso sia, non è che la remunerazione di una mano d'opera fornita a un dato momento, e che un aumento generale dei salarî finirebbe sempre col recare, dopo un periodo di tempo determinato, un rialzo corrispondente del prezzo dei materiali.

Quindi ciò che è necessario ricercare è unicamente la legge che, nel tempo, regolerà l'incorporazione dei successivi aumenti dei materiali nel prezzo di costo; l'aumento definitivo di quest'ultimo finirà forzatamente coll'avvicinarsi asintoticamente al 20 %.

Se cerchiamo di determinare questa legge nel tempo, troviamo che per il rame, che è uno dei prodotti importanti, si può stimare che per l'industria elettrotecnica, tra il momento in cui esso è sdoganato all'entrata nel paese e il momento in cui il materiale che lo contiene è consegnato al consumatore, passa un intervallo di circa dodici a quindici mesi. Per le lamiere, altro prodotto importante, non abbiamo modo di determinare tale intervallo, poichè occorrerebbe avere degli elementi di valutazione sulla durata degli stock di minerale e di carbone; tuttavia riteniamo che in generale e in media si possa calcolare un intervallo da dodici a quindici mesi tra il momento in cui la materia prima è estratta dal suolo e quello in cui il prodotto è consegnato al consumatore.

Se il fornitore stabilisse il suo prezzo di vendita sulla base del suo prezzo di costo, occorrerebbe quindi un ritardo di circa dodici a quindici mesi perchè il prodotto venduto abbia potuto incorporare l'aumento totale gravante sui materiali. Questo aumento sarebbe del 20 % sul 50 %, cioè del 10 % sul prodotto venduto. In questo caso, e senza tener conto delle spese generali, è probabile che l'aumento del prodotto venduto sarà al principio del 6,4 %, per raggiungere circa il 16,6 % in capo a un anno o a quindici mesi.

Non abbiamo considerata alcuna eccezione per il materiale importato, ad esempio per il rame, essendo probabile che, potendo la settimana di 40 ore essere il risultato di una intesa internazionale, la maggior parte delle materie prime importate subisca per ciò il medesimo aumento del 20 %.

Se i fornitori, invece di basare il loro prezzo di vendita unicamente sul prezzo di costo, fanno intervenire il valore di ricostruzione, questo aumento del 10 % può prodursi in un tempo molto più corto, che non è possibile precisare.

III. – Restano infine le *spese generali* propriamente dette, che rappresentano circa il 18 % del prodotto venduto e possono considerarsi composte nel modo seguente:

Ammortamento: 3 %. Si può considerare che gli ammortamenti non sono altro che il passaggio a riserva anticipato delle somme destinate a remunerare la mano d'opera che sarà necessaria un giorno alla sostituzione degli utensili e degli immobili.

Se gli ammortamenti sono fatti basandosi sul valore di ricostruzione, devono subire un aumento del 20 % a partire dallo stesso giorno in cui sarà stato effettuato l'aumento generale della mano d'opera.

Se, al contrario, gli ammortamenti sono fatti seguendo il valore d'acquisto, questo aumento non comincerà a farsi sentire che dopo qualche anno, in occasione del rinnovo di macchine e di immobili.

La remunerazione al capitale può essere valutata al 5 %, di cui 1,5 corrispondono alle somme investite in immobili, macchinario ed attrezzi, e 3,5 corrispondono alle somme investite come capitale circolante, merci ed utili. Una parte del capitale circolante aumenterà immediatamente con l'aumento dei salarî e l'altra parte col rialzo del prezzo delle merci. Si può quindi dire che in capo a un anno o a 15 mesi, l'aumento si sarà fatto sentire per intero sul 3,5 % rappresentante il capitale circolante e gli immobilizzi in merci.

Per ciò che riguarda il capitale investito in immobili, macchinario ed attrezzi, dato che esso rappresenta la remunerazione d'una mano d'opera fornita anteriormente, l'aumento non si farà sentire che allorquando sarà necessaria la sostituzione.

Restano infine le tasse, che rappresentano il 3 %, e le spese varie, assicurazioni, spese di viaggio, posta e telefono, ecc. che rappresentano il 7 %, cioè in totale il 10 % del prezzo di vendita.

Se si guardasse più a fondo, certamente si troverebbe che questo 10 % non rappresenta altro che la remunerazione di mano d'opera fornita in un dato momento e che l'aumento dei salari avrà ugualmente una ripercussione su queste spese, senza che sia possibile determinare dopo quanto tempo ciò avverrà.

Riassumendo, per stare al caso più favorevole, se si ammette che gli ammortamenti sono fatti sulla base del prezzo d'acquisto, l'aumento immediato sarà del 6,4 %, come si è visto più sopra, e nel corso dei 12 o 15 mesi successivi l'aumento si farà sentire progressivamente sul 50 % dei materiali e sul 3,5 % investito nel capitale circolante e nelle merci, cioè si avrà un nuovo aumento del 20 % su 53,5 = 10,7 %, ciò che porterà l'aumento totale al 17,1 % nello spazio di circa un anno.

L'aumento continuerà in seguito, ma in maniera più lenta, per avvicinarsi asintoticamente al 20 %, con un andamento che non è possibile prevedere.

# PRASSI AMMINISTRATIVA

Nella presente rubrica vengono riassunti principii, che hanno carattere generale, ma che vengono affermati dalla giurisprudenza o dalla stessa Pubblica Amministrazione in occasione di specifici provvedimenti amministrativi in materia attinente a derivazione di acque pubbliche a scopo di produzione di energia elettrica o di provvedimenti relativi a servitù di elettrodotto, concessioni di sussidi a impianti e linee elettriche, laghi e serbatoi artificiali ecc. La massima viene desunta dal testo di sentenza o decisione o dal decreto, e dal relativo parere del Consiglio dei LL. PP.; la ricerca del provvedimento testuale è resa possibile ai lettori colle indicazioni della decisione o sentenza — che vengono indicati per ciascuna massima — o della data del decreto — e annesso disciplinare che sono pubblicati nel *Bollettino del Ministero dei Lavori Pubblici* — colla data e numero del relativo parere del Consiglio dei LL. PP. In ogni modo la Direzione della Rivista è a disposizione degli interessati per ogni altra ricerca, richiesta di copie e simili.

La Rivista *L'Energia Elettrica* non ha bisogno di richiamare la importanza di queste massime, che costituiscono precedente giudiziario e amministrativo che vale spesso a risolvere casi pratici controversi, in via di interpretazione giurisprudenziale od autentica attuata in casi analoghi.

322 — *Concessioni idroelettriche - Opposizioni in sede istruttoria - Rilevamento dei diritti inerenti da parte di uno dei concorrenti - Efficacia.*

Quando, in sede di istruttoria per una domanda di derivazione, siano proposte opposizioni anche se di carattere obbiettivo (p. e. migliore utilizzazione del salto, sanatoria di opere già prima eseguite), può ritenersi assorbito ogni interesse alla opposizione, anche nei riflessi dell'Amministrazione concedente, ove il proponente dell'opposizione dichiari di avere ceduto al concessionario tutti i suoi diritti recedendo quindi dalla proposta opposizione.

D. R. 18 febbraio 1926. Concessione Boimond. Derivazione dal Liri in Comune di Isola Liri. Parere Cons. Sup. LL. PP, n. 627 del 22 e 306 del 1924. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1926, pag. 1393).

323 — *Concessione idroelettrica - Sanatoria per illegittima utenza - Canoni corrispondenti - Decorrenza anche anteriore al trentennio.*

Ove, in sede di istruttoria di una domanda di derivazione idroelettrica, si accerti l'esercizio di una utenza abusiva e questa venga, per successiva sanatoria successivamente autorizzata, il concessionario deve corrispondere i canoni demaniali per la quantità di acqua corrispondente all'utenza illegittima. Tale retrodatazione può giungere fino e più addietro del trentennio anteriore (nella specie al 1875) dovendosi comunque ritenere non prescritto il diritto al canone, in quanto questo, afferente l'acqua pubblica, è imprescrittibile.

Come al numero precedente, *ivi*, pag. 1393.

324 — *Concessioni idroelettriche - Sussistenza di un impegno del concessionario di non presentare istanza in rapporto a un certo tratto di fiume - Irrilevanza ai fini della concessione posteriore.*

Non può avere efficacia limitativa della potestà di concedere una derivazione d'acqua pubblica, potestà discrezionale, in certo senso, dell'Autorità amministrativa, la dichiarazione, rilasciata da uno dei concorrenti (poi divenuto concessionario) a un terzo interessato da cui risulta che, per un certo periodo di tempo, non aveva presentato nè intendeva presentare domande di utilizzazione d'un certo corso d'acqua. Tale inefficacia si riferisce naturalmente al fatto che la Ditta che aveva sottoscritto quell'impegno, aveva di fatto e in seguito presentato istanza di derivazione in difformità dell'impegno preso, impegno che non fu ritenuto valido ed influente dall'Amministrazione concedente, in quanto riferibile a un oggetto (acqua pubblica) sottratto alle private contrattazioni.

Come al numero precedente, *ivi*, pag. 1395.

325 — *Concessione idroelettrica - Preferenza applicata per la destinazione dell'energia prodotta - Clausola di riferire ad un opponente per il caso che la destinazione non venga poi effettivamente osservata durante l'esercizio effettivo della concessione.*

Se, a giustificare una preferenza fra vari progetti concorrenti, siasi applicato come elemento decisivo di valutazione la speciale destinazione dell'energia prodotta (nella specie destinazione a produzione di ammoniaca sintetica e prodotti azotati in una zona di grande interesse agricolo) può essere introdotta nel disciplinare una speciale clausola che, prevedendo il caso che tale destinazione non sia osservata, impone, in tal caso, al concessionario di cedere ad equo prezzo un determinato quantitativo di energia ad un concorrente che non fu preferito nella istruttoria, e che è titolare di un'industria locale, nella specie di un cotonificio. La misura del prezzo di tale energia è deferita, in caso di dissenso, al Cons. Sup. dei LL. PP. La stessa clausola si applica non solo nel caso di mancata prevista destinazione dell'energia, ma anche nel caso che la destinazione si verifichi « in misura molto minore della prevista ».

D. R. 6 agosto 1926. Concessione Consorzio Brentella. Derivazione dal Piave in Comune di Crocetta (Treviso). Parere Cons. Sup. LL. PP., n. 548 del 1926. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1926, pag. 4333).

326 — *Concessione idroelettrica - Opposizioni e riserve d'uso dell'acqua per il servizio di spegnimento degli incendi.*

In un disciplinare di concessione idroelettrica può essere inserita speciale clausola formulata nel senso che la Ditta concessionaria debba mantenere la fluenza « di quel quantitativo d'acqua che risulterà effettivamente necessario, a giudizio dell'Amministrazione governativa, per il servizio di spegnimento incendi, tenuto conto dell'effettivo fabbisogno nell'interesse pubblico, delle consuetudini e delle circostanze locali ».

D. R. 6 agosto 1926. Concessione Azienda Elettrica di Bolzano. Derivazione dall'Adige in Comune di Parcines (Prov. di Trento). Parere Cons. Sup. dei LL. PP. n. 2658 del 1925. (*Boll. Min. LL. PP.* 1926, p. 4351).

327 — *Concessione idroelettrica - Raccordo stradale - Obbligo dei riflessi dei frontisti.*

Ove, a seguito di esecuzione delle opere di una concessione idroelettrica, debbasi sopraelevare una strada pubblica dal livello esistente, deve, a carico del concessionario essere imposto l'onere di assicurare un accesso « comodo e sicuro » alle case a monte, site nella tratta dove deve avvenire il rialzamento stradale, in quanto il raccordo è conseguenza di un'opera di pubblico interesse.

Come al numero precedente, *ivi*, pag. 4351.

328 — *Concessione idroelettrica - Esercizio - Norme per la misura dell'acqua di fluenza.*

Nel disciplinare di una concessione idroelettrica può essere inserita una clausola per l'accertamento della fluenza nei limiti previsti dall'atto di concessione, clausola così formulata: « sarà obbligo della Ditta concessionaria di impiantare e mantenere stazioni per la misura delle portate, corredate di idrometri, strumenti di misura, idrometrografi autoregistratori e a lettura diretta, collegati con la rete di livellazione, il tutto come verrà prescritto dall'Ufficio idrografico e dall'Ufficio del Genio Civile, allo scopo di accertare la portata del fiume e del canale derivato. Dovrà inoltre un contributo annuo per la raccolta delle letture e delle registrazioni degli apparecchi idrografici e dovrà coadiuvare il personale degli Uffici anzidetti nella esecuzione dei rilievi idrografici ».

Come al numero precedente, *ivi*, pag. 4352.

329 — *Concessione idroelettrica - Espropriazioni - Opposizione diretta a modificare il piano.*

Può essere accolta una opposizione presentata in sede istruttoria di una istanza di derivazione, opposizione che chiegga lo spostamento a valle di una centrale prevista dal progetto e ciò

per evitare la occupazione di un grande stabilimento industriale prima esistente.

D. R. 16 settembre 1926. Concessione Soc. Idroel. Marmore. Derivazione dal Torrente Marmore (Prov. di Torino). Parere Cons. Sup. LL. PP. n. 3006 del 1923. (*Boll. Min. LL. PP.*, 1926, pag. 4359).

330 — *Concessione idroelettrica - Istruttoria - Necessità o meno di comunicazione dell'ordinanza di pubblicazione - Comunque, sanatoria per aver proposto opposizione.*

Non sussiste, nella legge del 1919, per la validità dell'istruttoria, alcun obbligo di comunicare ai Comuni interessati l'ordinanza di pubblicazione degli atti. In ogni modo se i Comuni intervengono nell'istruttoria proponendo opposizioni, ciò sana qualunque eventuale difetto di procedura, pur infondato nella specie.

Come al numero precedente, *ivi*, pag. 4360.

331 — *Costruzione dighe - Formule di preventivo accertamento.*

Nel disciplinare di concessione di un invaso e in rapporto alla costruzione della relativa diga, può essere inserita una clausola così formulata: « non potrà darsi inizio alla costruzione della diga se prima dall'Ufficio del Genio civile non sarà accertato in ogni punto che il terreno di fondazione corrisponde ai necessari requisiti di stabilità, impermeabilità e resistenza e che vennero scrupolosamente eseguite tutte le prescrizioni imposte per la preparazione della base della diga ».

Come al numero precedente, *ivi*, pag. 4365.

332 — *Concessioni idroelettriche - Clausole di salvezza delle precedenti utenze.*

Nel disciplinare di concessione idroelettrica può essere inserita una clausola che si riferisca alle utenze idrauliche precedenti, clausola così formulata: « alle derivazioni per forza motrice che verranno private della energia idraulica verrà fornita energia elettrica provvedendosi a cura e spese del concessionario idroelettrico alle trasformazioni tecniche occorrenti. La Società dovrà perciò fornire ed impiantare, oltre alla linea elettrica, i motori, gli apparecchi di regolazione, le puleggie e le trasmissioni e quant'altro occorre per il regolare servizio degli opifici per modo da non aumentare gli oneri dei rispettivi proprietari, cambiando, ove occorra, le macchine operatrici ».

Come al numero precedente, *ivi*, pag. 4369.

333 — *Elenco delle acque pubbliche - Opposizione di un Comune - Uso potabile dell'acqua dichiarata pubblica - Non osta alla dichiarazione di pubblicità o di demanialità dell'acqua.*

È infondata l'opposizione di un Comune che pretende escludere dall'iscrizione nell'elenco delle acque pubbliche un corso d'acqua solo perchè la relativa fluenza, a seguito di privato contratto di acquisto, ribadito per sentenza non in contraddittorio dello Stato, è acquisita agli usi potabili del Comune stesso. L'opposizione risulta priva di fondamento in quanto la pubblicità del corso d'acqua in discussione è dimostrata proprio dalla destinazione ad uso potabile del Comune e in quanto l'iscrizione nell'elenco non pregiudica il godimento delle acque secondo la sua destinazione. Quanto al titolo giuridico del godimento nulla esclude che il Comune, in via di sanatoria, chiegga la concessione della utenza, salvo a regolare a norma di legge i rapporti fra il Comune stesso e i presunti proprietari delle acque, qualora questi ottengano il riconoscimento del diritto d'uso.

D. R. 16 settembre 1926. Elenco delle acque pubbliche della Prov. di Messina. Motivi di reiezione delle opposizioni. (*Boll. Min. LL. PP.* 1926, pag. 4377).

334 — *Elenco delle acque pubbliche - Requisiti naturali del corso d'acqua - Antichi titoli di acquisto - Irrilevanza ai fini di iscrizione nell'elenco delle acque pubbliche.*

Non ostano alla iscrizione nell'elenco delle acque pubbliche i seguenti fatti: *a*) che i corsi d'acqua da iscriversi siano costituiti da valloni o torrenti che sboccano o direttamente al mare o riversano le acque in altri torrenti o fiumi già iscritti nell'elenco; *b*) che i corsi d'acqua in contestazione abbiano limitata importanza, tenuto conto del sistema idrografico della regione che è scarsa di acqua e tutta percorsa da simili torrenti, se, come in fatto, tali corsi d'acqua abbiano attitudine evidente ad uso di pubblico generale interesse; *c*) che sussistano titoli antichi di acquisto privato, perchè questi titoli non possono infirmare la dichiarazione di demanialità delle acque, « dato che l'iscrizione nell'elenco è dichiarativa di demanialità, epperò non è concepibile l'affermazione di diritto privato su beni di uso pubblico, salva agli utenti la possibilità di ottenere il riconoscimento dell'uso delle acque o la concessione in via di sanatoria ».

Come al decreto precedente, *ivi*, pag. 4379.

335 — *Elenco delle acque pubbliche - Titolo di pubblicità desunto dall'uso effettivo dell'acqua - Altri elementi di fatto in relazione al* caput fluminis.

Per dichiarare pubblici alcuni corsi d'acqua da iscriversi nell'elenco basta la natura dell'uso irriguo o potabile a cui i corsi medesimi sono destinati. A titolo di conferma vale la circostanza « che la maggior parte delle sorgenti di tali corsi d'acqua ricadono entro l'alveo dei rispettivi burroni, mentre altre che affiorano in vicinanza dei valloni in cui si riversano, costituiscono il *caput fluminis* dei valloni medesimi ».

Come al decreto precedente, *ivi*, pag. 4379.

# NOTE E RIASSUNTI

## IL MIGLIOR IMPIEGO DELL'ENERGIA NELLE TRAMVIE URBANE E NELLE METROPOLITANE. FERMATE, VELOCITÀ E COSTO D'ESERCIZIO

Mentre sulle ferrovie e sulle tramvie suburbane in sede adatta, con fermate a distanza superiore a un chilometro, l'energia occorrente alla trazione e il suo prodotto, il movimento impresso ai veicoli, sono limitati dalla resistenza dell'aria che aumenta rapidamente con la velocità, nella trazione con fermate frequenti, ossia nei servizi urbani, anche in sede separata, il consumo di energia oltre un certo limite non è che spreco e danno, servendo solo a riscaldare freni, ruote e rotaie, e diminuendo l'effetto utile anche per il maggior peso dei motori e degli accessori che devono utilizzarla.

Le relazioni che legano i valori della velocità di marcia o di regime, che è quella raggiunta normalmente senza le fermate, e della velocità media o commerciale, in dipendenza dalla distanza delle fermate, si riassumono in poche formole di meccanica generale che con le prime nozioni di calcolo dei massimi e minimi e con diagrammi, precisano le condizioni più favorevoli dell'esercizio.

Indicando con $V$ la velocità di marcia e con $v$ la media in m/sec, con $L$ la lunghezza di una tratta in metri, e ammessa l'accelerazione media di 0,5 e la decelerazione di 1 m per sec al sec, il tempo dell'avviamento è 2 $V$ secondi e quello di frenatura $V$ secondi; complessivamente 3 $V$ secondi. Anche il tempo medio di una fermata si ritiene proporzionale alla velocità e precisamente 1,5 $V$ secondi, comprendendo i ritardi accidentali che aumentano con la velocità, e così il numero di persone da caricare e scaricare riducendo il numero delle fermate.

La sosta al capolinea non viene computata, essendo l'accelerazione e la velocità calcolate per la vettura a carico completo, il che si verifica solo per qualche corsa in cui la sosta sarà nulla, mentre col carico medio, circa 1/3 del completo, avanzeranno sempre parecchi minuti.

Con i motori elettrici ad eccitazione in serie usati generalmente nelle tramvie urbane, l'accelerazione varia da 1 a 0,2 m/sec$^2$ durante l'avviamento, mentre alla frenatura si fa precedere un periodo di marcia senza corrente, di solito per 50 m. Regolando l'eccitazione con shunt a mano o automaticamente, si può aumentare notevolmente l'accelerazione senza troppo disturbo ai passeggeri per l'urto iniziale.

Fra l'avviamento e la frenatura si ha, per le tratte non brevi, un periodo di marcia a velocità normale la quale, con l'eccitazione in derivazione o separata o col motore trifase avrebbe un valore costante, mentre col motore in serie dovrà essere mantenuta manovrando il controller secondo il carico e le accidentalità della via.

Il percorso, o prodotto del tempo per la velocità, in avviamento e frenatura risulta $V^2 + 0{,}5\ V^2 = 1{,}5\ V^2$; il percorso in marcia $L - 1{,}5\ V^2$; la durata di questa $\frac{L - 1{,}5\ V^2}{V} = \frac{L}{V} - 1{,}5\ V$; il tempo complessivo impiegato per percorrere una tratta, compresa la fermata, $2\ V + \frac{L}{V} - 1{,}5\ V + V + 1{,}5\ V = \frac{L}{V} + 3\ V$; la velocità media $v = \dfrac{L}{\frac{L}{V} + 3\ V}$ (1).

Questa è massima per $-\frac{L}{V^2} + 3 = 0$. D'onde $L = 3\ V^2$;

$$V_m = \sqrt{\frac{L}{3}} = 0{,}577\ \sqrt{L} \text{ m/sec, pari a } 2{,}08\ \sqrt{L} \text{ km/ora.}$$

Sostituendo nella (1):

$$v_m = \frac{L}{L:\sqrt{\frac{L}{3}} + 3\sqrt{\frac{L}{3}}} = \frac{L}{2\sqrt{3L}} = \frac{1}{2}\ V_m = 0{,}289\ \sqrt{L} \text{ m/sec, pari a } 1{,}04\ \sqrt{L} \text{ km/ora.}$$

| | | $L$ = m | 200 | 300 | 333 | 400 | 500 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_m$ | m/sec | | 8,16 | 10 | 10,56 | 11,58 | 12,9 |
| | km/ora | | 29,4 | 36 | 38 | 41,6 | 46,6 |
| $v_m$ | m/sec | | 4,08 | 5 | 5,28 | 5,79 | 6,45 |
| | km/ora | | 14,7 | 18 | 19 | 20,8 | 23,3 |

La conseguenza più importante per la pratica è che il valore *massimo* della velocità media dipende soltanto dalla distanza delle fermate, tanto che aumentando la velocità di marcia oltre il doppio della media questa diminuisce, come appare dal diagramma della fig. 1. Perciò una linea metropolitana in

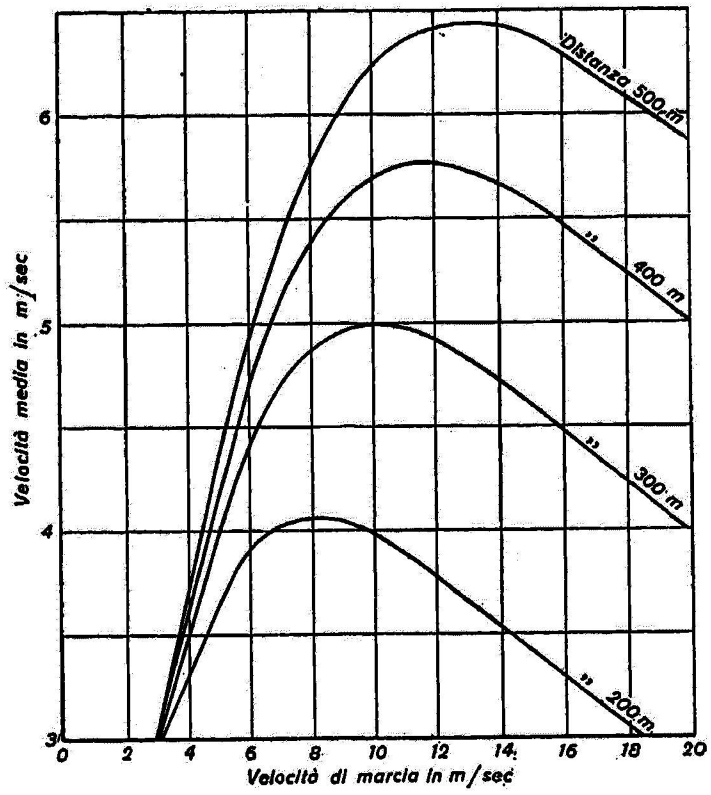



Fig. 1.

una zona tutta abitata equivale a una linea tramviaria in sede adatta, ossia su marcia-tram, quando le fermate siano stabilite alla distanza più conveniente nell'interesse generale; anzi la metropolitana ha minor valore per il tempo e l'incomodo di portarsi sotto o sopra il piano stradale.

Risolvendo la (1) rispetto a $V$ si ha

$$\frac{L}{V} + 3\ V = \frac{L}{v} \quad ; \quad 3\ V^2 - \frac{L}{v}\ V + L = 0$$

$$V = \frac{\frac{L}{v} - \sqrt{\left(\frac{L}{v}\right)^2 - 12\ L}}{6}$$

Esempio:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $L$ = m | 200 | 333 | 400 | 500 |
| $v = 0{,}95\ v_m$ = | 3,87 | 5,02 | 5,5 | 6,12 |
| $V$ = | 5,98 | 7,72 | 8,48 | 9,4 |

A una piccola variazione di $v$ (5%) corrisponde una variazione notevole di $V$ (27%).

Questo è importante per la determinazione della velocità di marcia più conveniente, che potrebbe non essere la massima, perchè il percorso di avviamento per cui va applicato lo sforzo di 50 kg per tonn. per ottenere l'accelerazione 0,5 è $V^2$ metri, mentre per l'intera tratta, dedotto il percorso di frenatura, lo sforzo medio per attrito e pendenza in città pianeggianti non è che di 11 kg per tonn.

Le spese per la forza motrice e la macchina aumentano quindi in gran parte come il quadrato della velocità di marcia; quelle per il personale e il capitale diminuiscono solo in ragione inversa della velocità media. Alla velocità massima essendo $V^2 = \frac{L}{3}$, il lavoro per tonn-km è indipendente dal numero di fermate e dalla velocità: $(50\,V^2 + 11\,L - 11\,V^2)\,\frac{1000}{L} =$

$$= (39\,V^2 + 11\,L)\,\frac{1000}{L} = 24\,000 \text{ kgm.}$$

Alla velocità $0{,}95\ v_m$ essendo $V = 0{,}73\ V_m$:

$$(39\,(0{,}73\,V)^2 + 11\,L)\,\frac{1000}{L} = (13 \cdot 0{,}53 + 11)\ 1000 = 18\,000 \text{ kgm.}$$

Il costo orario di una vettura per la forza motrice e le spese di manutenzione con l'ammortamento (le quali equivalgono praticamente al costo stesso dalla forza motrice) è dato dal prodotto dei kgm/tonn-km per i seguenti fattori:

$2$; $\frac{1}{270}$ (watt-ora per 1 kgm col rendimento medio 0,735, ossia 1 kw per 1 HP); $\frac{0{,}20}{1000}$ (costo in lire di 1 watt-ora); 20 (peso della vettura carica in tonn.); $3{,}6\ v$ (m/sec); ossia

$$24\,000\ \frac{2 \cdot 0{,}20 \cdot 20 \cdot 3{,}6\ v}{270 \cdot 1000} = 2{,}56\ v \text{ lire.}$$

La condotta e le spese generali per una vettura a carrelli tipo « Milano » importano oggi L. 270 al giorno o L. 15 all'ora, con 5 fermate per km e 14,7 km all'ora di velocità media.

Ma oltre al costo d'esercizio della vettura bisogna considerare, agli effetti della concorrenza di altri mezzi, sia per l'interesse generale come per quello particolare dell'azienda che ha l'esercizio, il valore del tempo impiegato dai passeggeri per coprire il percorso medio (che a Milano, ad es., è di 3 km con la tariffa media di L. 0,38 risultante dalle varie riduzioni e dagli abbonamenti) e la spesa che ogni passeggero deve sostenere per il percorso a piedi prima e dopo la corsa; tale percorso equivale in media a due volte la quarta parte, ossia alla metà della distanza fra due fermate, ritenendo i passeggeri distribuiti uniformemente lungo la linea.

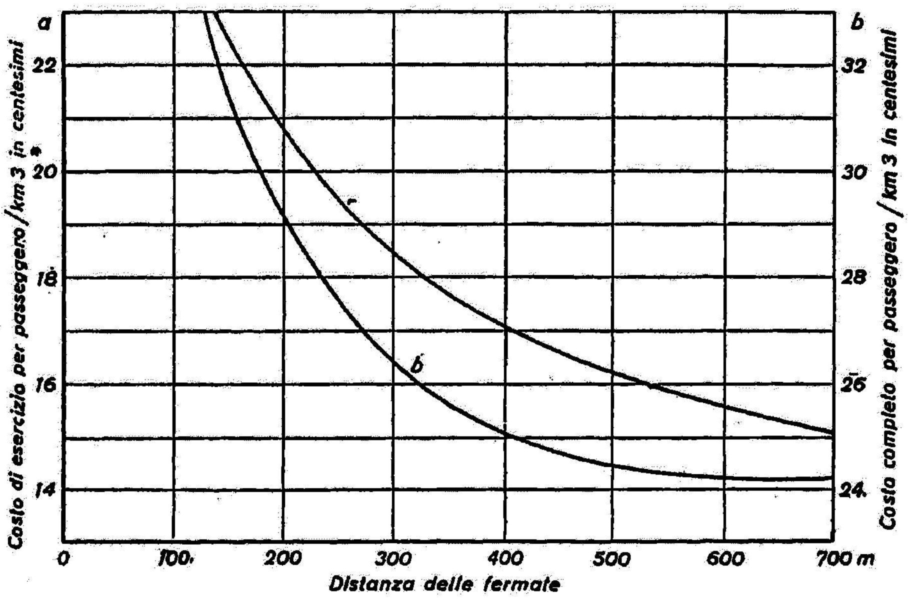



Fig. 2.

Se con $k$ si indica il costo medio di un'ora di tempo trascorsa in tram (a 18 km/ora senza la sosta al capolinea) si può ammettere che il costo medio di un'ora di cammino a piedi, alla velocità di 5 km/ora (computando in tale costo il consumo delle scarpe, degli abiti, degli ombrelli ecc.) equivalga a $2\,k$. Allora, il valore di $k$ si ottiene uguagliando il costo complessivo di una corsa (di 3 km) in tram (costo medio del biglietto + costo del tempo impiegato per la corsa + costo del percorso a piedi prima e dopo la corsa + costo del tempo di attesa pari in media a 2 minuti) con il costo dell'intero percorso a piedi. Facendo riferimento all'attuale distanza media fra le fermate, di m 200, si ottiene:

$$0{,}38 + k\,\frac{3}{18} + \frac{2\,k}{5}\,0{,}5\ \frac{200}{1000} + \frac{2}{60}\,k = 2\,k\,\frac{3}{5}$$

$$k = \frac{0{,}38}{0{,}96} = \text{L. } 0{,}40 \text{ all'ora.}$$

Il costo di un percorso a piedi vale pertanto L. 0,16 al km.

E poichè ad ogni corsa (ossia ogni 3 km di percorso in tram) il passeggero deve compiere in media un tratto a piedi uguale alla metà della distanza $L$ fra due fermate, la spesa per tale cammino, riferita ad 1 km di percorso della vettura, risulta:

$$0{,}16\ .\ \frac{0{,}5\ L}{3 \cdot 1000} = \frac{L}{37\,500} \text{ lire.}$$

Non comprendendo la spesa per gli impianti fissi (binari, condutture, rimesse e sede) che non sono influenzati dalla velocità di marcia delle vetture se non per un lieve maggior consumo di rotaie, a pari percorrenza, già considerato nel raddoppiare il costo delle forza motrice, risulta per 25 posti occupati in media, il costo del passeggero/km come segue:

$$\frac{1}{3{,}6\ v}\left(\frac{2{,}56\ v}{25} + \frac{15}{25} + \frac{0{,}40}{1{,}2}\right) + \frac{L}{37\,500} =$$

$$= 0{,}0283 + \frac{0{,}167}{v} + \frac{0{,}092}{v} + \frac{L}{37\,500} = 0{,}0283 +$$

$$+ \frac{0{,}259}{0{,}289\,\sqrt{L}} + \frac{L}{37500} = 0{,}0283 + \frac{0{,}896}{\sqrt{L}} + \frac{L}{37500}.$$

Questa somma è minima per $-\frac{1}{2}\,\frac{0{,}896}{L\sqrt{L}} + \frac{1}{37500} = 0$

$L\sqrt{L} = 16\,800$ ; $L = 654$ ; $\sqrt{L} = 25{,}6$ ; $v = 7{,}4$ m/sec, pari a 26,8 km/ora.

Costo minimo del passeggero/km: cent. $2{,}83 + 2{,}26 + 1{,}24 + 1{,}74 = 8{,}07$.

Per 5, 3, 2,5 e 2 fermate per km si ha:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| L. | m | 200 | 333 | 400 | 500 |
| velocità media | m/sec | 4,08 | 5,28 | 5,79 | 6,45 |
| energia e manutenzione | cent. | 2,83 | 2,83 | 2,83 | 2,83 |
| condotta e generali | » | 4,10 | 3,16 | 2,88 | 2,59 |
| tot. per esercizio vetture | cent. | 6,93 | 5,99 | 5,71 | 5,42 |
| per passeggero × 3 km | cent. | 20,79 | 17,97 | 17,13 | 16,26 |
| tempo dei passeggeri | cent. | 2,25 | 1,74 | 1,59 | 1,42 |
| cammino | » | 0,53 | 0,89 | 1,06 | 1,33 |
| | cent. | 2,78 | 2,63 | 2,65 | 2,75 |
| per 3 km | cent. | 8,34 | 7,89 | 7,95 | 8,25 |
| passeggeri per vettura-giorno (1) ... | | 2200 | 2850 | 3120 | 3480 |
| vetture per 1 000 000 di passeggeri al giorno . | | 454 | 350 | 320 | 287 |
| costo eserc. per 1 000 000 di passeggeri al giorno | L. | 207900 | 179700 | 171300 | 162600 |

La somma dei costi del tempo e del cammino è pressochè costante per ogni distanza delle fermate.

Il costo minimo totale che si otterrebbe con la distanza media delle fermate di m 654 implica la sede completamente separata, che nel sottosuolo importa circa 20 milioni per km d'impianto, ossia almeno 2 milioni per km all'anno, mentre il marcia-tram costa L. 150 000. Limitando la distanza a 400 metri si avrebbe per 1 milione di passeggeri il risparmio di L. 36 600 al giorno pari a 13,4 milioni all'anno rispetto alla distanza di 200 m.

A risultato anche migliore si arriva considerando il diagramma di trazione per la distanza di 200 metri di una automotrice a carrelli di 20,5 tonn. col carico massimo, tipo « Milano », assorbente 90 watt-ora per tonn-km:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| marcia sotto corrente | 18'',6 | percorso | m | 118 |
| » senza corrente | 5'',8 | » | » | 50 |
| » in frenatura | 7'',6 | » | » | 32 |
| fermata media | 16'' | » | » | 0 |
| Totale | 48'' | | m | 200 |

(1) Passeggeri per vettura-giorno $= \frac{3{,}6\ v \cdot 25 \cdot 18}{3} = 540\ v.$

Riducendo alla metà il numero di fermate, ossia percorrendo sotto corrente altri 200 m alla medesima velocità finale di 8,9 m/sec, pari a 32 km all'ora, si impiegano per la tratta di m 400, 22",5 in più e in totale 81",7 con la fermata di 27",2, metà del tempo di marcia, invece di 96" e così si riduce del 15 % la spesa per la condotta e il capitale e il tempo dei passeggeri.

Dopo l'avviamento lo sforzo di trazione si riduce a quello richiesto per gli attriti e la pendenza, 11 kg per tonn., e il lavoro per tonn/km a 11000 kgm o 41 Wh/tonn-km col rendimento 0,735, da aggiungersi ai 90 assorbiti nei primi 200 m. Si ha così il risparmio $\left(1 - \frac{90 + 41}{90 + 90}\right) \cdot 100 = 27\%$.

Il costo d'esercizio per passeggero risulta per la distanza di 200 m e per una velocità di 4,17 m/sec: (2,83 + 4) 3 = 20,49 cent.; tot. 75 milioni annui; per 400 m e 4,9 m/sec: (2,05 + 3,4) 3 = 16,35 cent.; tot. 60 milioni annui.

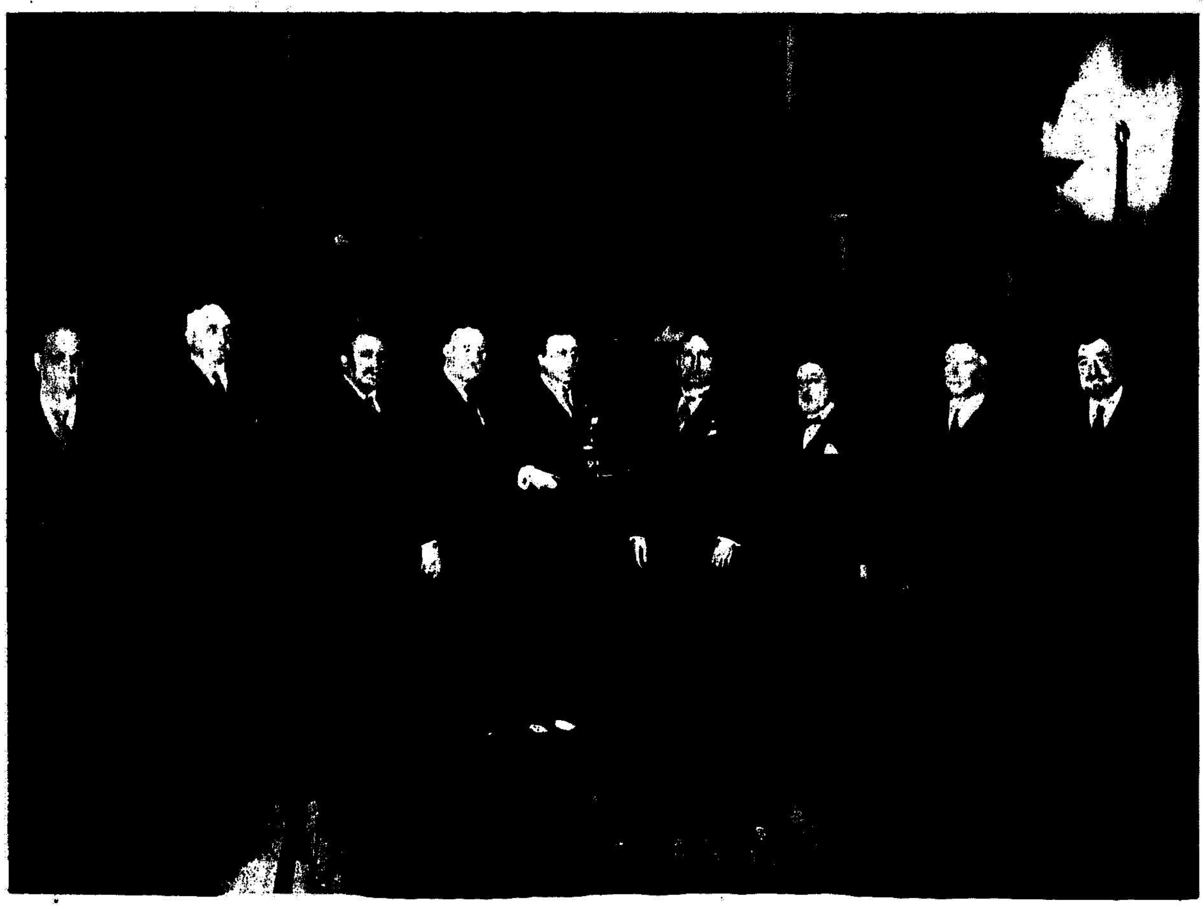
La prodigalità della fermata ogni 200 m è un danno per la grande maggioranza della popolazione, che non va in tram per passatempo, e un incoraggiamento alla pigrizia, come risulta dalla formola della distanza più conveniente ponendo $L = 200$; $\frac{0.5}{200} \frac{0,896}{\sqrt{200}} = \frac{1}{6300}$ da cui $\frac{37500}{6300}$ 0,16 = L. 0,95 per km o L. 4,75 all'ora invece di L. 0,80, costo normale del cammino.

ING. EMILIO BELLONI.

---

# Il Prof. A. Banti e gli operai che contribuirono all'impianto Tivoli-Roma ricevuti dal Duce

Nel numero precedente abbiamo accennato alle cerimonie svoltesi a Roma ed a Tivoli in occasione del 40° anniversario dell'inizio della trasmissione di energia da Tivoli a Roma.



Da sinistra a destra: Benedetti - Cattani - Sestini - Ferrario - Gr. Uff. Parisi *Duce* - Prof. Banti - Felicioli.

In tale occasione il Prof. Angelo Banti insieme col Gr. Uff. Parisi Presidente della Soc. Romana di Elettricità e coi superstiti operai che diedero insieme a lui la loro opera per l'esecuzione dello storico impianto furono ricevuti da S. E. il Capo del Governo, che si compiacque vivamente con loro.

Il Prof. Banti offrì al Duce un prezioso cimelio: il primo modello di dinamo con indotto ad anello costruito dal Pacinotti e che questi aveva donato al Prof. Banti. Il quale ha anche di recente energicamente rivendicato al compianto fisico italiano il merito dell'invenzione che ha aperto la via all'industria elettrica ed a tante nuove applicazioni.

Citiamo i nomi dei veterani della nostra industria che accompagnavano il Prof. Banti: Luigi Benedetti, Alessandro Cattani, Carlo Felicioli, Alessandro Ferrario, Sante Sestini, ai quali tutti, insieme al loro valoroso Capo, inviamo i più cordiali auguri.

Siamo informati che uno speciale Comitato si propone di consegnare solennemente al Prof. Banti una medaglia d'oro commemorativa: ci associamo di tutto cuore alla nobile iniziativa.

*L'E. E.*

# RASSEGNA TECNICA

a) **L'IMPIEGO DELLO STROBOSCOPIO PER LO STUDIO DELLE MACCHINE IDRAULICHE**

P. Haller. – *Schweizerische-Bauzeitung*, 12 novembre 1932.

Il perfezionamento graduale e continuo delle turbine idrauliche ha fatto sì che oggigiorno il rendimento del 90 % non rappresenti più nulla di eccezionale. Questo miglioramento è dovuto sopratutto allo studio sistematico ed alla accuratezza delle ricerche compiute nei laboratori sperimentali di idraulica.

Fig. 1. - Ruota Pelton; $D = 600$ mm; $N = 400$, $H = 40$ m, ∅ del getto 60 mm.

Si è però arrivati un certo momento alla conclusione che i sistemi di ricerche impiegati non erano più sufficienti per ulteriori indagini e che occorreva una osservazione diretta dei fenomeni istantanei, sia che si tratti del comportamento della girante di una turbina, sia che si consideri l'eventuale formazione di moti vorticosi in seno all'acqua che attraversa una turbina. A questo scopo i laboratori più perfezionati hanno introdotto l'uso dello stroboscopio per la riproduzione fotografica dei fenomeni idraulici istantanei.

L'autore della presente nota informativa sconsiglia l'impiego di tubi al neon o di lampade riempite di un qualsiasi altro gas per eseguire l'illuminazione dell'oggetto da fotografare. Consiglia invece l'impiego di una nutrita scintilla come sorgente luminosa. Questa scintilla può essere adescata da una scintilla secondaria, provocata da uno spinterometro alimentato da un magnete direttamente accoppiato alla stessa turbina in azione.

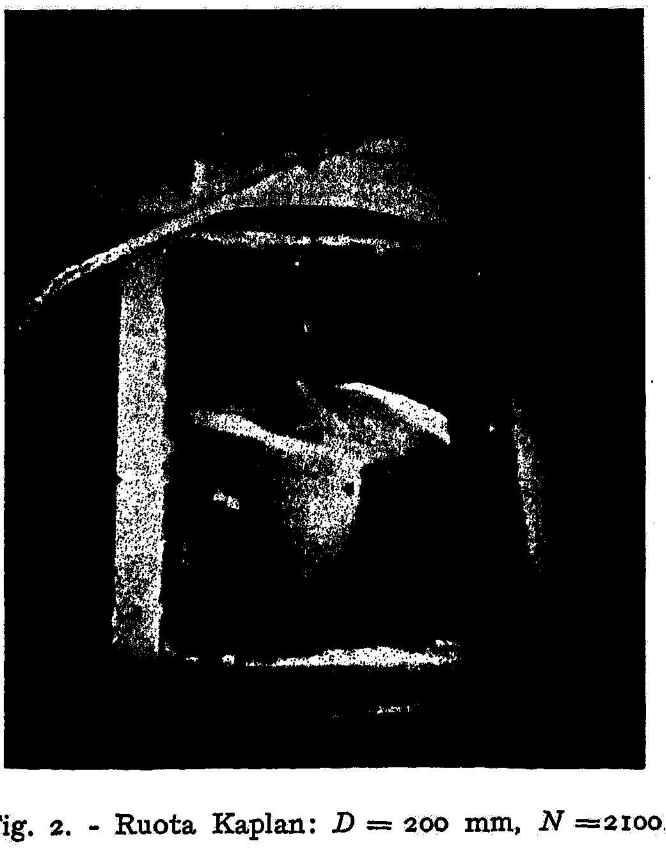


Fig. 2. - Ruota Kaplan: $D = 200$ mm, $N = 2100$

La fig. 1 dà un esempio di fotografia stroboscopica eseguita su ruota Pelton ad alto numero di giri specifici, nell'istante in cui il getto sta per investire una pala. Per evitare gli spruzzi sull'apparecchio di presa fotografica, parte della pala è espressamente asportata. La fig. 2 dà invece la fotografia stroboscopica della girante di una Francis in azione.

G.R.M.

---

**COMANDO IDRAULICO DELLE MACCHINE** (b

*La Technique Moderne*, 1° novembre 1932. — A. Vroleix.

I comandi e le trasmissioni idrauliche si sono grandemente estese in questi ultimi anni sia alle macchine motrici come a quelle operatrici.

Il concetto teorico della trasmissione di un comando a mezzo di un liquido in pressione è elementarmente semplice; non del pari ne è l'applicazione, che richiede un accurato studio di piccoli dettagli per superare numerose difficoltà pratiche che si presentano in ogni singolo caso.

a) *Principi del comando idraulico.*

Siccome le applicazioni del comando a distanza a mezzo di un liquido in pressione sono svariatissime, non è possibile dare uno schema generale del funzionamento di un tale impianto. In linea di massima si tratta di trasmettere o un moto rotatorio ad una girante o un movimento rettilineo alternato, più o meno lento, ad un'asta. La fig. 1 può essere considerata come uno schema generale abbastanza completo dal punto di vista illustrativo del secondo caso, che è il più complesso.

In detto schema si tratta di trasmettere un moto alternativo all'asta $f$; a tale scopo si agisce a mezzo di un liquido in pressione nell'uno o nell'altro senso nel cilindro 5, in cui è mobile uno stantuffo solidale con $f$. In 8 esiste il serbatoio del liquido;

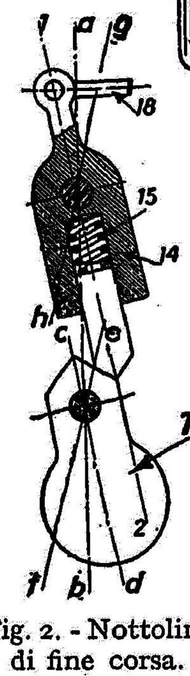



Fig. 2. - Nottolino di fine corsa.

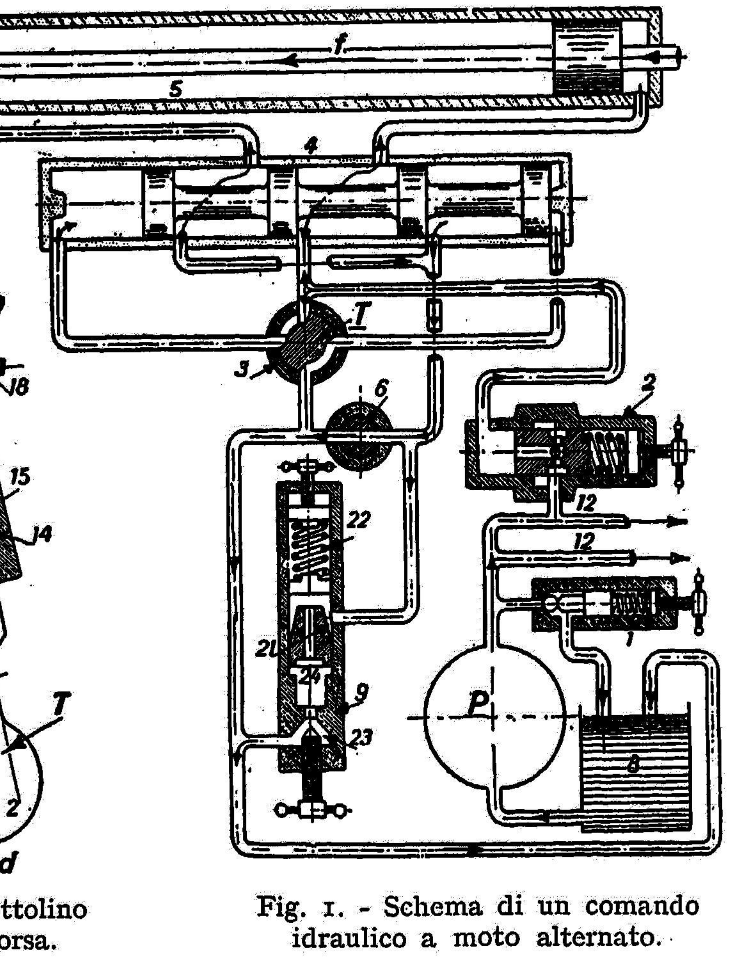



Fig. 1. - Schema di un comando idraulico a moto alternato.

$P$ è la pompa atta a mettere il liquido in circolazione ed in pressione. In 1 è praticata una strozzatura chiusa con molla tarabile, atta a scaricare l'olio in pressione nel serbatoio 8 qualora detta pressione dovesse superare un certo valore prefissato. Si tratta insomma di una valvola di sicurezza.

In 2 esiste uno strozzamento regolabile che serve a ridurre la pressione del fluido motore a quel valore che si è prestabilito. Inoltre, la presenza della molla tarata permette di attutire alcune irregolarità di pressione del fluido fornito dalla pompa stessa.

In 3 esiste una specie di relais idraulico che comanda il cassetto di distribuzione 4: quest'ultimo agisce sul cilindro operatore 5.

La valvola 6 permette, colla sua apertura, lo scarico libero del fluido di ritorno nel serbatoio 8. Chiudendola, invece, si viene ad inserire il congegno segnato schematicamente in figura e dove si vede che in 22 esiste uno strozzamento variabile ed in 23 un secondo strozzamento regolabile. La camera 24 avrà una pressione costante che dipenderà anzitutto dal grado di apertura dello strozzamento 23 ed in secondo luogo della regolazione della molla 22. Variando questa regolazione si può variare la velocità di scarico e quindi la velocità di funzionamento di *f*. Se la molla 22 è governata da una camme, la velocità di *f* potrà essere variabile a piacere. Qualora il moto alternativo di *f* dovesse diventare automatico, allora basterebbe, che giunta ad uno dei fine corsa, l'asta *f* stessa agisse su un nottolino *T* (fig. 2) spostandolo dalla posizione *cd* a quella *ef*. Il nottolino 14 subirebbe un brusco spostamento sia per effetto della conformazione dell'asticciuola *e*, sia per la presenza della molla 15. In tal modo l'asta 18, che potrebbe ad es. comandare la valvola 3 della fig. 1, subirebbe un brusco movimento, impedendo così che il complesso motore abbia a smorzarsi ai punti morti del moto alternativo.

b) *Osservazioni sull'equilibrio idraulico.*

Definiremo pressioni parassite quelle che agiscono sulle varie parti in moto di un sistema di trasmissione idraulica e che anzichè avere un'azione utile hanno invece una azione frenante passiva. Consideriamo ad esempio l'organo reversibile (pompa o motore a seconda dei casi) della fig. 3*a*. Supponiamo che esso funga da motore idraulico e che il liquido in pressione arrivi dall'orifizio *R*. La camera *a* andrà in pressione e questa pressione, oltre che tendere a far ruotare i due pignoni, li spingerà anche nella direzione *ab* e *ab'*. L'olio imprigionato nei denti tenderà inoltre a spingere i pignoni stessi anche nelle direzioni *cd* e *cd'*. Siccome esiste un necessario gioco sui perni dei pignoni e siccome il gioco tra i denti e la camicia del motore è costruita più piccola che sia possibile, ne risulterà che in *d,b* e in *d'*, *b'* è assai facile che i pignoni abbiano a fresare la cassa del motore ed a logorarne quindi assai rapidamente la camicia. Questo inconveniente è stato evitato con un brevetto francese che collega a due a due i denti opposti con un canaletto. I vari

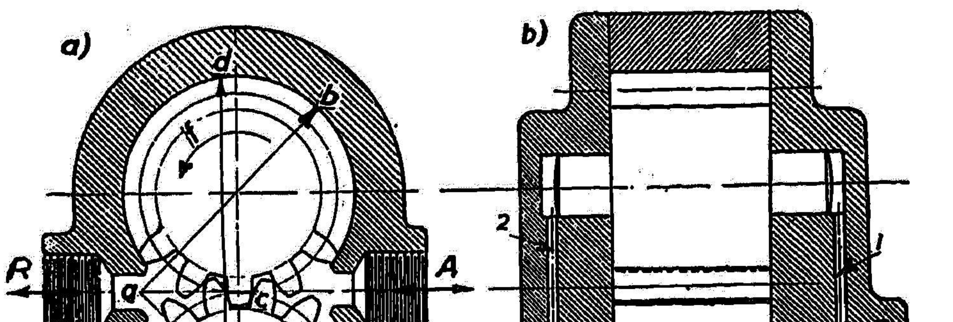


Fig. 3. - Pompa a ingranaggi equilibrata.

canaletti che perforano diametralmente i pignoni non si intersecano essendo in piani differenti. In tal modo i pignoni dentati risultano perfettamente equilibrati ed il loro moto diventerà dolce. Naturalmente, la durata ed il rendimento del motore idraulico risulteranno in tal modo notevolmente aumentati.

Un altro inconveniente, dovuto alla presenza di pression parassite, è quello che si può verificare, ad esempio, in certi cuscinetti d'estremità (fig. 3 *b*, cuscinetto *r*). L'olio in pressione che riesce ad infiltrarsi dietro l'albero, per effetto del principio di Pascal, genererà una forte spinta (diretta secondo *g*) che può obbligare l'organo mobile, nel caso indicato in figura, a strisciare sulla carcassa fissa. Ne risulterebbe un facile e notevole logorio ed un peggioramento del rendimento. Si ovvia all'inconveniente collegando tutti i cuscinetti d'estremità con canaletti di scarico (1, 2, 3, 4, 5) atti a drenare il liquido in pressione infiltratosi.

Come si vede, in ogni caso bisogna avere gran cura che tutti gli organi mobili siano soggetti ad un gioco di pressioni bene equilibrate.

c) *Valvole di comando.*

L'equilibratura delle valvole di comando del liquido in pressione ha una grandissima importanza. Devono senz'altro essere scartate le valvole a cassetto, le valvole di ritenuta a sede con coperchio o biglia e quelle a maschio conico quando il loro funzionamento debba essere frequente. Le valvole a cassetto possono essere impiegate solo se bene equilibrate, come

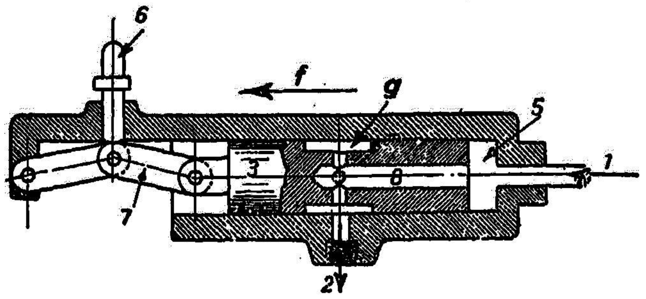


Fig. 4. - Valvola equilibrata.

ad esempio nel caso della fig. 4, dove si vede come nella camera *g* il liquido in pressione si distribuisca in modo razionale attorno al cilindro 3 evitando delle usure asimmetriche dell'organo in moto.

d) *Valvole d'inversione.*

Le valvole d'inversione, specie se devono agire automaticamente per invertire un moto alternativo, devono avere un movimento brusco e deciso, altrimenti il cassetto di distribuzione resterebbe inerte sul punto morto, non potendosi contare su alcuna elasticità del fluido e generalmente neppure su l'azione di un volano. D'altra parte, la valvola ed il cassetto di distribuzione devono essere protetti dalle pressioni parassite. Il caso della fig. 5 offre un bell'esempio di equilibratura degli orga-

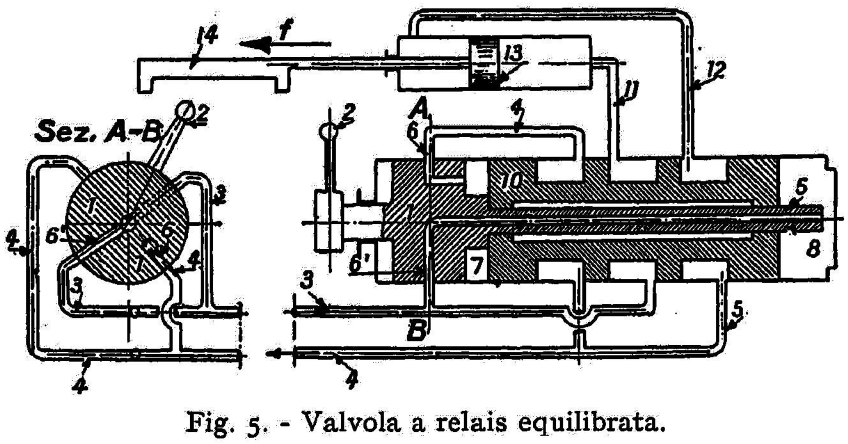



Fig. 5. - Valvola a relais equilibrata.

ni di comando. In esso la valvola relais 1 è mossa dal contatto 14 (ad es. a mezzo dello scatto indicato nella fig. 2). Questa valvola è perfettamente equilibrata. Essa comanda un cassetto di distribuzione altrettanto ben studiato dal punto di vista dell'equilibrio delle pressioni.

Un altro sistema è quello della fig. 6, dove la valvola relais è costituita essa pure da un cassetto: si noti però che la tubazione in pressione 3 non è mai ostruita da un pistone e pertanto il cassetto non è forzato contro la parete opposta e quindi è abbastanza bene equilibrato esso pure. Le valvole

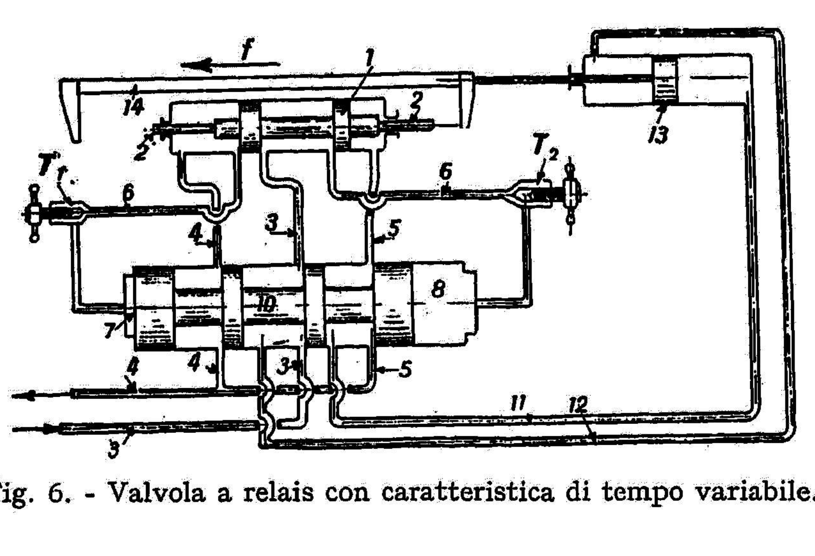


Fig. 6. - Valvola a relais con caratteristica di tempo variabile.

$T_1$ e $T_2$ servono per regolare il tempo di inversione da un decimo di secondo a tre secondi quando il cassetto motore è giunto a fine corsa.

e) *Regolatori di velocità.*

I regolatori di velocità possono agire su diverse parti del sistema e possono essere principalmente costituiti da:

*a*) uno strozzamento regolabile sull'alimentazione del cilindro motore;

*b*) uno strozzamento regolabile sullo scarico del sistema;

*c*) una pompa di alimentazione a portata variabile;

*d*) un complesso dei sistemi *a*) e *b*) con un dispositivo automatico di correzione delle variazioni di velocità;

*e*) un complesso come al caso *d*) con in più una pompa a portata automaticamente variabile e pressione costante;

*f*) un complesso come al caso *d*) agente direttamente sulla portata di una pompa a portata e pressione variabile.

I casi *a*) e *b*) sono assai semplici, ma hanno l'inconveniente di non garantire una velocità costante nel caso di una coppia resistente variabile.

Col sistema *c*) è possibile comandare con un sistema di produzione del liquido in pressione, una sola macchina operatrice.

Il sistema *d*) risulta il più completo. Di solito consta di uno strozzamento regolabile sullo scarico atto a fissare la velocità di funzionamento del sistema. Esiste poi un altro strozzamento automatico, o in derivazione o direttamente montato sull'alimentazione, che viene comandato dalla pressione del liquido di scarico: una variazione di velocità sull'organo motore genera una variazione di pressione sul liquido di scarico e questa variazione di pressione può pilotare lo strozzamento variabile sulla ammissione. Questo concetto generale può naturalmente essere sfruttato in vario modo, generando così vari sistemi pratici. Il complesso potrebbe essere completato con un accumulatore idraulico, per quanto quest'ultimo organo non abbia incontrato favore nelle recenti costruzioni.

Si può del pari agire, anzichè sullo strozzamento dei condotti, anche direttamente sulla portata variabile di una pompa: la fig. 7 dà uno schema illustrativo di questo modo di funzionamento. La girante è munita di palette mobili che sono spinte radialmente verso l'esterno per effetto dell'olio in pressione che arriva nella cavità posteriore alle palette stesse. Se, ad es., cresce la pressione del liquido motore (tubazione 12), questo comunica a mezzo dei condotti 11 e 16 colla camera *C*, vince la pressione della molla e mette in collegamento il tubo 13 con quello 15. Allora il pistone 6 può spostarsi verso l'alto

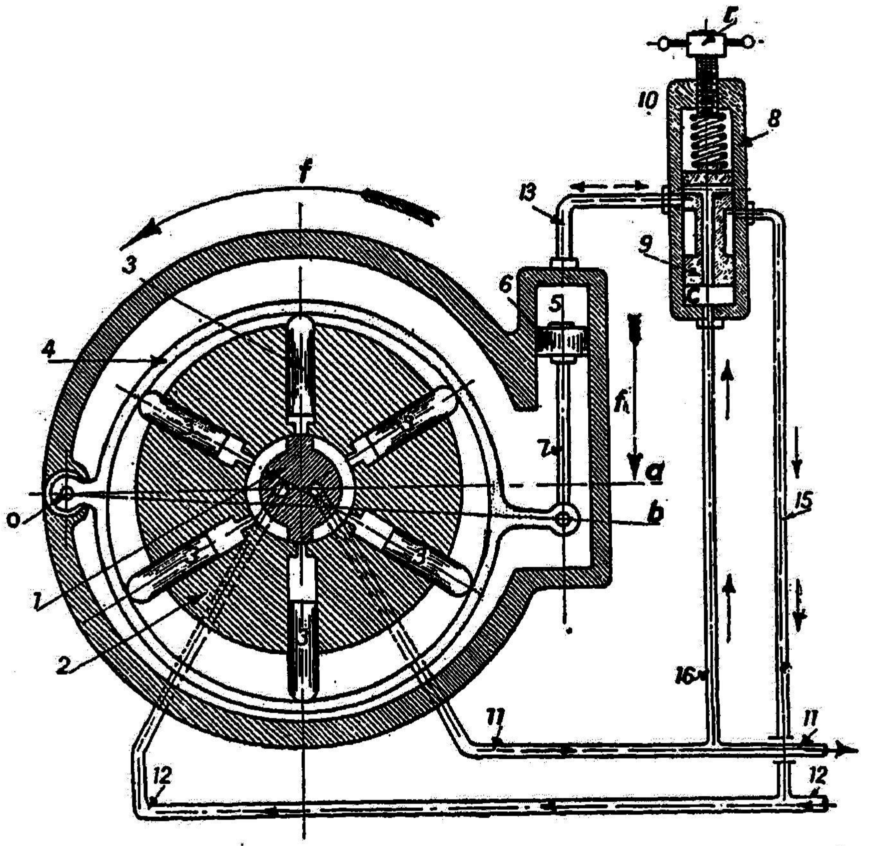



Fig. 7. - Pompa a portata automaticamente variabile e a pressione costante.

e la camicia mobile della pompa ruota dalla posizione *ob* a quella *oa* e quindi diminuisce la portata della pompa. In tal modo diminuisce pure la pressione in *C* e la molla 10 chiuderà lo scarico del pistone 6 che vien bloccato. Diminuendo ulteriormente la pressione in *C*, il liquido in pressione della tubazione 16 agirà in senso inverso sul pistone 6 mettendo in comunicazione i condotti 16 e 13 e così via. Questo procedimento è consigliabile quando si hanno forti potenze in gioco.

Se il pistone 6 fosse comandato, anzichè col liquido in pressione, con quello di scarico, si avrebbe allora una pompa automatica a portata e anche a pressione variabile, ma essa potrebbe servire ad alimentare una sola macchina operatrice.

f) *Influenza della variazione della viscosità dell'olio.*

L'olio varia di temperatura, sia per effetto delle condizioni atmosferiche, sia per effetto del riscaldamento dovuto all'attrito dei vari condotti. Col variare della temperatura varia in genere anche la sua viscosità.

Un dispositivo pratico per eliminare questo inconveniente non è ancora stato ideato in modo tale da soddisfare in ogni caso.

Si può risolvere la questione misurando la temperatura massima che può raggiungere l'olio durante il funzionamento attivo e poi munire il serbatoio generale dell'olio di una resistenza elettrica regolabile comandata da un termostato che tenda a mantenere l'olio sempre alla stessa temperatura massima, anche quando il sistema è momentaneamente fuori servizio.

Si cercherà pure di impiegare un olio a piccola variazione di viscosità col variare della temperatura.

Impiegando l'acqua al posto dell'olio si ha una miglior costanza di funzionamento: in compenso, però, si complicano le possibilità della lubrificazione e subentrano altre difficoltà di esercizio.

g) *Conclusione.*

Il comando e la trasmissione a distanza con liquido in pressione ha il grande vantaggio di eliminare ingombranti organi meccanici di collegamento. Inoltre, esso da una certa elasticità alle manovre quali si eliminano i colpi bruschi, pur permettendo un esercizio semplice e preciso.

G. R. M.

## RISULTATI DI DUE ANNI E MEZZO DI ESERCIZIO CON UNA CENTRALE TERMICA AD ALTISSIMA PRESSIONE (c

*Electrical World*, 26 novembre 1932. – J. A. Powell e G. T. Dempsey.

Si tratta della centrale Gilbert, che la New Jersey Power and Light Company ha installato a Holland, N. J., e che è stata ripetutamente descritta dalla stampa tecnica (1); qui ne ricordiamo perciò solo i dati principali.

L'impianto ultimato comprenderà quattro turbo-generatori da 55 000 kW; la parte ad alta pressione di ogni gruppo ha una potenza di 11 800 kW alla velocità di 3600 giri al 1' e quella a bassa pressione di 43 200 kW alla velocità di 1800 giri al 1'; per ora è installato un solo gruppo.

Ogni turbina è alimentata da due caldaie, ciascuna con una produzione oraria di 110 000 kg di vapore alla pressione di 95 kg/cmq. La pressione del vapore all'ammissione è di 88 kg/cmq e la temperatura di 398,5° C; all'uscita dalla parte ad alta pressione, il vapore ha a pieno carico una pressione di 28 kg/cmq, che a carichi minori scende sino a 14 kg/cmq; la temperatura di 282° viene riportata a 398,5° C prima dell'ammissione nella turbina a bassa pressione.

Il condensatore ha una superficie di ca. 3000 mq. Ogni caldaia è provvista di economizzatore, surriscaldatore, riscaldatore di vapore, riscaldatore dei gas e riscaldatore d'aria. L'acqua di alimentazione delle caldaie è fornita da due pompe in serie: la prima manda l'acqua, attraverso la serie dei riscaldatori, alla seconda, e questa fornisce alla caldaia l'acqua riscaldata. Il combustibile usato è carbone polverizzato con un potere calorifico di ca. 7800 calorie al kg. L'esercizio regolare della centrale ha avuto inizio il 2 marzo 1930, per cui oggi si può già disporre di un'esperienza di esercizio abbastanza lunga e significativa.

Naturalmente l'interesse maggiore offerto dai dati raccolti sul funzionamento della centrale in questo periodo di due anni e mezzo verte sugli effetti dell'impiego di vapore ad altissima pressione. Il salto dalle pressioni di 30-32 kg/cmq a quella di 95 kg/cmq, per quanto non comporti un aumento notevole nella temperatura del vapore, ha però introdotto nuovi fattori, che devono essere considerati per assicurare un funzionamento regolare.

Può essere interessante a questo proposito ricordare brevemente alcune condizioni relative all'uso di altissime pressioni di vapore. È ovvio anzitutto che per tutte le parti soggette a

(1) Ved. *Electrical World*, 2 marzo 1929; *Power*, 28 marzo 1929; *General Electric Review*, febbraio 1929.

forti pressioni si deve aumentare lo spessore in proporzione; tali parti, per la loro grande massa, immagazzinano quantità forti di calore, per cui la caldaia per raggiungere la temperatura d'esercizio richiede un tempo maggiore che nel caso di pressioni normali; correlativamente occorre più tempo perchè la caldaia si raffreddi.

Questo fatto, che sarebbe dannoso in un impianto termico di punta o di riserva, non ha del resto importanza nel caso della centrale Gilbert, che è un impianto di base, sia pure con carico variabile. Infatti mentre la centrale può attualmente produrre 55000 kW continui, l'esercizio è economicamente possibile, con due caldaie in servizio, fino a carichi di 30.000 kW; con una sola caldaia si può scendere fino a carichi di 12.000 kW.

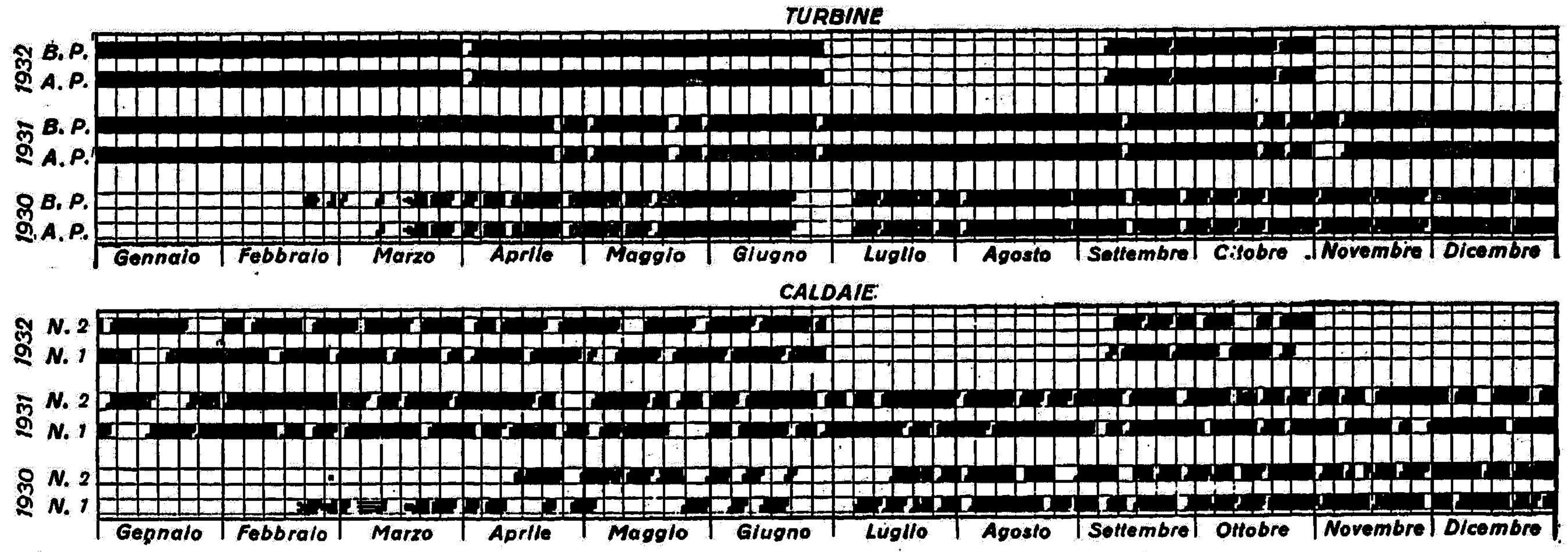



Diagramma di funzionamento delle turbine e delle caldaie.

(L'interruzione fra la fine di giugno e i primi di luglio 1930 ha avuto per scopo un riadattamento in seguito a difficoltà d'esercizio iniziali. Quella nell'estate del 1932 è stata prodotta da un guasto alla palettatura a b. p. Le altre son per lo più chiusure domenicali a scopo di revisione).

La turbina ad alta pressione non ha dato luogo ad inconvenienti; si sono soltanto dovuti cambiare i bulloni che tengono collegate le due metà del cilindro della tubina, che avevano originariamente una resistenza alla tensione di 18 000 kg e han dovuto venir sostituiti con altri aventi una resistenza di 27.500 kg.

Il solo guasto alla palettatura avendo avuto luogo non nell'unità ad alta pressione, ma in quella a bassa, non rientra nel novero degli incidenti caratteristici degli impianti ad alta pressione. Si son dovuti cambiare i cuscinetti originali di ghisa, attraverso i quali passa lo stelo delle valvole del regolatore delle turbine, sostituendoli con altri di una lega speciale (nitralloy); questa sostituzione si è dimostrata efficacissima.

Disturbi seri si sono verificati perchè il regolatore non agiva abbastanza rapidamente, quando il carico si interrompeva bruscamente per incidenti sulla rete, provocando un eccesso di velocità della turbina. Per questo inconveniente non si è potuto trovare un rimedio intrinseco al regolatore e finalmente si è dovuto provvedere a sostituire o modificare tutti i relais del sistema di trasmissione, in modo da rimediare all'instabilità inerente al sistema. Questa difficoltà, pur non essendo dovuta all'alta pressione usata, è stata da questa alquanto aggravata.

Per l'alta temperatura dei gas d'uscita della caldaia, più caldi che nel caso di pressioni normali, l'acqua contenuta nell'economizzatore si riscaldava rapidamente, convertendosi in vapore, e doveva essere sostituita da altra acqua: indi rapidi cambiamenti di temperatura, che provocarono falle nell'economizzatore. Si aveva così maggior evaporazione e quindi una concentrazione di sostanze solide nelle caldaie maggiore della normale, ciò che finalmente dava luogo a depositi solidi sulla palettatura della turbina.

A tutti questi guai venne trovato un rimedio collegando direttamente la parte inferiore della caldaia con l'economizzatore, in modo che questo rimanga sempre pieno d'acqua. Anche nei giunti delle tubazioni ad alta pressione di piccolo diametro (meno di 5 cm) soggetti a variazioni di temperatura si ebbero perdite, che cessarono quando alle comuni flangie usate si sostituirono manicotti forgiati, avvitati sul tubo e quindi saldati.

Il riscaldamento del vapore prima dell'ammissione nella turbina a b. p. vien fatto con un riscaldatore, costruito entro ogni caldaia, e che ha pure dato delle noie, prima perchè a esercizio iniziato si scoprì che la temperatura di riscaldamento era troppo alta e poi per un difetto di costruzione. Al primo di questi inconvenienti si rimediò diminuendo la superficie di riscaldamento dell'apparecchio; al secondo, naturalmente, cambiando le parti difettose. Anche questi incidenti sono da attribuire indirettamente all'impiego di alte pressioni.

Sembrano invece dovute all'impiego di carbone polverizzato le erosioni alle palette del ventilatore per il tiraggio del camino; la cenere viene aspirata dal ventilatore, nel quale produce corrosioni tali da richiedere il ricambio delle palette. Fortunatamente non è necessaria per questo un'interruzione di esercizio.

Nei riguardi delle pompe di alimentazione, si è voluto che ognuna delle pompe per l'acqua riscaldata potesse alimentare entrambe le caldaie simultaneamente, in modo da prevenire in ogni caso un'interruzione del servizio. Vi è anche una pompa di riserva, poichè il problema dell'alimentazione d'acqua calda si è dimostrato particolarmente difficile nell'impianto in questione, ed è del resto un punto delicato di tutti i moderni impianti a vapore. Nella figura sono riprodotte sotto forma di diagramma le durate delle interruzioni di servizio dovute alle varie parti dell'impianto termico: le due caldaie e le turbine ad alta e bassa pressione. Sulla durata totale delle interruzioni il 28,6% è da attribuirsi a riparazioni nella parte ad a. p. ed il 71,4% a riparazioni della parte a b.p.

In conclusione, gli Autori dell'articolo credono di poter affermare che l'esercizio della centrale Gilbert ha presentato poche difficoltà veramente importanti che siano da attribuire all'impiego di altissime pressioni di vapore, mentre il vantaggio economico di questo tipo di impianto si è dimostrato in modo indiscutibile.

m. c.

---

## I RECENTI PROGRESSI NELLA TECNICA DELLE ALTE TENSIONI

(d

*Bulletin A.S.E.*, N. 17, 19 agosto 1932. – A. IMHOF.

L'articolo contiene una rassegna dei progressi più recenti realizzati nello studio dei fenomeni fisici che hanno attinenza col problema delle alte tensioni ed espone i criteri che negli ultimi anni hanno guidato i tecnici nella scelta dei materiali isolanti e degli apparecchi che agli impianti ad alta tensione sono destinati.

1. *Lavori scientifici.* – Si riferiscono particolarmente allo studio della perforazione dei dielettrici solidi e liquidi ed alla scarica nell'aria. Fra essi è notevole un lavoro riassuntivo di Gillet, il quale completa la teoria termica di Wagner sulla base delle vedute di carattere generale di Rogowski e di indole particolare di Dreyfus e Fock, determinando e traducendo in formule le relazioni che legano la tensione di perforazione alla costante termica, alla densità ed al fattore di perdita del dielettrico. L'esperienza ha dimostrato, tuttavia, che l'influenza della temperatura sulla tensione di perforazione è sentita soltanto oltre una certa temperatura, mentre al disotto di questa sembrano attendibili le teorie di Rogowski, Griffith ed Horowitz sulla perforazione «puramente elettrica» che presuppone l'esistenza di soluzioni di continuità nei dielettrici solidi, accentuantesi sotto l'influenza del campo elettrico e delle tensioni interne.

L'influenza del tempo sulla resistenza alla perforazione dei dielettrici solidi è stata studiata da Jost il quale mise in evidenza che la resistenza aumenta al diminuire della durata della sollecitazione, in un intervallo da $10^{-9}$ a $10^4$ sec, e che per durate minime non si giunge alla perforazione. I risultati ottenuti e, sopratutto, la conoscenza dell'influenza della temperatura sul fenomeno della perforazione, hanno indotto K. Meyer

al tentativo di unificare le varie teorie in proposito; la perforazione non verrebbe, pertanto, più concepita come un fenomeno prevalentemente termico accelerato da cause elettriche, bensì come fenomeno in prevalenza elettrico influenzato da cause termiche.

Gli studi di Inge e Walter sui dielettrici fluidi hanno portato alla conclusione che la perforazione di tali isolanti è retta almeno dai due meccanismi seguenti: puro processo di ionizzazione con tensioni ad impulso; perforazione termica con tensioni continuative. Le prove di Engler e Knorr, condotte nel laboratorio del Prof. Schumann, hanno permesso di concludere che la tensione di perforazione di olî estremamente puri e degasificati è indipendente dalla pressione. Un contributo alla determinazione della legge di interdipendenza fra tensione di scarica nei fluidi e pressione è stato portato da Edler: i risultati ottenuti porterebbero a concludere che la perforazione è avviata da una parziale evaporazione dello strato di passaggio agli elettrodi. Curve esprimenti l'angolo di perdita negli oli in funzione della frequenza sono state dedotte sperimentalmente da Gemant: è notevole il diverso comportamento dello stesso olio a bassa frequenza (effetto Wagner) e ad alta frequenza (effetto Debye).

Sulla scarica nei gas sono notevoli le ricerche sugli spinterometri a tre elettrodi. La tensione di innesco di uno spinterometro a due elettrodi può essere regolata mercè la variazione del potenziale di un terzo elettrodo. La regolazione ha la maggior efficacia quando porta alla trasformazione di un campo non omogeneo in uno omogeneo o viceversa. Notevole è l'opera di J. Kampschulte che conferma l'analogia dei processi di perforazione e di scarica nei dielettrici fluidi e gassosi, anche per frequenze elevate. L'influenza dell'umidità, della densità dei gas e della forma del campo sul comportamento degli isolatori è stato oggetto di studi fatti da H. Ritz i quali confermano, fra l'altro, che la relazione fra perforazione di un isolatore e scarica superficiale è influenzata soltanto dalla umidità relativa. Ricerche notevoli di Inge e Weil riguardano i fenomeni della scarica ai bordi, delle scintille striscianti sugli isolatori nell'olio ecc. Inge e Walter hanno analizzato il comportamento di vari dielettrici sollecitati da campi non omogenei: si ritiene che la porcellana abbia, a questo riguardo, un comportamento analogo a quello riscontrato per lo zolfo: tendenza ad un valore limite minimo della tensione di perforazione al crescere della eterogeneità del campo. Alcuni problemi relativi alla carica spaziale negli isolanti fluidi hanno avuto una trattazione per opera di P. Böning.

2. *Isolanti*. – Fra i nuovi materiali isolanti ad alta rigidità dielettrica è ricordato il « Sintercorund », isolante solido e cristallino, derivato da un ossido di alluminio puro. Possiede una resistenza elettrica che a 400 °C è eguale a 100 000 volte quella della porcellana; il punto di fusione è di 2050°, l'igroscopicità è nulla.

Isolante con qualità elettriche eguali a quelle del buon presspan e con ottime qualità meccaniche è l'« Oleocel » costituito da carta opportunamente impregnata in olio.

L'impiego della carta impregnata con olio minerale fluido nella tecnica delle alte tensioni è andato accentuandosi negli ultimi anni. Questo va attribuito alle proprietà dielettriche eccellenti dei sottili fogli di carta, particolarmente adatti nella tecnica dei condensatori, in quella dei cavi ed ancora in quella degli apparecchi per altissime tensioni. Carta impregnata con gas sotto pressione trova impiego in America per condensatori, riduttori di misura ecc. Anche per gli avvolgimenti dei generatori è stata possibile la realizzazione di isolanti con qualità elettriche e termiche assai migliori di quelle dei materiali impiegati fino ad oggi. Importanti sono le ricerche approfondite compiute sulla mica dal Bureau of Standards U.S.A.: le proprietà dielettriche del vetro, in funzione della frequenza e della temperatura, sono state oggetto pure di ricerche assai minuziose. Le indagini sugli oli occupano sempre un posto di primo ordine nella tecnica degli isolanti. Ricerche di Koppelmann e di Edler in proposito hanno dato risultati notevoli circa l'influenza del campo esterno, del valore efficace della tensione, della pressione esterna e dell'aria disciolta, sulla tensione di scarica negli oli.

Importanti osservazioni furono fatte recentemente a proposito dell'invecchiamento degli isolanti. Un giudizio sul maggior o minor grado di avanzamento di questo fenomeno deve basarsi sulle qualità meccaniche dell'isolante e non su quelle elettriche. L'invecchiamento è in misura notevole influenzato dalla temperatura; in olio il fenomeno è più rapido che in aria. In generale, si è constatato che dopo 20 anni la resistenza diminuisce così rapidamente da giustificare la supposizione che, anche alla temperatura normale, nessun isolante possa avere una durata superiore a 100 anni.

3. *Porcellana*. – L'impiego della porcellana fra gli isolanti per alta tensione è andato estendendosi ancor maggiormente negli ultimi tempi. La costruzione degli isolatori sospesi è oggi basata su direttive ben più razionali di quelle seguite in passato. È stato dimostrato che tali isolatori devono essere allestiti con criteri diversi a seconda della destinazione dei medesimi. In località battute dai venti marini sono necessarie campane di grande diametro con nervature sottostanti; in regioni industriali oppure per linee di trazione è opportuno eliminare quei particolari costruttivi atti a favorire l'insudiciamento degli isolatori. Si evitano, pertanto, nervature dalle quali si staccano, come è stato dimostrato in esercizio, delle particelle sotto l'influenza del campo elettrico; la forma delle campane deve essere, inoltre, tale da consentire un facile deflusso dell'acqua senza che questa abbia a lasciare depositi.

Tanto in Europa quanto in America trovano oggidì impiego i condensatori di accoppiamento per la telefonia ad alta frequenza e la misura a distanza. Tipi diversi con porcellana, per tensioni fino a 60 kV e capacità fino a 3000 cm, sono stati costruiti da parecchie Case europee.

Nuovi compiti sono stati affidati alla porcellana coll'accentuarsi della costruzione dei riduttori di misura senza olio. Non ostante che agli effetti della rigidità dielettrica la porcellana sottoposta a riscaldamento si comporti peggio di quanto si creda comunemente, tuttavia parecchie Case hanno messo sul mercato trasformatori di misura a secco pienamente soddisfacenti.

Numerosi sono stati negli ultimi anni i lavori di carattere teoretico pubblicati nei riguardi della tecnica della porcellana. Alcuni (H. Müller) riguardano ricerche sul dimensionamento delle armature di protezione per gli isolanti delle linee e degli apparecchi; altri riflettono il comportamento degli isolatori sottoposti a sovratensioni. Sono notevoli alcune ricerche sulla perforazione sott'olio, sul comportamento dei passanti e sul processo di perforazione degli isolatori sollecitati ad impulsi con corrente continua.

4. *Cavi*. – Seguendo la moderna tecnica dei condensatori (America), si è cercato di utilizzare l'aria compressa e la carta per l'isolamento dei cavi ad alta tensione. Si deve a Gemant la constatazione che la carta migliora le condizioni isolanti dell'aria soltanto al disotto di una determinata pressione: in corrispondenza delle alte pressioni, la carta diminuisce la rigidità dell'aria. I cavi a riempimento d'olio o di miscela hanno trovato un ulteriore sviluppo, grazie ai successi ottenuti nella risoluzione di vari problemi ad essi inerenti. Sono notevoli alcuni tipi di terminali per altissima tensione di recente allestimento. La fig. 1 rappresenta un terminale per 300 kV di prova. Col cavo V, composto di tre cavi unipolari cordati, sono stati fatti degli esperimenti di collegamento senza muffole.

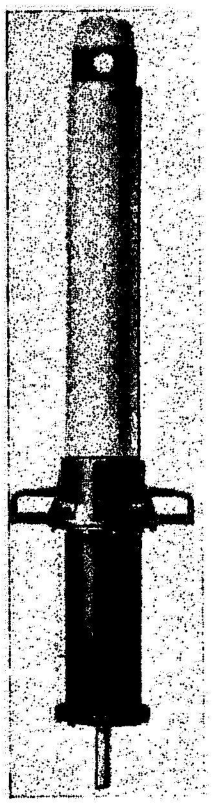


Fig. 1. Terminale per cavo. – Tensione di prova 300 kV.

5. *Passanti*. – La tecnica dei passanti ha realizzato progressi assai importanti. L'impiego di ottimi dielettrici ha permesso di ridurre l'angolo di perdita e l'influenza della temperatura sul medesimo: il problema più grave della perforazione termica ha trovato inoltre una soluzione anche per altissime tensioni. Tipi di passanti, a condensatore ed a riempimento d'olio, con qualità pregevoli sono stati allestiti grazie al comando del campo elettrico ottenuto mercè l'impiego di materiali isolanti a diversa costante dielettrica. La tendenza ad eliminare il più possibile l'olio dagli impianti elettrici ha portato anche alla costruzione dei passanti a più tubi in porcellana, a condensatore o non. Un passante di questo tipo, ideato da una Casa europea, ha gli interstizi dei singoli tubi riempiti col prodotto della condensazione di fenolo e formaldeide. Questo strato che costituisce una parte dell'isolamento totale ha, peraltro, una rigidità dielettrica alquanto minore di quella della porcellana.

6. *Condensatori*. – L'estesa applicazione dei condensatori statici va attribuita particolarmente alle qualità elettriche eccellenti della carta essiccata ed impregnata in olio impiegata come dielettrico. I perfezionamenti introdotti nella preparazione della carta hanno permesso l'impiego di strati isolanti estremamente sottili e, quindi, la costruzione economica di condensatori anche per basse tensioni. La disposizione dei rotoli condensatori varia da tipo a tipo; alcuni impiegano rotoli a sezione cilindrica disposti orizzontalmente oppure verticalmente od anche inclinati; altri adoperano elementi a sezione prismatica. Le applicazioni più notevoli dei condensatori si hanno negli impianti di rifasamento, ove tali apparecchi vengono impiegati per tensioni fino a 22 000 V ed oltre.

Altre applicazioni notevoli si hanno per i filtri nelle sottostazioni con raddrizzatori e negli impianti di radiotrasmissione. L'impiego di condensatori all'aperto ed anche in climi tropicali ha dato buoni risultati.

Le qualità tecniche dei moderni condensatori hanno subito miglioramenti importanti negli ultimi anni. La tangente dell'angolo di perdita, misurato direttamente al dielettrico, raggiunge valori da 0,0015 a 0,004; con tensioni continue si raggiunge una rigidità da 2 a $2,5 \cdot 10^6$ V/cm con carta fine e da 0,6 a $1 \cdot 10^6$ V/cm con carta meno fine. Non sussistono oggi difficoltà nella costruzione di condensatori a corrente continua per tensioni di prova fino a 100 000 V. Il peso dei moderni condensatori di grande capacità per impianti di rifasamento, riferito a 1 kVAr, varia per tensioni superiori a 380 V, da 3,5 fino a 7 kg/kVAr.

In America, accanto ai condensatori in carta impregnata in olio, hanno trovato impiego anche condensatori in carta trattata con aria compressa. Oggidì, questi tipi si trovano in servizio in impianti industriali; è degno di nota anche un impianto allacciato direttamente alla linea monofase di trazione a 11 kV della New York, New Haven e Hartford Railroad. Come dielettrico, i condensatori per impianto di rifasamento di questo tipo comportano sottilissimi fogli di carta essiccati nel vuoto e trattati con azoto sotto pressione. La preferenza data a questo gas rispetto all'aria si giustifica con la necessità di evitare ossidazioni. Inoltre, i danni derivati da effluvi e scintille striscianti sulla carta isolante sono meno sensibili quando manca l'ossigeno. Un annerimento della carta si verifica soltanto dopo una perforazione netta. Un grafico mette in rilievo le qualità isolanti dell'azoto compresso, rispetto a quelle dell'aria e dell'olio. Si rileva che, per una tensione di 100 kV eff., la distanza esplosiva per l'aria, l'olio e l'azoto a 16 kg/cm², misurata con uno spinterometro a punte, sta nei rapporti 25 : 6 : 4, mentre in campo omogeneo si hanno i rapporti 5 : 2 : 0,8. È importante notare che le perdite dielettriche sono quelle della carta, essendo indipendenti dalla natura e dalla pressione del gas.

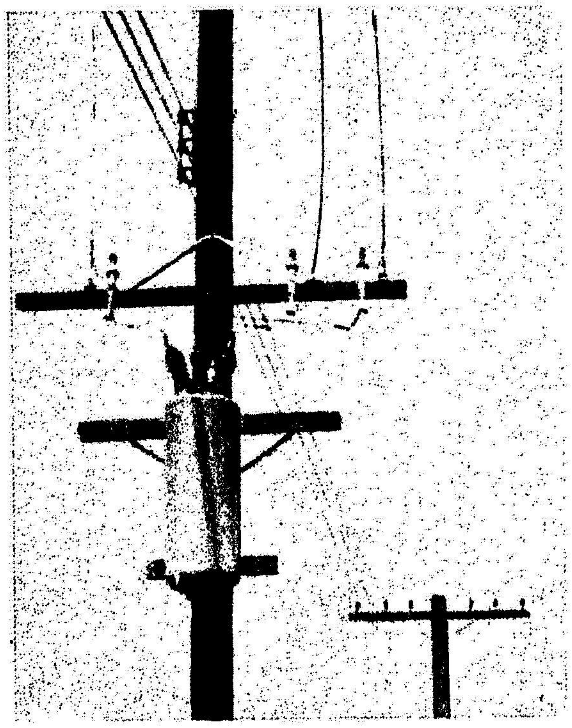


Fig. 2. - Condensatore ad aria compressa, montato su palo.

La fig. 2 mostra un condensatore trifase ad aria compressa per 90 kVAr, 4000 V, 60 per/sec, montato su palo. La cassa ha una lunghezza di 52 cm ed un'altezza misurata ai morsetti di 140 cm; il peso è di 370 kg.

7. *Apparecchi ad alta tensione senza olio.* – Problemi nuovi ed interessanti sono stati risolti nella costruzione dei trasformatori di misura senza olio. Fra questi sono degni di nota: il riduttore a foro trasversale; il riduttore a passante incurvato; un trasformatore di corrente con corpo isolante in porcellana costituito da un isolatore Hewlett. Tali trasformatori sono adatti per tensioni non troppo elevate; esistono tuttavia tipi (Imhof) adatti per tensioni molto alte. Nel dominio dei trasformatori di prova, è notevole il ritorno all'olio, se pure limitato a minime quantità.

8. *Dispositivi di laboratorio e metodi di prova.* – Le indagini sui materiali isolanti hanno costituito, in questi ultimi tempi, lo scopo di numerose prove di laboratorio. Le correnti negli isolanti sono state rilevate mediante l'oscillografo applicato ad un ponte di Schering, attraverso un amplificatore. Il rilievo si può estendere all'onda fondamentale ed alle armoniche della corrente.

È interessante l'« elettrofotografia degli isolanti » possibile mediante un metodo geniale proposto da Gemant, il quale sfrutta il rilievo di macchie che si manifestano in un isolante posto fra due elettrodi, in corrispondenza di pori od incrinature. Gli annerimenti mettono in evidenza la presenza di bolle d'aria ossia danno un indice delle condizioni strutturali dell'isolante esaminato. Il metodo richiede l'impiego di corrente alternata; esso è adatto anche per l'esame dei fenomeni che caratterizzano la scarica nei materiali isolanti. La determinazione delle linee equipotenziali nel campo elettrico è stata possibile mediante metodi sperimentali nuovi ed eleganti. Un dispositivo registratore per misure di sovratensione, basato sul principio dello spinterometro multiplo, è stato applicato per rilievi diretti con tensioni fino a 25 kV; con l'inserzione di un divisore capacitivo per tensioni più elevate. I tentativi per misurare con apparecchi statici poco ingombranti le alte tensioni hanno portato alla realizzazione dell'elettrometro a pendolo (Rogowski). I voltmetri statici già noti hanno subito nuovi perfezionamenti; anche gli spinterometri a sfere, costituenti sempre gli strumenti più preziosi per la misura delle alte tensioni, sono stati oggetto di ricerche che hanno avuto specialmente lo scopo di perfezionare le tarature. La fig. 3 rappresenta un moderno tipo di spinterometro a sfere.

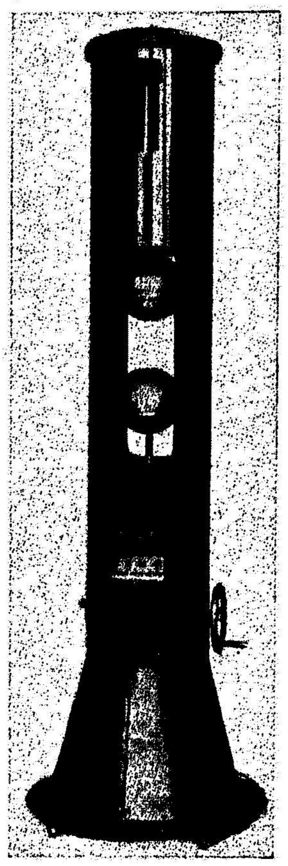


Fig. 3. Spinterometro a sfere.

9. *Generalità sugli isolamenti.* – La conoscenza delle leggi che regolano la distribuzione del campo elettrico ha permesso di superare con relativa facilità anche i più complessi problemi concernenti gli isolamenti per le altissime tensioni. I due metodi fondamentali di isolamento: con controllo del potenziale (capacitivo od induttivo) e con interposizione di isolanti solidi nei dielettrici fluidi o gasosi, hanno condotto a risultati assai importanti.

10. *Produzione delle altissime tensioni.* – Non ci sono da registrare progressi recenti di qualche importanza nella costruzione dei trasformatori di prova; invece, è andato crescendo rapidamente il numero dei laboratori industriali di prova per tensioni fino a 500 kV. In Europa, la tensione alternata di 1 milione di volt a 50 per/sec è disponibile in parecchie sale prova. Una stazione di prova particolarmente notevole è attualmente in costruzione a Copenaghen (Fabbrica di porcellana Norden). In essa saranno disponibili i seguenti impianti: a 2 milioni di V per prove ad impulso a corrente continua; a 1 milione di V per prove ad alta frequenza; ad 1 ½ milioni di V per prove a corrente alternata monofase a 50 per/sec. Tensioni d'impulso a 2 ½ milioni di V sono state ottenute caricando in parallelo e scaricando in serie 250 condensatori. Per questa tensione sono stati allestiti tubi a raggi catodici, il cui esame ha dato notevolissimi risultati di carattere scientifico. Tensioni d'impulso a 5 milioni di Volt sono disponibili in un laboratorio di Pittsfield.

Prove continue con tensioni fino a 400 kV sono state eseguite con tubi di Röntgen per studiare da vicino il comportamento dei raggi $\gamma$. A questo scopo, venivano messi in serie quattro raddrizzatori a catodo riscaldato, ai quali era affidato il compito di fornire la tensione raddrizzata di prova. Notizie di un raddrizzatore per 400 kV e 0,003 A per scopi radiologici sono state date da una rivista americana (G. E. R.).

d. m.

## IL FENOMENO DELLA SCARICA SUPERFICIALE NEGLI ISOLATORI E LA SUA IMPORTANZA NELLA SCELTA DELL'ISOLAMENTO DELLE LINEE

La tensione alla quale si determina la scarica superficiale negli isolatori, siano essi portanti o del tipo a catena, è influenzata da una quantità di cause diverse che dipendono alcune dalle particolarità costruttive degli isolatori stessi, mentre altre sono invece in relazione colle condizioni ambienti. È perciò difficile formarsi una idea esatta del comportamento che un isolatore potrà avere effettivamente in esercizio e soltanto una documentazione sperimentale molto profonda ed estesa può fornire elementi utili di giudizio.

La conoscenza di questa caratteristica è d'altra parte fondamentale per la determinazione dell'isolamento delle grandi linee di trasmissione. L'importante argomento è stato recentemente trattato sotto diversi punti di vista dall'Istituto degli Ingegneri Elettrotecnici Americani (A.I.E.E.): dalla loro Rivista «Electrical Engineering» del luglio scorso togliamo i riassunti dei tre articoli che seguono.

1) Scarica superficiale degli isolatori: influenza delle dimensioni e dell'umidità (pag. 505). - H. A. Frey. K. A. Hawley.

Allo scopo di stabilire delle norme che permettano di dedurre le caratteristiche elettriche di isolatori di un certo tipo dalle dimensioni di essi, sono state eseguite ricerche sperimentali delle quali gli A. rendono conto. Le esperienze furono tutte eseguite alla frequenza di 60 periodi.

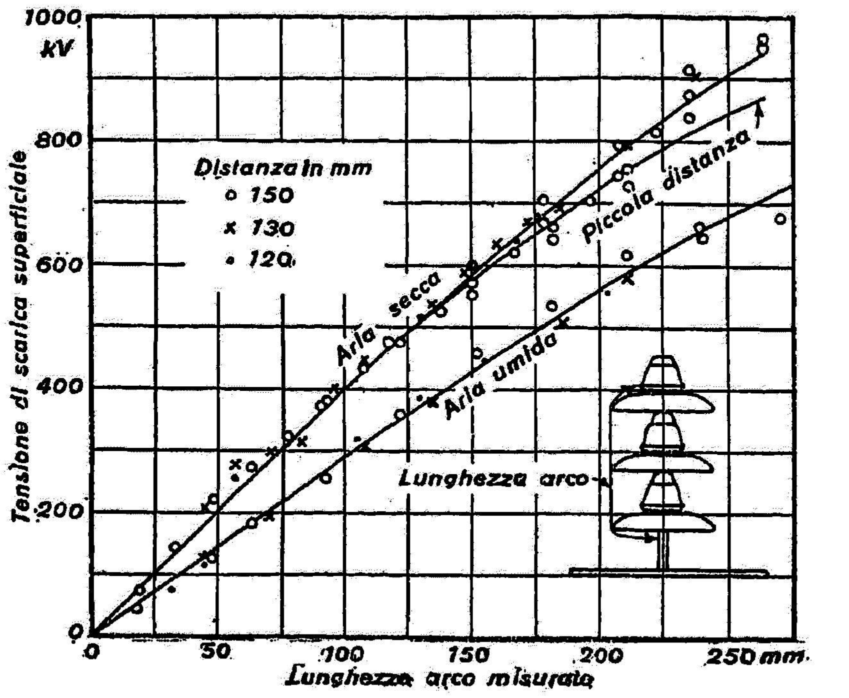



Fig. 1. - Caratteristiche di scarica superficiale per isolatori a sospensione da 10 pollici (250 mm) di tipo normale.

Una prima serie di prove fu eseguita su isolatori a sospensione tipo Hewlett, con diametri variabili da 10 a 12 pollici (25 a 30 cm). Si riconobbe che riportando in un diagramma come ordinate le tensioni di scarica superficiale di tutti gli isolatori provati a secco e come ascisse le distanze effettive di scarica, cioè il più piccolo intervallo d'aria fra gli elettrodi, i punti rappresentativi venivano tutti a disporsi su una medesima curva. Se le prove venivano eseguite con gli isolatori umidi si verificava invece qualche variazione dipendente dalla forma dell'isolatore. La fig. 1 rappresenta due di tali curve sperimentali rilevate rispettivamente a secco ed a umido. La tensione di scarica degli isolatori asciutti è influenzata dalla vicinanza di oggetti messi a terra; ciò è messo in evidenza sul diagramma dal

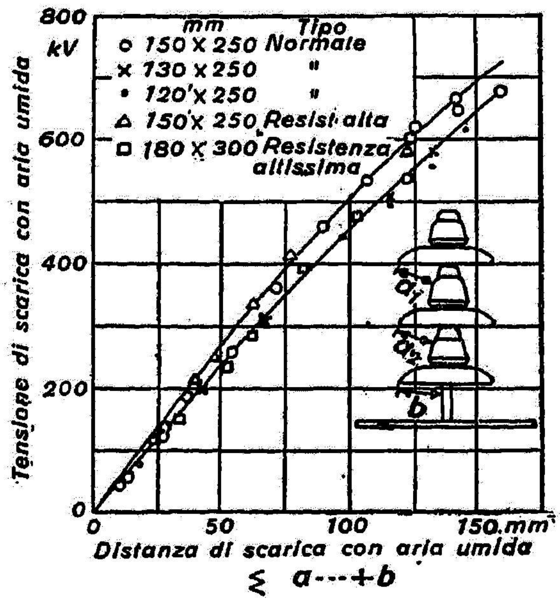



Fig. 2. - Caratteristiche di scarica di isolatori a sospensione cementati, in aria umida.

biforcarsi della curva a secco: il ramo superiore è stato ottenuto in condizioni per le quali non vi erano corpi messi a terra a distanza minore di due volte la lunghezza della catena di isolatori.

Praticamente conviene spesso adottare come ascisse del diagramma la cosidetta «distanza esplosiva ad umido», cioè la somma degli intervalli d'aria sotto le cappe degli isolatori, ritenendo che la superficie superiore umida di esse sia messa in corto circuito dal velo di umidità. Ciò è indicato ad esempio in figura 2.

Nella figura 3 sono indicate le curve delle tensioni di scarica presumibili in funzione del numero degli elementi nella catena.

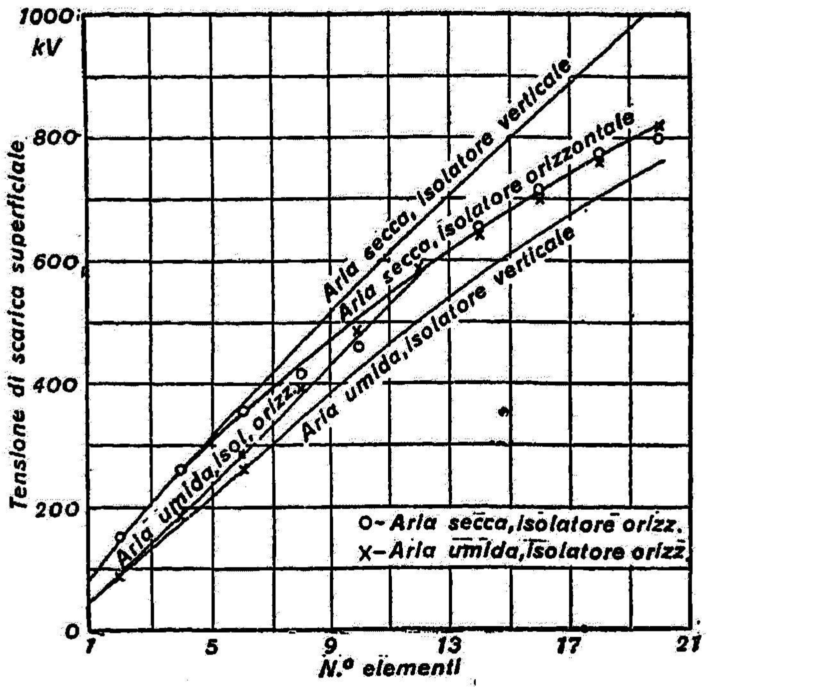



Fig. 3. - Caratteristiche di scarica di catene di isolatori da 10 pollici (250 mm), di tipo normale distanziati di 5" 3/4 (145 mm).

Le catene vennero anche provate in posizione di ancoraggio, cioè con una inclinazione di circa 10° sull'orizzontale. Le tensioni di scarica a secco risultano sensibilmente minori nella posizione orizzontale che in quella verticale. Il contrario avviene per le tensioni di scarica ad umido; per catene lunghe la tensione di scarica ad umido con catene orizzontali può anche essere superiore alla tensione di scarica a secco per catene pure orizzontali.

Gli isolatori portanti a perno danno per i vari tipi tensioni che sono sensibilmente proporzionali alla distanza fra gli elettrodi. Però i risultati delle diverse esperienze riescono più discordanti che con altri tipi di isolatori, in causa della influenza del flusso elettrico intenso che si manifesta in vicinanza ai fili di fissaggio del conduttore e della corrispondente formazione di effluvii in vicinanza della tensione di scarica.

Nella fig. 4 sono rappresentati i risultati delle prove eseguite su passanti in porcellana massiccia (senza riempimento d'olio).

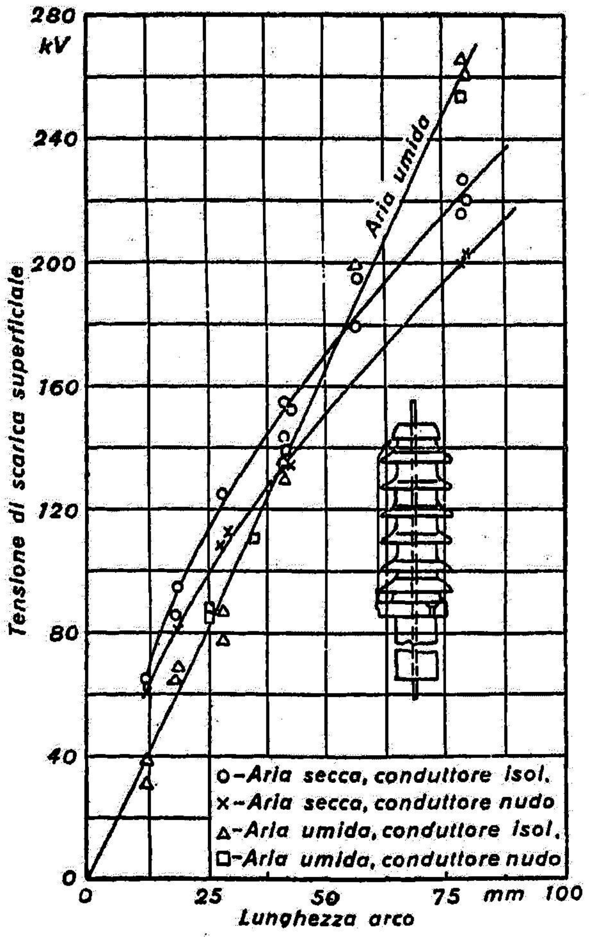



Fig. 4. - Caratteristiche di scarica per passanti di tipo massiccio

Nell'eseguire tali prove è importante che il conduttore sia a posto entro il passante, come in esercizio, perchè altrimenti si ottengono tensioni di scarica molto superiori. Per grandi passanti la tensione di scarica risulta superiore con l'isolatore umido che a secco.

Venne anche studiata l'influenza dell'umidità dell'aria sulla tensione di scarica a secco degli isolatori. Il modo che agli A. appare più opportuno per confrontare nei vari casi l'influenza dell'umidità è quello di stabilire il confronto sulla base della pressione del vapore acqueo espresssa ad esempio in altezza di colonna di mercurio; meno attendibili sembrano essere i confronti basati sulla percentuale di umidità o sulla quantità di acqua per unità di volume d'aria.

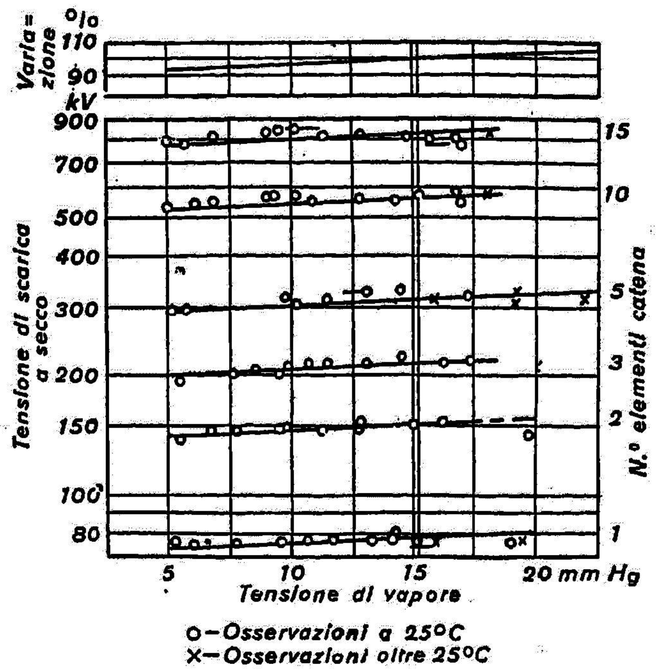



Fig. 5. - Effetti dell'umidità ambiente sulla tensione di scarica in isolatori a sospensione normali.

Gli effetti dell'umidità sulla scarica a secco di isolatori a sospensione sono rappresentati nel diagramma di figura 5, tracciato in carta semi logaritmica, di modo che distanze eguali in ordinate rappresentano eguali variazioni percentuali. Come si vede, le variazioni delle diverse misure sono dell'ordine di $\pm$ 5% rispetto alle curve dei valori medi. Ne segue che anche tenendo conto della correzione per l'umidità ambiente, bisogna sempre attendersi variazioni del 5% in più o in meno sul valore della tensione di scarica degli isolatori a sospensione.

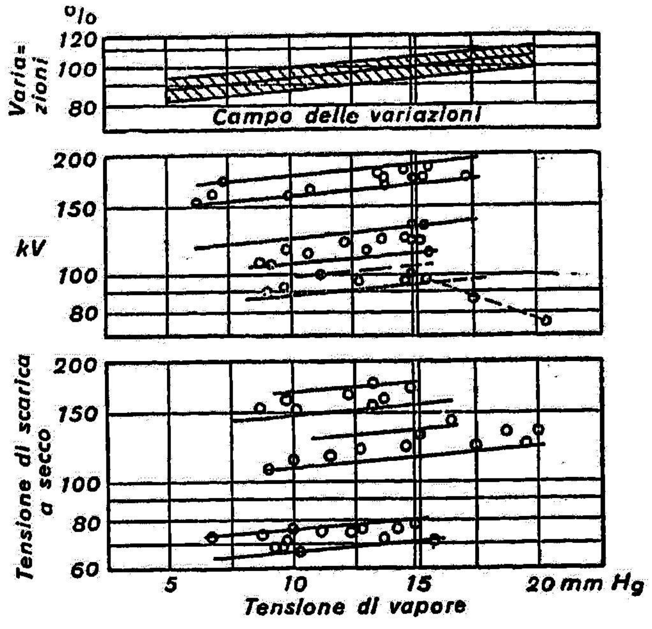



Fig. 6. - Effetto dell'umidità ambiente sulla tensione di scarica in isolatori a perno.

Nella figura 6 sono raccolti gli analoghi risultati per isolatori a perno. Qui le variazioni dalla media sono dell'ordine di $\pm$ 6%; le variazioni della tensione di scarica, passando da una pressione di vapore da 0,2 a 0,6 pollici (da 5 a 15 mm) di mercurio, risulta di circa il 12%.

Per i passanti in porcellana i risultati sono, come ordine di grandezza, analoghi a quelli degli isolatori a sospensione.

Allo scopo di esaminare in quale misura i risultati sopra indicati siano influenzati dalle condizioni superficiali degli isolatori, vennero lasciati alcuni di essi esposti per alcuni mesi sopra le camere a fumo di una batteria di forni da cemento. Alla fine di tale periodo la superficie degli isolatori era coperta da un deposito piuttosto duro composto in gran parte di materie carboniose miste ad una certa quantità di polvere di calce e di polvere ordinaria. Altri isolatori furono rivestiti di una crosta salina, spruzzandoli di una soluzione concentrata e lasciandoli poi asciugare. La tensione di scarica a secco è risultata relativamente poco minore per gli isolatori sporchi che per quelli puliti. Sottoponendo invece gli isolatori rivestiti di crosta salina ad una nebbia artificiale, si è notata una decisa diminuzione nella tensione di scarica in confronto degli isolatori puliti; sensibile, ma tuttavia meno accentuata, è in quelle condizioni la diminuzione che si verifica per gli isolatori sporchi.

Altre esperienze analoghe condotte su isolatori appositamente ridotti in condizioni di spiccata sporcizia superficiale, specialmente per depositi di vapori, hanno pure dimostrato che le variazioni nella tensione di scarica non sono molto sentite, specialmente a secco. In ambiente molto umido si ottengono qualche volta abbassamenti di tensione di scarica dovuti a depositi di umidità.

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati generali delle prove eseguite:

| Tipo dell'isolatore | Tensione di scarica a secco kV per cm di distanza esplosiva | Tensione ad umido kV per cm | Tensione ad umido kV per cm di distanza esplosiva in aria umida | Umidità; correzione per una pressione di vapore di 2,5 mm di mercurio |
|---|---|---|---|---|
| *A sospensione* | | | | |
| tipo normale cement. | 4,2 a 3,6 | 2,8 a 2,7 | | 2% |
| ad alta resistenza cementato ....... | 4,2 a 3,6 | 2,8 a 2,5 | 5,6 a 4,25 | |
| Hewlett dischi piatti | 4,2 a 3,6 | 3 | | |
| Hewlett a coda di pesce ........... | 4,2 a 3,6 | 2,6 | | |
| *A perno* | | | | |
| piccoli d'un sol pezzo | 5,6 | 2,8 | | 3% |
| multipli .......... | 5,6 a 4,5 | 3,55 | incerto | 3% |
| Isolatori per apparecchiatura ....... | 4,4 a 2,9 | 3,2 a 2,3 (incerto) | 5,2 a 4,15 | 2% |
| *Passanti massicci* | | | | |
| con condutt. isolato. | 5,4 a 2,7 | 3,3 | | 2% |
| con conduttore nudo | 5 a 2,4 | 3,3 | | |

2) Fattori che influenzano la scarica superficiale negli isolatori (pag. 510). - W. L. Lloyd.

I fattori più comuni che hanno una diretta influenza sulla tensione di scarica superficiale degli isolatori sono i seguenti: temperatura, pressione barometrica, umidità, fumo, vapore, rugiada, nebbia, pioggia e la sporcizia o l'umidità superficiale. In base agli studî eseguiti già da parecchi anni alla frequenza di 60 per/sec, si può in generale ritenere sufficientemente approssimata l'ipotesi che la tensione di scarica superficiale varii proporzionalmente alla densità dell'aria; l'ipotesi è attendibile anche per onde di tensione a fronte ripido.

La pratica, spesso usata, di riferirsi all'umidità relativa nell'esprimere i risultati di esperienze intorno alla scarica superficiale non è da ritenersi opportuna, perchè le prove vengono spesso eseguite a temperature ambienti alquanto diverse, ciò che rende difficile interpretare correttamente i risultati; infatti per ogni grado di umidità relativa si può ottenere per la tensione di scarica una famiglia di curve, corrispondente ciascuna ad una data temperatura. Sembra perciò più opportuno all'A. riferire i risultati alla misura dell'umidità assoluta, cioè al peso d'acqua per unità di volume d'aria.

Così facendo i risultati ottenuti dai diversi laboratori vengono a risultare praticamente assai concordanti fra loro e l'A. riporta in proposito numerosi diagrammi riassuntivi. In alcuni casi per elevati contenuti di umidità le tensioni di scarica si abbassano. Questo fenomeno è dovuto alla condensazione del vapor d'acqua sulla superfice degli isolatori e non già all'effetto proprio dell'umidità esistente nell'atmosfera dell'intervallo di di scarica. Ciò è anche dimostrato dal fatto che la diminuzione di tensione scompare, se si ripetono successivamente parecchie scariche in modo da eliminare il velo d'acqua superficiale.

Una quantità di prove sono state eseguite con isolatori sporcati artificialmente e sottoposti all'azione di fumo, di vapore, di nebbia e di pioggia; i risultati sono raccolti in alcuni diagrammi. In generale, può dirsi che i depositi superficiali,

se mantenuti asciutti, non hanno influenza sulla tensione di scarica; altrettanto si può dire se gli isolatori sporchi vengono sottoposti ad una pioggia di 5 mm per minuto, a 45° colla verticale; questo curioso risultato è probabilmente dovuto al fatto che interviene un lavaggio degli isolatori. La tensione si abbassa invece in confronto a quella per isolatori puliti, se quelli sporchi vengono inumiditi leggermente, specialmente se in tali condizioni sono immersi in un'atmosfera di vapore e di fumo come esce dai camini delle locomotive.

Alle onde a fronte ripido il comportamento non cambia sensibilmente: la pioggia, la nebbia, l'umidità superficiale sembrano avere poca importanza.

3) Progetto e convenienza delle catene di isolatori a sospensione (pag. 513). – J. J. Torok, C. G. Archibald.

Si è andato recentemente affermando il criterio che le prove sugli isolatori debbono essere basate sul comportamento alle onde a fronte ripido, se si vuol trarne criterio efficace nel giudicare del grado di isolamento realizzabile in una linea costruita con essi. Alcune prove ad impulso eseguite in laboratorio dimostrarono che la tensione di scarica con onde a fronte ripido in una catena di isolatori varia sensibilmente cambiando il diametro e il distanziamento delle singole unità che la compongono. D'altra parte studi di carattere economico hanno dimostrato che un basso costo si ottiene più facilmente con unità di grande diametro disposte vicine fra loro.

Per essere convincente, una verifica delle caratteristiche degli isolatori deve essere effettuata con onde di lunga durata, variando la tensione in modo che la scarica superficiale avvenga con un ritardo che vada da circa 16 microsecondi ad uno o due. Se l'isolatore deve essere usato su linee provviste di conduttori di guardia, il comportamento di esso deve essere giudicato dalla scarica con piccoli ritardi; se invece l'isolatore deve essere impiegato in linee senza filo di guardia, il suo comportamento deve essere giudicato sia dalla scarica con ritardi lunghi, sia con ritardi brevi. Gli A. rendono conto di prove eseguite in laboratorio con onda avente l'andamento di figura 7, che assomiglia

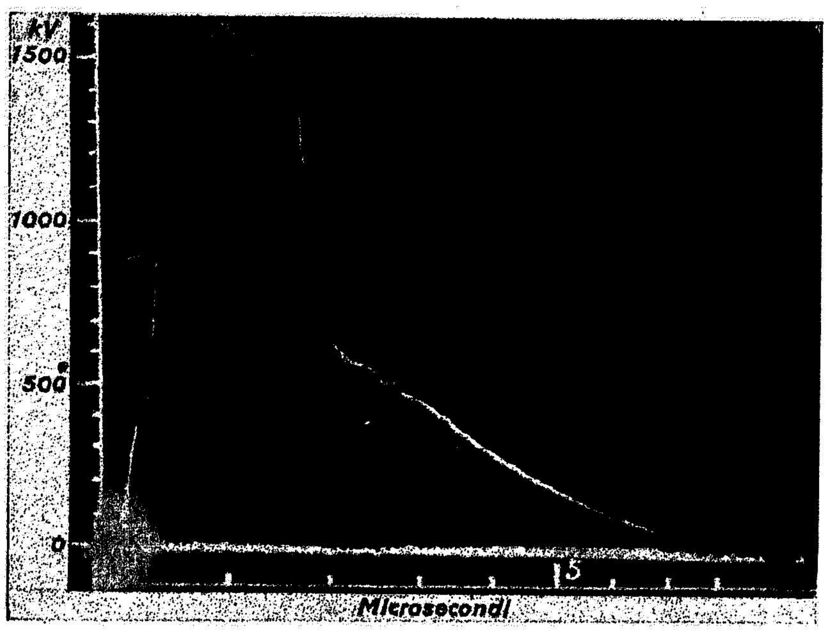



Fig. 7. - Oscillogramma dell'onda di impulso nelle prove.

molto a quello calcolato per una tensione d'impulso su una linea di trasmissione con filo di guardia, e con catene di isolatori di elementi da 10 pollici (250 mm) di diametro, distanziati di 5" 3/4 (145 mm). Si sono riconosciuti ritardi di scarica fra 1 e 2 microsecondi con onde positive da 1 ½ — 40, cioè onde tali che passano dallo zero al massimo in 1 ½ microsecondi e che discendono dal massimo a metà di tale valore in 40 microsecondi. Il dispositivo sperimentale permetteva però di ottenere ritardi di scarica da 1 a 20 microsecondi. Traducendo i risultati in curve tensione-tempo si può riconoscere il comportamento dell'isolatore con qualunque forma d'onda prestabilita.

In una serie di diagrammi vengono riassunti i comportamenti di numerose catene di isolatori, composte di elementi di diverso diametro e diversamente distanziati. Gli isolatori riconosciuti come maggiormente resistenti alle prove con onde di impulso furono poi sottoposti a prove di arco per riconoscere il comportamento di questi elementi di grande diametro nel caso di scariche ad alta intensità di corrente e di archi di potenza. Una catena di 8 elementi da 12 pollici (300 mm) fu sottoposta a più di 100 scariche superficiali con gradienti di tensione di 6000 kV per microsecondo e corrente di circa 5000 A; successivamente fu sottoposta ad archi a 60 periodi, di circa 3000 A per una durata di 2 secondi. Analoghe prove furono eseguite con catene di elementi da 10 pollici (250 mm) che sono i più diffusi in pratica. Il comportamento delle due catene fu ugualmente buono; nessun elemento diede luogo a perforazioni od a rotture.

Nella scelta dell'isolamento di una linea va tenuto conto della massima spesa accettabile per l'isolamento e del massimo grado di isolamento che si può realizzare con tale spesa.

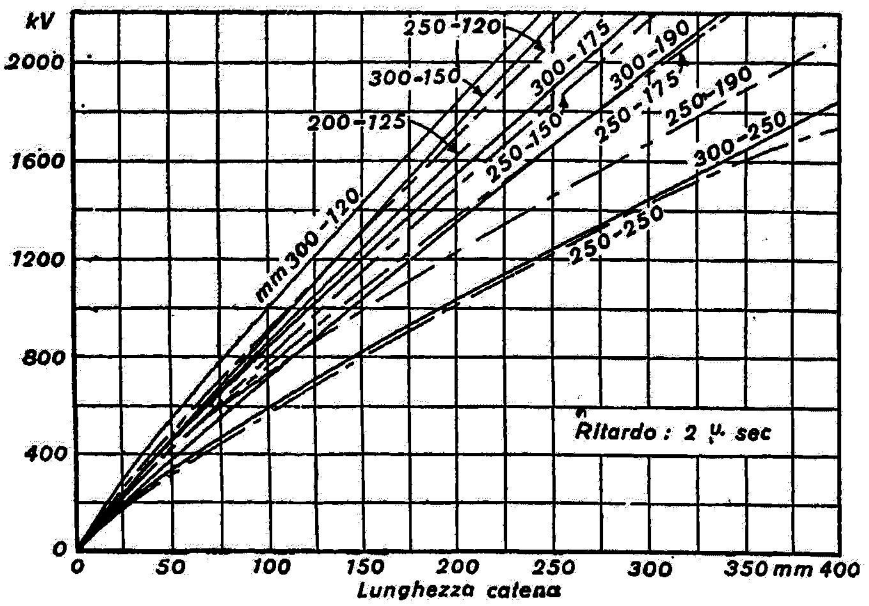



Fig. 8. - Caratteristiche di scarica in funzione della lunghezza delle catene, per isolatori a sospensione.

Una volta stabilita la spesa ammissibile, si può scegliere l'elemento di isolatore di sospensione più conveniente, esaminando le curve di isolamento e di costo, analoghe a quelle tracciate nelle figure 8 e 9. Nella figura 8 sono rappresentate le caratteristiche di scarica superficiale rispetto alla lunghezza della catena per diverse combinazioni di elementi da 10 e da 12 pollici e le tensioni di scarica si riferiscono a ritardi di 2 microsecondi, che sono ritenuti i più rispondenti alle condizioni delle linee con filo di guardia con resistenza di terra inferiore a 10 ohm.

Nelle figure 8 e 9, si è scelto come base di riferimento la lunghezza delle catene, perchè questo è l'elemento più importante per il dimensionamento delle strutture portanti. Per una data tensione di scarica è preferibile la catena più corta, perchè permette di ridurre la lunghezza dei bracci e l'altezza dei pali; con una data lunghezza di catena, usando un isolatore più efficace, si può aumentare la tensione di scarica e diminuire gli incidenti derivanti da fulminazioni.

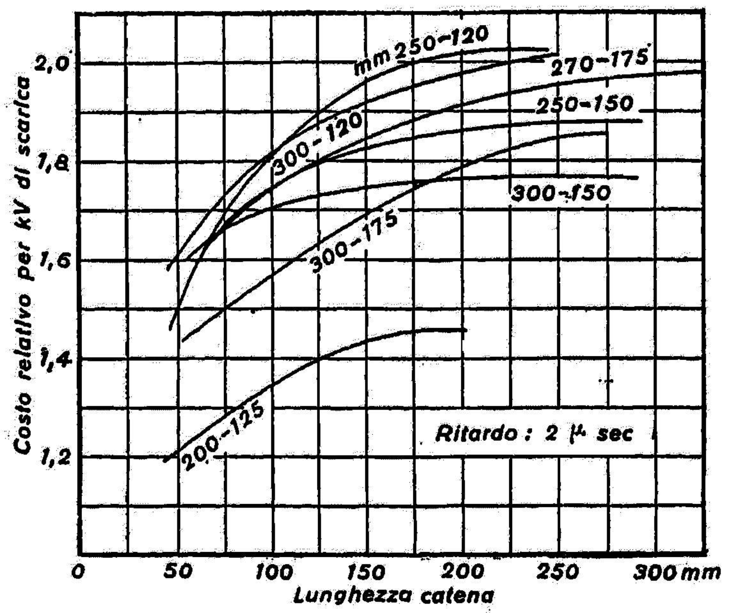



Fig. 9. - Costo relativo delle catene di isolatori a sospensione.

Dalle curve della figura 8, introducendo gli elementi di costo, si sono ricavate le curve della figura 9. Fino a lunghezza di catena di circa metri 1,75, elementi da 12 pollici (300 mm), distanziati di 6" ½ (160 mm) forniscono l'isolamento con la minor spesa per gli isolatori. Questo punto corrisponde all'incirca all'isolamento considerato economicamente conveniente per linee a 138 kV, con pali di ferro e filo di guardia. Oltre la lunghezza di metri 1,75 risultano più convenienti catene con elementi da 12 pollici, distanziati 5" 3/4 (145 mm). Le catene con elementi da 10 pollici (250 mm), distanziati 4" 3/4 o 5" 3/4 (125 o 145 mm), come vengono comunemente usate, riescono sensibil-

mente più costose di quelle con elementi di 12 pollici per lunghezze di catena superiori a 75 cm, lunghezza che corrisponde all'incirca a quella comunemente usata per 69 kV.

Dall'esame delle curve suddette risulta che vi è in generale un largo campo di scelta per la determinazione dell'isolamento conveniente. Bisogna tener presente che per determinare il massimo grado di isolamento per il minimo costo, occorre tenere presenti contemporaneamente le figure 8 e 9. P. es. con una lunghezza di catena di circa metri 1,60, l'impiego di elementi da 12 pollici, distanziati 5" 3/4, fornisce una tensione di scarica di 1500 kV a un costo relativo di 1,76 o ad un costo totale convenzionale di 2640 (cioè 1,76 × 1500). Invece, usando elementi da 10 pollici, distanziati 6" ½, bisogna arrivare a catene da m 2,30 per ottenere la stessa tensione di scarica. Ciò dà luogo ad un costo relativo di 1,93, ossia ad un costo convenzionale totale di 2900 (1,93 × 1500); vale a dire circa il 10 ¼ di più del costo con 32% di aumento nella lunghezza della catene.

Per servizi meno importanti, cioè p. es. per linee a bassa tensione con palificazione in legno, sono state proposte catene con elementi da 9 pollici (225 mm) distanziati 5" (125 mm); come si vede dalla figura 9 questi tipi di elementi risultano economicamente convenienti.

Ri.

## f) METODO DI RICERCA DEI CORTI CIRCUITI A TERRA IN UNA RETE DI DISTRIBUZIONE IN CAVO SOTTERRANEO

*Revue Générale de l'Electricité*, 12 novembre 1932. – A. Bied.

Nei cavi interrati i corti circuiti a terra sono spesso causati da un iniziale difetto nell'armatura esterna del cavo stesso, difetto che permette l'infiltrazione dell'umidità e prepara la via ad una scarica attraverso la massa isolante.

L'origine e la natura di questo genere di guasti è spesso tale da renderne la ricerca estremamente complessa con molti dei sistemi comunemente impiegati a tale scopo.

Un procedimento proposto dall'A. (1) è impiegabile quando il cavo guasto in esame è destinato al trasporto di corrente alternata. Sia ad es. (fig. 1) la fase 2 guasta in un punto inco-

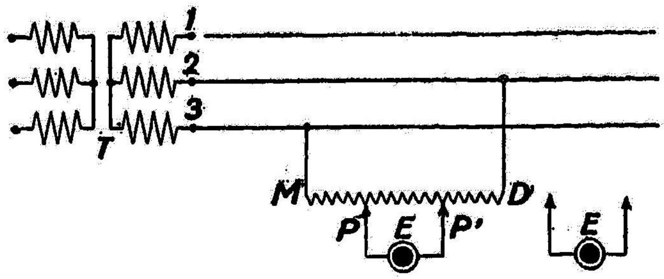



Fig. 1. - Schema del principio per la ricerca dei guasti contro terra di un cavo sotterraneo.

gnito *D*. Per la identificazione di questo punto si alimenta il cavo con la tensione di esercizio se questa è sufficientemente bassa o con tensione ridotta in altri casi e si mette una delle fasi, riscontrate sane, a terra, ad es. in *M*. Per questa ultima operazione sarà bene servirsi delle cassette di smistamento dei cavi dove i conduttori sono più facilmente accessibili.

Allora tra i punti *M* e *D* si chiuderà il circuito attraverso la terra. L'andamento dei vari filetti elementari di corrente attraverso il suolo non è facilmente prevedibile ed è ad ogni modo intimamente legato alla natura del terreno, alla presenza o meno di condotti metallici sotterranei, ecc. Quello che è certo è che i vari filetti elementari di corrente si riavvicinano in prossimità di *M* e di *D* dovendo fare capo a questi ultimi punti dove, in altre parole, si avrà una maggior densità di corrente. (In figura il circuito costisuito dalla terra tra i punti *M* e *D* è rappresentato come una resistenza ohmica).

Se allora si percorre il terreno sovrastante al cavo ascoltando il ronzio indotto in un microfono *E* i cui conduttori siano messi a terra in due punti *P* e *P'* lungo la direzione del cavo stesso finchè ci si troverà nel tratto *MD*, si sentirà un massimo di rumore in vicinanza di *M* e di *D*. Appena una delle prese a terra *P* o *P'* del microfono sarà al di là di *M* o di *D* allora il telefono rimarrà muto.

Qualche volta rimane un piccolo ronzio anche al di là della zona *MD*: questo rumore parassita può essere dovuto a dei ritorni attraverso la terra di altri conduttori paralleli. In tal caso il sistema può risultare incerto e difettoso. Si può tuttavia ovviare all'inconveniente intercalando tra la sorgente di alimentazione ed il cavo in esame un ruttore rotante a frequenza musicale. Anzi con questo sistema è possibile ricercare un guasto anche in un cavo alimentato con corrente continua. Per maggior precisione e facilità di ricerche, anzichè impiegare direttamente il microfono così come si trova, lo si può inserire su uno stadio di amplificazione a bassa frequenza.

Praticamente per la ricerca rapida del guasto si determinano con ordinari strumenti di misura due punti di sezionamento che delimitano il tronco avariato. Poi messo un conduttore del microfono a terra presso il punto di partenza, si può procedere con l'altro lungo il terreno per l'analisi del tronco.

Il sistema ha il grande vantaggio della semplicità e della speditezza.

G. R. M.

(1) Lo stesso sistema era stato studiato anche dal «Service d'Etudes et de Recherches techniques des Postes, Télégraphes e Téléphones». (Annales des Postes, Télégraphes ed Téléphones - febbraio 1931).

## (g LA MISURA DELLA CAPACITÀ DEI CONDENSATORI ELETTROLITICI. FATTORI CHE INFLUISCONO SULLE VARIAZIONI DI CAPACITÀ

*Elektrotechnik und Maschinenbau*, N. 43, 23 ottobre 1932. – R. Bauder, K. Jannsen.

I condensatori elettrolitici, impiegati nella tecnica da oltre un ventennio, hanno assunto un'importanza veramente notevole soltanto negli ultimi anni, grazie agli sviluppi della radiotecnica. La letteratura che riguarda tali apparecchi è tuttora assai povera: sono, quindi, degni di nota i risultati delle ricerche effettuate nel Laboratorio di Misure del Politecnico di Stoccarda, allo scopo di esaminare se e fin dove i normali metodi di misura della capacità sono applicabili anche ai condensatori elettrolitici e di rilevare l'entità delle variazioni di capacità di essi ed i fattori che influenzano il loro comportamento.

Il controllo della capacità venne effettuato coi metodi seguenti:

1°) col *ponte*: semplice con capacità campione; semplice con induttanza campione; di Schering;
2°) col *metodo a compensazione* di Larsen;
3°) con *misure di corrente e di tensione*;
4°) col *metodo balistico*.

Le ricerche coi primi due metodi furono effettuate applicando tensioni alternate semplici e tensioni risultanti dalla sovrapposizione di componenti alternate con altre continue: in ogni caso, il valore massimo della tensione era mantenuto nei limiti ammessi dal condensatore. Col metodo della misura di corrente o tensione, furono impiegate tensioni puramente alternate; col metodo balistico, tensioni continue.

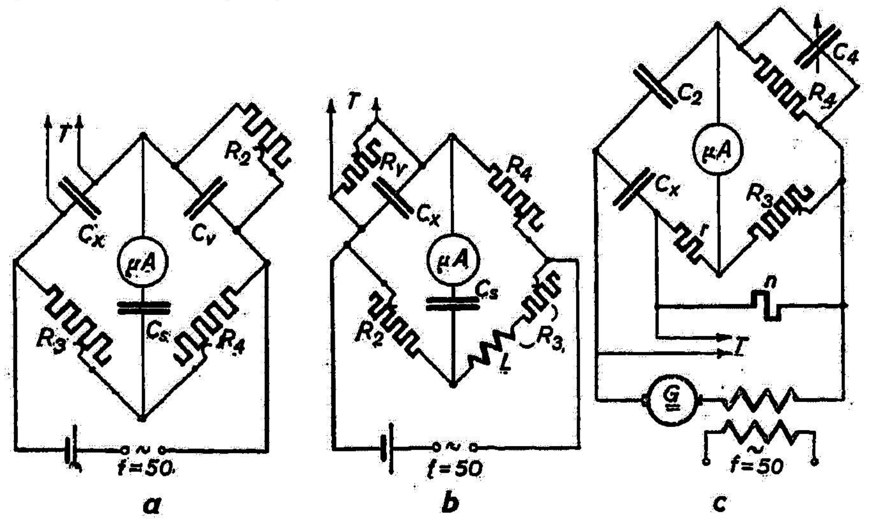



Fig. 1.

*a*) Ponte a c. a. con capacità campione; *b*) Ponte a c. a. con induttanza campione; *c*) Ponte di Schering.

Gli schemi della fig. 1 si riferiscono alle misure col ponte effettuate alimentando due vertici del medesimo con una tensione ottenuta mettendo in serie una sorgente di corrente alternata con una a corrente continua. I simboli rappresentano: $C_x$ capacità da misurare, $C_v$ = capacità campione, $C_2$ = id, $L$ = induttanza campione, $C_4$ = capacità variabile, $C_s$ = condensatore schermo, $R_2$, $R_3$, $R_4$, $R_y$, $r$ = resistenze, $n$ = resistenza derivata, $G$ = generatrice a corrente continua, $\mu A$ = galvanometro a vibrazione, $T$ = dispositivo di controllo della tensione massima.

Il metodo a compensazione di Larsen è stato applicato in base allo schema della fig. 2. I simboli hanno i seguenti significati: $C_x$ = capacità da misurare, $C_s$ = condensatore schermo, $R_1$ = resistenza fissa, $R_2$ = resistenza regolabile, $M$ = mutua induttanza, $P_h.S.$ = compensatore di fase, $f$ = frequenzimetro, $\mu A$ = galvanometro a vibrazione, $T$ = dispositivo di controllo della tensione di cresta. Il procedimento impiegato per la misura risulta ovvio dall'esame dello schema.

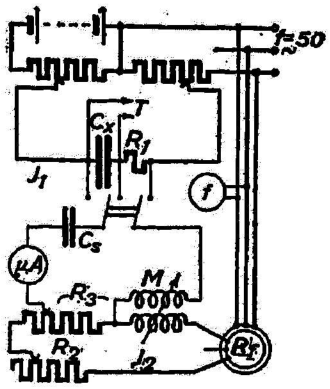


Fig. 2. - Metodo a compensazione.

Le misure della capacità coi due ultimi metodi furono eseguite coi dispositivi soliti, noti nella tecnica dei condensatori.

Le ricerche hanno dimostrato che i tre metodi del ponte sono soddisfacenti; col ponte di Schering, l'errore di misura è del 0,2 % circa: con gli altri due, l'errore è del 0,5 %. Questa approssimazione nelle misure presuppone, peraltro, che le resistenze siano perfettamente prive di induttanza e di capacità.

Col metodo a compensazione si può contare sopra una esattezza di misura del 0,2 %. Data l'elevata sensibilità, questo metodo è raccomandabile particolarmente per il controllo di altri metodi di misura. Misure comparative hanno messo in evidenza una buona concordanza dei risultati ottenuti col metodo a compensazione e col metodo del ponte (approssimazione ca. l'1 %).

Quando non entra in considerazione il rilievo dell'angolo di perdita, la capacità dei condensatori elettrolitici può essere pure determinata con le misure di corrente e di tensione. Il metodo è, tuttavia, grossolano e fornisce risultati che differiscono sensibilmente, in funzione del carico, da quelli ottenuti con gli altri metodi.

I risultati ottenuti col metodo balistico denotano pure una buona concordanza con quelli forniti dal metodo del ponte e da quello a compensazione: gli errori di misura si mantengono, quindi, nei limiti indicati per questi ultimi se per questi la componente alternata della tensione applicata è piccola.

In generale si può concludere che, tenuti presenti gli scopi cui i condensatori elettrolitici sono destinati e l'incostanza della capacità, tutti i metodi di misura indicati si possono ritenere praticamente accettabili. Per misure di precisione sono raccomandabili i metodi del ponte e per indagini grossolane è adatta la misura col rilievo della corrente e della tensione.

L'esame delle variazioni di capacità nei condensatori elettrolitici commerciali ha dimostrato l'importanza che, a questo riguardo, hanno la temperatura, l'ampiezza della tensione alternata e la durata del carico. L'influenza della temperatura fu studiata effettuando misure di capacità sopra condensatori di diversa provenienza, preventivamente riscaldati mediante termostati e sottoposti a tensioni basse, onde impedire riscaldamenti dovuti al carico. Tutti i condensatori provati hanno presentato una tensione variabile nello stesso senso della temperatura. Un condensatore a secco da 1500 $\mu F$ a 15 V presentò una variazione di capacità di circa l'1 % del valore alla temperatura ambiente per ogni °C di variazione di temperatura. La variazione per °C era di 1/3 % per un condensatore a liquido da 8 $\mu F$, 430 V.

La tensione continua non ha nessuna influenza sulla capacità dei condensatori. Quest'ultima cresce o diminuisce, invece, con l'aumentare o col diminuire delle componenti alternate. Il valore massimo della tensione, supposta sempre inferiore alla tensione di formazione, non ha influenza sul valore della capacità, se l'ampiezza della componente alternata rimane costante. La variazione di capacità di un condensatore da 8 $\mu F$, 430 V, sottoposto ad una tensione alternata di ampiezza variabile da ±10 V a ± 170 V, è risultata, per le più basse tensioni, del 5 % per ogni 10 V. Al disopra di ±170 V, i risultati rimasero falsati da riscaldamento. L'angolo di perdita varia pure nello stesso senso dell'ampiezza della tensione alternata; una variazione di tale angolo inversa a quella della capacità si ha in seguito a variazioni di temperatura.

Un condensatore, sottoposto a lungo ad una tensione alternata, subisce un aumento di temperatura: quest'ultima tende ad un valore limite che, come la velocità con cui la temperatura cresce, dipende, oltre che dalla tensione alternata, anche dalla durata di esercizio del condensatore. Per tutte le tensioni, la temperatura cresce tanto più rapidamente, quanto più è stato caricato in precedenza il condensatore stesso. La variazione dell'angolo di perdita in funzione del carico è soggetta ad una legge pressochè analoga a quella della variazione di capacità.

d. m.

## PERMALI, UN NUOVO ISOLANTE

*Revue Générale de l'Electricité*, 5 novembre 1932. - H. Steinmann.

Il permali è un nuovo isolante elettrico derivato dal legno e dalle resine sintetiche, e come tale partecipa dell'una e delle altre sostanze.

Le proprietà del legno, contrariamente a quanto si potrebbe credere, sono assai poco note e per il suo impiego si seguono in genere solo leggi empiriche. Il legno, preso a sè, non può d'altronde pretendere ad un posto cospicuo nelle costruzioni elettrotecniche, anche per la variabilità delle sue caratteristiche. Un miglioramento importante delle qualità del legno si è ottenuto coi diversi trattamenti alla paraffina, all'olio di lino, ai compound ecc.; tutte queste sostanze però penetrano nei canaletti del legno senza unirsi intimamente con questo, e col riscaldamento o la compressione la sostanza impregnante trasuda in parte, facilitando la penetrazione del fluido che circonda il pezzo isolante nel momento in cui cessa la compressione o il riscaldamento. Questo trattamento si può perfezionare invecchiando artificialmente il legno prima dell'impregnazione, ma non tutti gli inconvenienti possono venire in tal modo eliminati.

Le resine sintetiche hanno portato un contributo notevole alla soluzione del problema. Queste resine risultano dalla combinazione di sostanze a funzioni chimiche diverse: aldeidi e fenoli; le combinazioni che si possono ottenere sono numerosissime, ma le più interessanti per il momento sono quelle a base di fenolo-formolo.

Per la fabbricazione del permali, le resine sintetiche vengono utilizzate sotto forma di vernici alcooliche, che ne permettono la facile manutenzione e conservazione. Le resine sintetiche son già da tempo impiegate in unione al legno, riducendo questo in polvere o in segatura finissima e impastandolo con la resina. La sostanza risultante in tal caso è però priva del tessuto fibroso del legno, tessuto che invece rimane intatto nel permali, al quale conferisce particolari caratteristiche. Variando le proporzioni delle sostanze componenti ed il modo di preparazione, anche le proprietà del permali possono esser fatte variare per gradazioni quasi infinitesime ed avvicinandosi maggiormente alle proprietà del legno o a quelle delle resine, secondo il bisogno.

L'aspetto della sostanza varia con la composizione; così il permali si presenta talvolta abbastanza simile ad un legno ordinario leggermente colorato; talvolta come un legno impiallacciato a grana estremamente fina.

Le caratteristiche elettriche e meccaniche della nuova sostanza sono state rilevate con prove numerosissime. La *rigidità dielettrica* risulta dalle curve in fig. 1, che danno per le qualità correnti di permali le tensioni di perforazione in funzione dello spessore dei provini. Il valore medio della costante dielettrica è risultato di 2,7.

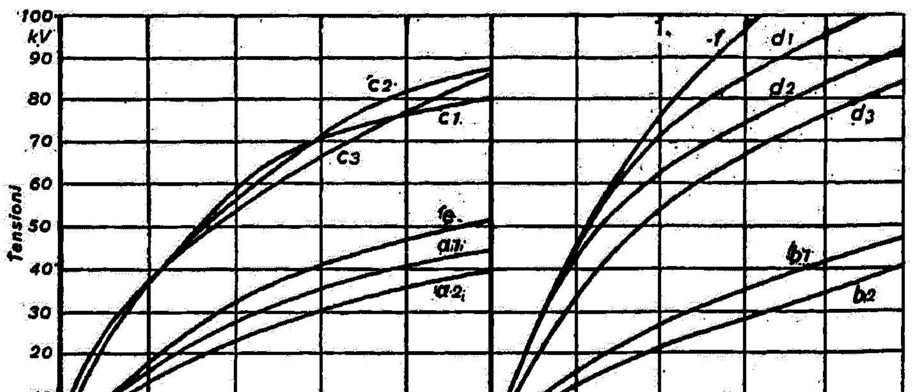



Fig. 1. - Curve della tensione di perforazione di provini di permali in olio, in funzione del loro spessore nel senso delle fibre (curve *a* e *b*), in senso perpendicolare alle fibre (curve *c* e *d*), nel senso dell'impiallacciatura (curva *e*) e in senso perpendicolare a questa (curva *f*). Gli indici numerici si riferiscono a diverse qualità di permali.

Nella tabella I sono poi riportati i valori delle perdite dielettriche nel permali, confrontati con quelli di legni impregnati e misurati a frequenza industriale in un'atmosfera satura di umidità con una tensione applicata di 1000 V per cm. di spessore del campione.

Misure analoghe sono state fatte ad alta frequenza ed è risultato che il permali può essere usato come buon isolante anche nell'apparecchiatura radiotelefonica.

TABELLA I.

*Confronto fra i risultati di misure delle perdite dielettriche nel legno e nel permali; in milliwatt per cm³ ed a frequenza* 50.

| MATERIALE | Dopo 2 giorni | Dopo 4 giorni | Dopo 10 giorni |
|---|---|---|---|
| Legno impregnato d'olio .... | 1,43 | 14,30 | 39,00 |
| Legno paraffinato .......... | 1,50 | 15,40 | 42,00 |
| Permali .................. | 0,10 | 0,10 | 0,10 |

La *resistività superficiale* riscontrata per il permali è stata confrontata con quella di altre sostanze, misurata in identiche condizioni atmosferiche e con gli stessi metodi: i risultati sono raggruppati nella tabella II.

TABELLA II.

*Confronto fra i risultati di misure d'isolamento di diverse sostanze e del permali, in megaohm.*

| NATURA DELL'ISOLANTE | Prove all'aria libera | | | Prove in aria con umidità dell'80% | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Dopo 1 giorno | Dopo 10 giorni | Dopo 30 giorni | Dopo 1 giorno | Dopo 2 giorni | Dopo 4 giorni |
| Legno impregnato d'olio ......... | — | — | — | 140 | 60 | 42 |
| Carta ........... | 250 | 600 | 280 | 186 | 171 | 144 |
| Caucciù ......... | 2 000 | 8 300 | 4 500 | 800 | 560 | 480 |
| Permali ......... | 18 000 | 26 000 | 16 000 | 1 325 | 1 425 | 1 445 |

L'isolamento superficiale del permali è praticamente costante e si mantiene a un valore considerevole anche in un ambiente umido.

Nei riguardi delle caratteristiche meccaniche, bisogna ricordare che certi permali non compressi conservano la struttura del legno, e che la resistenza meccanica di questo varia secondo molti fattori; i campioni per le prove meccaniche di questi permali furono dunque scelti perfettamente simili per quanto riguarda la direzione delle fibre ecc.

Dalle prove è risultato che l'impregnazione del legno con resine sintetiche raddoppia all'incirca la *resistenza alla flessione* del legno; le prove di *resistenza alla compressione* che sono state fatte con sforzo sia diretto parallelamente alle fibre, sia in direzione dei raggi midollari e sia tangenzialmente ai cerchi di accrescimento annuo, hanno poi dimostrato che i permali in queste condizioni hanno resistenze da 5 a 15 volte superiori a quelle dei legni naturali corrispondenti.

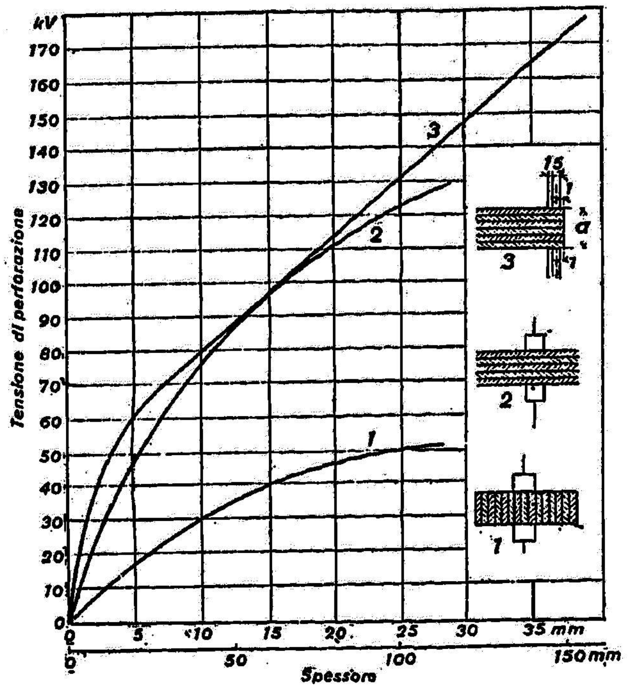



Fig. 2. - Curve della tensione di perforazione di provini di permali in funzione del loro spessore. I numeri segnati sulle curve si riferiscono al senso delle fibre nei provini (ved. schizzi a fianco).

Le prove di durezza, ossia di resistenza alla penetrazione di un corpo estraneo, sono state fatte col metodo Janka, che si adopera pure per il legno e che consiste nell'affondare entro il materiale in prova, per una profondità uguale al suo raggio (5,642 mm), una sferetta di acciaio di 1 cm² di sezione diametrale; lo sforzo necessario, espresso in kg., indica la durezza. È risultato che i permali hanno una durezza da 2,5 a 6 volte quella del legno naturale che entra nella loro composizione.

Nel legno « permalizzato » il *coefficente di resilienza* rimane inalterato od anche aumenta leggermente.

Come il legno, il permali non si presta invece a sopportare sforzi di *trazione*.

Sul carico di rottura del materiale influisce notevolmente il tipo del dispositivo d'attacco agli altri pezzi. L'attacco a ganasce è sconsigliabile; invece si possono adoperare attacchi a chiavetta o con filettatura; col primo tipo lo sforzo di trazione vien sopportato completamente dalla chiavetta, che esercita sulle pareti del foro degli sforzi di compressione e di taglio; il secondo tipo si presta specialmente al caso del permali, ottenendosi una filettatura rigorosamente esatta come nel caso dei pezzi metallici. Si adopera anche un attacco conico come quello indicato in fig. 3, nel qual caso ci si avvicina alle condizioni volute perchè lo sforzo di trazione sia sopportato dagli organi di collegamento.

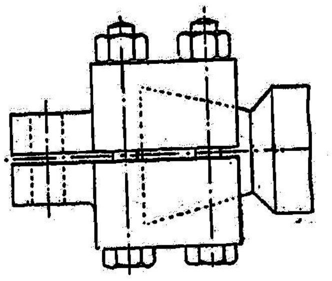


Fig. 3. - Disegno schematico dell'attacco conico.

Il permali può essere adoperato con vantaggio come isolante nella costruzione degli interruttori, trasformatori e macchine rotanti, e può trovare impiego anche negli impianti di *produzione* e *distribuzione* di energia elettrica.

m. c.

# Libri ricevuti

C.N.S.F.P.A. - SINDACATO NAZIONALE FASCISTA TECNICI AGRICOLI: *Atti del 1° Congresso Nazionale di Meccanica Agraria.* Roma 12-14 maggio 1932/X.

***

CONSORZIO DI BONIFICA E TRASFORMAZIONE FONDIARIA DEL TAVOLIERE CENTRALE - FOGGIA. - *Piano di massima Bonifica e trasformazione fondiaria del comprensorio.* Progetto esecutivo del centro rurale di Incoronata in Agro di Foggia.

***

RAG. GIOVANNI MOLLICA. - *Il giornale mastro a scalare od a saldi.* – Registrazioni al giornale mastro detto all'americana in forma scalare che ne permettono il miglior uso ed una più vasta applicazione. - Milano, Tipografia Galetti, 1932/X.

***

SOCIÉTÉ FRANCAISE DES ELECTRICIENS. - *A propos du centenaire des découvertes de Michel Faraday* 1831-1931. – Parigi, novembre 1932.

***

LIDUVINO JACOBITTI. - *La costruzione del benessere economico.* Studi e proposte. – Edizioni Contemporanea. 1932.

***

REMO CATANI: *Il secolo delle leghe leggere e della elettricità.* Estratto dalla *Rassegna Nazionale.* Marzo 1932).

***

ING. GOMBERTO VEROI: *L'abbicci dell'elettrotecnica.* (Soc. An. Editr. Dante Alighieri - Albrighi, Segati & C. 1931-XI).

Il volume dell'Ing. Veroi, da noi già recensito in una precedente edizione, è giunto con questa alla sua nona edizione.

# Notiziario

a) **SCUOLA SPECIALE DI PERFEZIONAMENTO PER L'INGEGNERIA IDRAULICO-AGRARIA**

**(Fondazione Gianfranco ed Eugenio Tosi)**

Il termine per le iscrizioni alla Scuola speciale sopra citata (del cui programma si è già dato notizia nel fascicolo precedente de *L'Energia Elettrica*) è stato prorogato al 31 Gennaio 1933.

b) **BORSE DI STUDIO PER LA SPECIALIZZAZIONE IN BONIFICA NEL R. ISTITUTO SUPERIORE AGRARIO DI PISA**

Allo scopo di preparare agronomi specializzati in materia di bonifica integrale è istituito presso il R° Istituto Superiore Agrario di Pisa e con il patrocinio dell'Associazione Nazionale Consorzi di Bonifica, un Corso di specializzazione al quale possono accedere, previo esame di ammissione, i laureati in scienze agrarie.

Il corso, che già funziona da due anni, ha prevalente indirizzo di applicazione a casi reali e termina con una serie di gite d'istruzione nelle più importanti zone di bonifica del nostro paese.

Sono istituite cinque borse di studio di L. 2000 ciascuna, che verranno assegnate ai primi cinque classificati nell'esame di ammissione.

Il corso avrà inizio nel prossimo gennaio; per chiarimenti rivolgersi alla Segreteria dell'Istituto.

c) **UN NUOVO TIPO DI REGOLO CALCOLATORE**

L'*Electrical Engineering* del giugno 1932 riferisce che il sig. L. B. Sklar di Filadelfia ha costruito un regolo calcolatore «esponenziale», grazie al quale la soluzione dei problemi riguardanti i logaritmi e gli antilogaritmi dei numeri risulta molto facilitata.

Le differenze sostanziali rispetto al comune regolo logaritmico consistono in due fatti: 1) i logaritmi dati sono quelli naturali; 2) con una lettura sola si determinano direttamente tanto la caratteristica che la mantissa del logaritmo.

Sono dati i logaritmi dei numeri da 0.00001 a 100 000 e i rispettivi antilogaritmi. Siccome l'aggiunta della caratteristica ridurrebbe la precisione del regolo, la scala dei logaritmi è suddivisa in cinque sezioni lunghe 25 cm. l'una, ottenendosi per tal modo una precisione pari a quella del regolo ordinario.

d) **IL NEUTRO UNICO IN CALIFORNIA**

Secondo un'informazione dell'*Electrical West* la California Railroad Commission ha approvato l'uso ovunque possibile di un filo neutro comune per più linee aeree di distribuzione alla tensione di 5000 V o meno. Questa decisione è stata presa dopo due anni e mezzo di studî e di prove sperimentali, sotto la direzione della Commissione stessa e con la cooperazione di varie Società ed Enti interessati.

Il problema è stato esaminato sopratutto dal punto di vista delle eventuali interferenze sulle linee telefoniche e, ciò che è ancor più importante, per quanto riguarda la sicurezza delle persone. È risultato che, quando vengano osservate le norme stabilite dalla Commissione, l'uso di un filo neutro comune può essere considerato almeno altrettanto sicuro quanto la costruzione con neutro separato.

e) **IL FUNZIONAMENTO DELLE CALDAIE ELETTRICHE A RESISTENZA D'ACQUA**

Nelle industrie razionalmente organizzate, l'energia elettrica producibile nelle ore di minore richiesta, può essere destinata a svariati usi, fra cui, non ultimo, quello dell'alimentazione di caldaie elettriche a resistenza d'acqua. Le *Génie Civil* del 3 Settembre 1932 appunto accenna al modo di funzionare di questi apparecchi.

In essi, uno degli elettrodi è generalmente costituito dal recipiente stesso della caldaia, mentre l'altro, disposto nell'interno, col suo spostamento consente la regolazione nella produzione del vapore; questa regolazione d'altronde può ottenersi anche diversamente a seconda dei tipi di caldaie, e il metodo più usato consiste nel variare la posizione del livello dell'acqua, cioè nel modificare la resistenza. È noto infatti che l'acqua pura non è conduttrice, e che lo diventa non appena si trovano in essa sali, acidi o basi, sia pure in piccola quantità. Nel caso in esame vengono adoperate soluzioni saline, le quali aumentano di densità, man mano che l'acqua evapora; per evitare di raggiungere il valore critico in cui la vaporizzazione si produrrebbe istantaneamente, conviene estrarre, per decantazione, una parte dei sali e aggiungere acqua pura. Agli stessi accorgimenti si ricorre quando si ha aumento di pressione, e sembra che il valore più conveniente sia quello di 15 atm; quando viene richiesto vapore a pressione inferiore, questo si lascia espandere, col controllo di manometri, e si procede contemporaneamente ad iniezioni di acqua per modificare il grado di surriscaldamento.

È fatto poi richiamo ad una tabella riportante i risultati ottenuti da una caldaia di una potenza installata di 750 kW, dove, separando nettamente i valori delle varie grandezze in gioco, come: energia consumata nel riscaldamento, energia richiesta dalla pompa di alimentazione, calore portato via dall'acqua, calore perduto negli spurghi della caldaia, si giunge ad un rendimento per il calore utilizzato nella produzione del vapore, di 94,25 %, che può considerarsi altissimo.

Ru.

# Necrologio

A Milano, il 23 dicembre si è spento dopo breve malattia l'Ing. Francesco Manfredi. Nato a Biella nel 1883, compì i suoi studi al Politecnico di Torino dove si laureò nel 1906. Nel 1907 entrò come ingegnere presso l'allora Società Idroelettrica Italiana e quando essa si fuse colla Società Lombarda, Egli rimase alle dipendenze di questa, di cui fu Vice Direttore Generale per cinque anni.

Nel 1925 assunse la carica di Direttore Generale dell'Azienda Elettrica Municipale di Milano che conservò sino al 1929. Come tale fu membro del Consiglio Direttivo della Federazione Fascista Aziende Municipalizzate e Presidente del Comitato Tecnologico di questa. Era pure membro del Comitato Elettrotecnico Italiano e per un triennio fu Presidente della Sezione di Milano dell'Associazione Elettrotecnica Italiana.

In questi ultimi anni ricopriva la carica di Sindaco della Società Generale Elettrica dell'Adamello e della Soc. Imprese Idrauliche ed Elettriche del Tirso.

In tutte queste cariche seppe farsi apprezzare per la Sua grande attività e per la vasta cultura. Tecnico valente e uomo retto, giovane di spirito e di energie. Di carattere gioviale e di animo buono, lascia un largo compianto tra quanti lo conobbero.

A Valguarnera, il 30 novembre, il Cavaliere del Lavoro Raffaele Serra, Presidente della Soc. An. Valguarnerese Industrie Elettriche.

A Milano, il 27 novembre, l'Ing. Carlo Cohen del Tecnomasio Italiano Brown Boveri.

A Roma, il 14 dicembre, l'on. Dario Lupi, Consigliere di Stato, fratello del Dott. Donatello della Società Edison.

SEN. PROF. O. M. CORBINO, *Direttore*

ARTI GRAFICHE E. CALAMANDREI & C. – MILANO
Fotoincisioni della «ZINCOGRAFICA» - MILANO

ING. ETTORE CESÀRI, *Redattore-Capo responsabile*

Finito di stampare e pubblicato il 14-I-1933-XI.

# Indice dell'anno 1932 - Volume IX

## ndice per Autori


A

| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| AGOSTINELLI ING. DR. CATALDO. - Sulla distribuzione del campo elettrico negli archi dei forni a corrente alternata per la fusione dell'acciaio | II | 145 |
| ARTINI ING. MARIA. - Gli effetti delle sovratensioni sul materiale e sugli impianti elettrici e le tendenze attuali nella scelta delle misure di protezione (Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique » Parigi, luglio 1932) | VIII | 703 |

B

| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| BELLASCHI ING P. L. - Trasformatori a mantello antirisonanti | IV | 335 |
| BELLONI ING. EMILIO. - Un miglior impiego dell'energia nelle tramvie urbane e nelle metropolitane - Fermate, velocità e costo d'esercizio | XII | 1121 |
| BIANCHI ING. B. - Osservazioni sul funzionamento di una cucina elettrica per albergo | VI | 556 |
| BONO DOTT. ING. UMBERTO. - Problemi costruttivi inerenti alle tubazioni forzate e opere accessorie (Risultati d'esperienza, norme per il progetto la costruzione e il collaudo) | X | 854 |
| | XI | 946 |
| Appendice I$^a$ (Discussione) | XII | 1093 |
| Appendice II$^a$ (Variazione dei diametri nelle tubazioni forzate - Nota dell'ing. Remo Catani) | XII | 1098 |
| BORINI ING. FRANCO. - Sull'impiego dell'aria compressa nell'esecuzione degli impianti idroelettrici | II | 113 |

C

| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| CAMINITI ING. CARMELO - PALESTRINO ING. CARLO. - Correnti squilibrate di c. c. | V | 420 |
| CAMINITI ING. CARMELO. - Correnti di capacità nelle linee trifasi (Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique ») Parigi, luglio 1932 | VIII | 710 |
| CAMINITI ING. CARMELO. - Correnti di corto circuito tra due fasi e tra una fase e il neutro. Comportamento della terra come conduttore di ritorno. (Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique ». Parigi, luglio 1932) | VIII | 715 |
| CAMPINI DOTT. ING. EUGENIO. - La statica dei ponti-canali in pressione | II | 113 |
| CAMPINI DOTT. ING. EUGENIO. - Gli sforzi indotti delle impedite dilatazioni termiche nei confronti con gli sforzi idrostatici, nelle dighe a volta unica | III | 218 |
| CATANI ING. REMO. - Variazioni dei diametri nelle tubazioni forzate (Appendice II$^a$ alla relazione Bono Dott. Ing. Umberto) | XII | 1098 |
| CESARI ING. ETTORE. - L'industria elettrica all'estero (America Latina) | III | 247 |
| CESARI ING. ETTORE. - L'industria elettrica all'estero (Stati Uniti d'America) | VII | 597 |
| CESARI ING. ETTORE. - La produzione ed il consumo dell'energia in Italia nell'annata 1931 | VIII | 667 |
| CIVITA ING. ANTONIO. - Gli apparecchi radioriceventi e le Società Elettriche. (Rapporto presentato al IV Congresso della « Union International des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique ». Parigi, luglio 1932 | IX | 768 |
| CORBINO O. M. - La nuova meccanica | V | 389 |
| CORBINO O. M. - L'incremento degli impianti elettrici nel decennio 1922-1932 | X | 852 |
| CORNIANI ING. A. - Il doppio portale con piedritti incastrati alle due estremità | VI | 554 |

D

| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| DE FRANCESCO AVV. UGO. - Sull'esercizio intermittente degli impianti idraulici e la tutela del demanio fluviale nelle sue utilizzazioni agricole ed industriali | V | 395 |
| DE RICCABONA ING. CARLO. - La galleria in pressione dell'impianto di Mezzocorona sul torrente Noce | IV | 324 |
| DE TOMASI ING. GIULIO. - Sulla teoria delle ruote assiali ad alta velocità specifica | I | 14 |
| DRIGO ANGELO. - La tecnica dei campi magnetici intensi e la magnetoresistenza dei metalli | II | 138 |
| DRIOLI ING. CARLO. - Indagini sperimentali sui sifoni autolivellatori | VI | 485 |

F

| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| FALETTI ING. NOVERINO. - La protezione selettiva di una rete a maglie con relais a impedenza (Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique » Parigi, luglio 1932) | VII | 621 |
| FANTOLI ING. PROF. GAUDENZIO. - L'esercizio intermittente degli impianti idraulici e la tutela del demanio fluviale nelle sue utilizzazioni agricole e industriali | IV | 300 |
| FREDIANI ING. ULISSE. - Le caratteristiche delle macchine elettriche funzionanti su lunghe linee di trasmissione dal punto di vista del costruttore e dell'esercente. (Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique ». Parigi, luglio 1932) | IX | 775 |
| FERRO ING. GUIDO. - Minimo scavo e minimo costo della sezione dei canali | VII | 594 |

G

| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| GANASSINI ING. PROF. GAETANO. - I serbatoi diurni delle derivazioni idroelettriche ed il regime dei corsi d'acqua | IV | 307 |
| GAVAZZI ING. GIUSEPPE. - Considerazioni sul perturbamento dei regimi fluviali determinato dalle intermittenze degli esercizi elettrici | VI | 477 |
| GIACOMUZZI ING. L. - Note su un impianto di distribuzione in corso di esecuzione in Inghilterra | XI | 1023 |
| GILARDONI AVV. ANNIBALE. - Il Consiglio di Stato e l'industria elettrica | II | 158 |
| GILARDONI AVV. ANNIBALE. - Le industrie elettriche e la nuova legge di pubblica sicurezza | IX | 821 |
| GILARDONI AVV. ANNIBALE. - Amnistia e indulto per il decennale e industrie elettriche. | X | 916 |

H

| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| HOFFMAN ING. O. - L'effetto della permeazione sulla stabilità dei muri di calcestruzzo ........ | I | 75 |

K

| | | |
|---|---|---|
| KEINATH DOTT. ING. GIORGIO. - I più recenti dispositivi per la misura delle altissime tensioni alternate .................. | I | 20 |

L

| | | |
|---|---|---|
| LANZINGHER ING. LUIGI. - La linea Novara-Vercelli a 50 kV della « Ovesticino » ......... | VIII | 739 |
| LELLI ING. MARCELLO. - Sezione di minimo scavo per canali coperti con assegnato franco .. | IV | 309 |
| LELLI ING. MARCELLO. - Determinazione delle pioggie critiche nel calcolo dei canali di bonifica | V | 417 |
| LEVI CASES ING. G. - Piano generale di organizzazione del servizio di statistica industriale per un'azienda elettrica e contributo alla teoria del « budgetary control » ............. | I | 30 |
| LODOLO ING. ALESSANDRO. - Prove sistematiche sugli isolatori durante l'esercizio........... | III | 243 |

M

| | | |
|---|---|---|
| MAGGI ING. LEONARDO. - Stato attuale del problema degli interruttori. (Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs e Distributeurs d'Energie Electrique ». Parigi, luglio 1932) ................ | IX | 768 |
| MANFREDINI DOTT. ING. LUIGI. - Note sul canale dell'impianto idroelettrico di Mori sull'Adige | X | 882 |
| MARCELLO ING. CLAUDIO. - Di una applicazione del calcolo delle probabilità allo studio del funzionamento di un impianto idroelettrico con serbatoio.... | III | 209 |
| MARCHETTI ING. MARIO. - I valori massimi del colpo d'ariete nelle condotte forzate ...... | V | 397 |
| MARZARI ING. TITA. - Conviene elettrificare l'agricoltura? .... | XI | 1003 |
| MARZOLO PROF. ING. FRANCESCO. Una osservazione elementare nel calcolo dei canali........ | I | 12 |
| MEDICI ING. PROF. DOTT. MARIO. - Nota sul dimensionamento dei dischi giranti delle turbine a vapore in relazione alle oscillazioni flessionali ............ | VII | 609 |
| MONTANARI ING. CORRADO. - Elettrificazione delle linee Vezzano-Fornovo e S. Stefano Sarzana | VI | 536 |
| MORTARA ING. MARIO. - Gli impianti idroelettrici della Sila . | VII<br>IX | 573<br>962 |
| MOTTA ING. ANTONIO. - Notizie sulle misure ipsometriche ... | VI | 523 |
| MOTTA ING. ANTONIO. - Problemi costruttivi inerenti ai canali e alle condotte elastiche in roccia | XII | 1043 |
| Appendice I^a (Discussione)... | XII | 1056 |
| Appendice II^a (Cenno sui dispositivi di drenaggio adottati nel canale deviatore di Galleto presso l'imbocco della Galleria S. Angelo) ................ | XII | 1059 |
| MOTTA ON. ING. PROF. GIACINTO. - Prezzo dell'energia e dividendi delle società elettriche. (Lettera aperta all'On. Mario Muzzarini) .................. | III | 205 |
| MOTTA ON. ING. PROF. GIACINTO. - A proposito di elettroagricoltura. (Lettera aperta all'Ing. Aldo Ramadoro) ........... | VI | 538 |
| MOTTA ON. PROF. ING. GIACINTO. - La riduzione delle ore di lavoro | IX | 792 |
| MOTTA ON. PROF. ING. GIACINTO. - L'industria elettrica nel decennio 1922-1932 ............. | X | 851 |
| MUNGIOLI ING. W. - Influenza dell'interconnessione delle reti sull'ordinata massima del diagramma di carico complessivo | I | 1 |

N

| | | |
|---|---|---|
| NEGROTTI ING. DIOFEBO. - Considerazioni sul regime dei corsi d'acqua nei tronchi a valle delle derivazioni idroelettriche in rapporto alle utilizzazioni agricole ...................... | VI | 482 |

P

| | | |
|---|---|---|
| PAGLIARO ING. DOTT. FERDINANDO. - Sulle sottopressioni nelle dighe ............... | V | 408 |
| PALESTRINO ING. CARLO - CAMINITI ING. CARMELO. - Correnti squilibrate di c. c. .......... | V | 420 |
| PALESTRINO ING. CARLO. - Le perdite per effetto corona sulle linee ad altissima tensione ... | VIII | 690 |
| PASSERINI ING. LUIGI. - Le corrosioni nei refrigeranti dei trasformatori ............... | X | 804 |
| PASSERINI ING. LUIGI - La riutilizzazione degli olii dielettrici di scarto ................ | XII | 1099 |

PATRUCCO AVV. ALESSANDRO. - Diritto e Giurisprudenza I–II–II–II–III–III–III–IV–IV–IV–V–V–V–V–VI– VI VII–VIII–IX–IX–IX–X–XI–XII – 68–169–170–172–278–279–280–353–354–356 – 444–446–450–452–548–549–641–730–823 – 824–826–916–1013–0000

| | | |
|---|---|---|
| PEDRETTI ING. DOTT. SILVIO. - La costruzione della diga del Piano del Barbellino ............. | IV | 312 |
| PITTALUGA ING. UMBERTO. - Un esperimento di 25 cucine elettriche installate in una casa di Torino .................... | I | 61 |
| PITTALUGA ING. UMBERTO. - Come abbiamo condotto le nostre « campagne » a favore della diffusione dei riscaldatori d'acqua e delle cucine elettriche ..... | XII | 1107 |

R

| | | |
|---|---|---|
| RASETTI F. - La fisica del nucleo negli ultimi due anni ....... | XI | 934 |
| REBORA ING. GINO. - Note sull'articolo « L'impianto idroelettrico dell'Isarco » ............ | III | 273 |
| ROMAGNOLI MOSCA ING. GIUSEPPE. - Identificazione a distanza dei guasti su linee elettriche aeree ............... | III | 255 |
| RUBERTI ING. S. - La Centrale automatica di Fioritella ..... | X | 889 |

S

| | | |
|---|---|---|
| SANTUARI ING. EMILIO. - Della trasmissione a distanza mediante corrente continua ad alta tensione. (Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique » Parigi, luglio 1932) ................ | VII | 616 |
| SCHWENKHOGEN DOTT. ING. - Un nuovo relais di protezione per generatori .................. | VIII | 736 |
| SERPIERI ON. PROF. ARRIGO. - L'agricoltura e l'energia elettrica ....................... | II | 153 |
| SERPIERI ON. PROF. ARRIGO. - Elettricità e rurali ........... | IX | 791 |
| STEINER ING. ANGELO. - Gli impianti idroelettrici della Sila - Parte III ................. | XII | 1061 |

T

| | | |
|---|---|---|
| TACCANI ING. ALBERTO. - Gli impianti idroelettrici ed il gelo . | IX | 757 |
| Appendice I^a (Discussione) ... | IX | 764 |
| Appendice II^a (Discussione).. | IX | 765 |
| TESTA ING. ANGELO. - Sul problema tecnico economico delle utilizzazioni idroelettriche in Italia ...................... | VI | 507 |
| TURRINELLI DOTT. ING. DINO. - Problemi di trazione elettrica su strade ordinarie, - Per la difesa delle strade e per demolire qualche pregiudizio.... | VI | 532 |

# Indice per Materie

1. Atti Ufficiali dell'UNFIEL. — 2. Apparecchi di comando, regolazione e protezione. — 3. Applicazioni agricole dell'elettricità. — 4. Applicazioni varie dell'elettricità. — 5. Canali, condotte, gallerie. — 6. Congressi, esposizioni, concorsi. — 7. Dighe, sbarramenti, serbatoi. — 8. Economia e Finanze. — 9. Elettrotecnica in generale. — 10. Elettrochimica, elettrotermica, elettrometallurgia. — 11. Esercizio. — 12. Fatti e testimonianze. — 13. Idrologia e idraulica. — 14. Impianti idroelettrici. — 15. Impianti termoelettrici. — 16. Insegnamento, scuole e laboratori. — 17. Legislazione e giurisprudenza. — 18. Materiali e costruzioni. — 19. Macchine elettriche (alternatori, dinamo e motori). — 20. Misure, prove, apparecchi e metodi. — 21. Motori primi, termici e idraulici. — 22. Necrologio. — 23 Norme e regolamenti. — 24. Pubblicazioni. — 25. Scienze fisiche e naturali. — 26. Statistica industriale. — 27. Tariffìcazione dell'energia, vendita e contributi. — 28. Trasformatori, convertitori e raddrizzatori. — 29. Trasporto e distribuzione dell'energia. — 30. Trazione e propulsione navale. — 31. Varie.

## 1) - ATTI UFFICIALI

Fasc. Pag.

*UNFIEL*

Atti ufficiali dell'Unione Nazionale Fascista Industrie Elettriche « Unfiel » - I-V-V-V-VI-IX - 97-428-429-436-541-795
Verbale delle Assemblee Generali delle due Sezioni, tenute a Roma il 12 febbraio 1932-X .... II 166

*FENAGRIEL*

Atti ufficiali della Federaz. Naz. Fascista dei Gruppi Regionali Imprese Elettriche. Verbale dell'Assemblea Generale Ordinaria tenuta a Roma il 12 febbraio 1932-X .................... III 271

## 2) - APPARECCHI DI COMANDO, REGOLAZIONE E PROTEZIONE

*ARTICOLI ORIGINALI*

La protezione selettiva di una rete a maglie con relais a impedenza (Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique »). Ing. Noverino Faletti VII 621
Sullo stato attuale del problema degli interruttori. (Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique). - Ing. Leonardo Maggi ....... IX 768

*NOTE E RIASSUNTI*

Interruttori senza olio a grande capacità di rottura. - G. R. M. VII 646
Un nuovo relais di protezione per generatori. - Dott. Ing. Schwenkhogen .................. VIII 736

*RASSEGNA TECNICA*

Comando a vapore od elettrico dei servizi di una grande centrale a vapore? .......... I 90
Sistema di relais con due fili piloti ...................... II 197
La durata di archi verso terra nelle reti munite di bobine di spegnimento.................. III 294
Lo sviluppo del relais di distanza III 296
L'energia liberata nell'arco determina la pressione negli interruttori .................. IV 374
Un nuovo relais a distanza per la protezione delle linee aeree ad alta tensione .............. IV 375
La sensibilità ammessa per i relais di terra nelle reti ad alta tensione.................. V 473
Onde migranti e bobine, influenza dell'induzione mutua e della capacità fra spire e fra spire e terra .................. VII 658
Alcuni recenti progressi nel progetto di relais per la protezione dei circuiti a corrente alternata VIII 749
Dispositivi di regolazione per trasformatori a prese intermedie IX 844
Il regolatore a triodi Philips .... IX 845
L'interruttore ad espansione nella pratica dell'esercizio ........ X 934
Un nuovo relais per il comando automatico dei regolatori di tensione.................. X 937
Come il tempo di chiusura degli interruttori influisce sulla continuità del servizio ......... XI 1032
Comando idraulico delle macchine XII 1124

## 3) - APPLICAZIONI AGRICOLE DELL'ELETTRICITA'

*ARTICOLI ORIGINALI*

L'agricoltura e l'energia elettrica. On. Prof. Arrigo Serpieri .... II 153
Elettricità e rurali. - On. Prof. Arrigo Serpieri ............ IX 791

*NOTE E RIASSUNTI*

L'elettrificazione rurale negli Stati Uniti .................. VI 555

*RASSEGNA TECNICA*

L'elettricità nella colonizzazione interna in Germania ........ VI 570
Impianti per irrigazione e per forza motrice in progetto nel bacino del Volga............. XI 1030

*NOTIZIARIO*

Lo sviluppo elettroagricolo nella Florida .................. XI 1042

## 4) - APPLICAZIONI VARIE DELL'ELETTRICITA'

*ARTICOLI ORIGINALI*

Fasc. Pag.

Un esperimento di 25 cucine elettriche installate in una casa di Torino. - Ing. Umberto Pittaluga .................. I 61
Come abbiamo condotto le nostre « campagne » a favore della diffusione dei riscaldatori d'acqua e delle cucine elettriche. - Ing. Umberto Pittaluga ......... XII 1107

*NOTE E RIASSUNTI*

L'elettricità che guarisce gli ammalati ..................... III 285
Le applicazioni domestiche in Inghilterra. - C. .............. VI 556
Osservazioni sul funzionamento di una cucina elettrica per albergo. - Ing. B. Bianchi .... VI 556

*RASSEGNA TECNICA*

Invertitori di corrente continua in alternata per lampade di proiezione ..................... IV 383
Tutte le comodità della casa per 60 centesimi all'ora ........ IV 384
I progressi del riscaldamento elettrico nelle macchine compositrici .................. IV 385
Un « diaframma elettrico » per i pesci .................. V 464
L'elettricità come mezzo terapeutico e profilattico nell'industria VI 571
L'approvigionamento di acqua calda nella cucina .......... VII 663
24 690 scalda-acqua, che utilizzano energia fuori punta, installati nella città di Amsterdam .................. IX 848
Nuovo tipo di lampada a vapore di sodio.................. IX 849
Un orologio parlante ......... IX 849

*NOTIZIARIO*

Nuovo riflettore a sussidio dell'aviazione nelle manovre aeree II 203
Applicazioni elettrodomestiche in Inghilterra .............. II 204
Un milione di cucine elettriche da collocare in tre anni ..... II 204
Applicazioni elettro-domestiche in un villaggio della Svizzera II 204

Fasc. Pag.

Propaganda per le applicazioni elettrodomestiche in Francia.. IV 572
La vendita di apparecchi elettrodomestici negli Stati Uniti nel 1931 .................... VII 666
25 000 scalda-acqua elettrici ad Amsterdam................. VII 666
Diffusione degli apparecchi elettrodomestici negli Stati Uniti d'America ................. VII 666
Caldaie elettriche nelle cartiere canadesi ................... IX 1042
Il funzionamento delle caldaie elettriche a resistenza d'acqua XII 1136

## 5) - CANALI, CONDOTTE, GALLERIE

### *ARTICOLI ORIGINALI*

Un'osservazione elementare nel calcolo dei canali. - Prof. Ing. Francesco Marzolo .......... I 12
La statica dei ponti-canali in pressione. - Dott. Ing. Eugenio Campini .................. II 113
Sezione di minimo scavo per canali scoperti con un assegnato franco. - Ing. Marcello Lelli.. IV 309
La galleria in pressione dell'impianto di Mezzocorona sul torrente Noce. - Dott. Ing. Carlo de Riccabona.............. IV 324
I valori massimi del colpo di ariete nelle condotte forzate. - Ing. Mario Marchetti ........... V 397
Determinazione delle pioggie critiche nel calcolo dei canali di bonifica. - Ing. Marcello Lelli V 417
Minimo scavo e minimo costo nelle sezioni dei canali. - Ing. Guido Ferro ............... VII 594
Problemi costruttivi inerenti alle tubazioni forzate e opere accessorie. (Risultati d'esperienza, norme per il progetto, la costruzione ed il collaudo). - Dott. Ing. Umberto Bono ........ X 854; XI 946
Appendice I^a^ (Discussione)... XII 1093
Appendice II^o^ Variazione dei diametri nelle tubazioni forzate. - Nota dell'ing. Remo Catani ..................... XII 1098
Note sul canale dell'impianto idroelettrico di Mori sull'Adige. Dott. Ing. Luigi Manfredini.. X 882
Problemi costruttivi inerenti ai canali e alle condotte elastiche in roccia. - Ing. Motta Antonio XII 1043
Appendice I^a^ (Discussione)... XII 1056
Appendice II^o^ (Cenno sui dispositivi di drenaggio adottati nel canale derivatore di Galleto presso l'imbocco della Galleria S. Angelo ................. XII 1059

### *RASSEGNA TECNICA*

Effetti del terremoto irpino del 23 luglio 1930-VIII sulle opere dell'Acquedotto Pugliese .... I 86
Procedimento grafico per determinare in prima approssimazione il peso dei blocchi di ammarraggio delle condotte forzate ..................... IV 370
Lo spessore delle condotte forzate ad alta pressione. Rinforzi con anelli o con nastrature in fili di acciaio ................... XI 1029

## 6) - CONGRESSI, ESPOSIZIONI, CONCORSI

### *ARTICOLI ORIGINALI*

Fasc. Pag.

La Mostra Nazionale di Meccanica Agraria. - S. B. ........ VI 528
Il IV Congresso dell'« Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique » (Parigi 8-21 luglio 1932). - M. A. ............... VI 632; VIII 723
I lavori del C.M.I. - III riunione plenaria. Esperienze di Faugères. - M. A. ............. IX 788
La « Unfiel » alla Fiera di Bari.. IX 818
Congresso Internazionale di Elettricità (Parigi 4-12 luglio 1932). - W. M. .................. X 904
La XXVII riunione annuale dell'A.E.I. (Firenze, 25 settembre, 1^o^ ottobre 1932-X) ...... X 910

### *NOTIZIARIO*

La fondazione Carlo Esterle .... I 96
La fondazione Politecnica Italiana ...................... I 96
Il premio « Augusto Righi » conferito al Prof. Franco Rasetti I 96
Il Congresso Internazionale di Rabdomanzia e Geofisica .... I 96
Concorsi per lo studio di progetti di costruzioni a struttura d'acciaio ..................... III 300
Esito dei concorsi G. E. Falk per progetti di costruzioni a struttura d'acciaio ............ IV 388
Congresso Elettrotecnico Sudamericano ................ IV 388
Concorso a premio per lo studio di un progetto di trasformazione fondiaria e di colonizzazione di una zona della Provincia di Sassari ................... IV 388
IV Mostra Nazionale della Radio VII 666
La Casa dell'Elettrotecnica alla Fiera di Lipsia ............ VII 666
La Mostra di macchinario e di attrezzi elettrotecnici a Mosca IX 850

## 7) - DIGHE, SBARRAMENTI, SERBATOI

### *ARTICOLI ORIGINALI*

Di una applicazione del calcolo delle probabilità allo studio del funzionamento di un impianto idroelettrico con serbatoio. Ing. Claudio Marcello ........... III 209
Gli sforzi indotti dalle impedite dilatazioni termiche nei confronti con gli sforzi idrostatici, nelle dighe a volta unica. - Dott. Ing. Eugenio Campini .. III 218
I serbatoi diurni delle derivazioni idroelettriche ed il regime dei corsi d'acqua. - Prof. Ing. Gaetano Ganassini † ........ IV 307
La costruzione della diga del Piano del Barbellino. - Dott. Ing. Silvio Pedretti ......... IV 312
Sulle sottopressioni nelle dighe - Ing. Dott. Ferdinando Pagliaro V 408

### *NOTE E RIASSUNTI*

L'effetto della permeazione sulla stabilità dei muri in calcestruzzo. - O. Hoffman ...... I 75
Le dighe di ritenuta in Italia . I 76

### *RASSEGNA TECNICA*

Fasc. Pag.

Dighe mobili e paratoie a funzionamento automatico diretto II 184
Invasi e scarichi di piena nei laghi serbatoi ................. III 288
Lo sbarramento di Lloyd a Sukkur sul fiume Indo ......... III 288
Sulla similitudine degli stramazzi a contrazione laterale ....... VI 560
La diga sul torrente Sorpe .... VII 652
La diga di Hogon per la regolazione del fiume Calaveras.... VIII 743
La diga di Hoover ed il raffreddamento dei calcestruzzi ...... VIII 744
Applicazione dei metodi di indagine elettrica allo studio delle fondazioni delle dighe di notevole importanza e delle opere annesse ................... IX 836

### *NOTIZIARIO*

Drenaggi in pietrame a secco nella diga Saluda ............... XI 1042

### *SOMMARI*

L'approvigionamento del pietrame e della sabbia per la Diga del Saidenbak ............. IV 387
L'effetto di uno sbarramento sopra un corso d'acqua ad alveo mobile .................. IV 387
La spinta trasmessa dall'acqua ad una diga di ritenuta nel caso di terremoto ............... IV 387
Protezione di una diga in terra contro i terremoti .......... IV 387

## 8) - ECONOMIA E FINANZE

### *RASSEGNA TECNICA*

Confronti economici fra impianti idraulici e impianti termici .. III 290

## 9) - ELETTROTECNICA IN GENERALE

### *ARTICOLI ORIGINALI*

Correnti squilibrate di c. c. - Ing. Carlo Palestrino e Ing. Carmelo Caminiti .................. V 420

### *NOTE E RIASSUNTI*

Ricerche sulla frequenza dei fulmini negli Urali. - M. A. .... X 926

### *RASSEGNA TECNICA*

La determinazione delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi per mezzo di una tavola di calcolo elettrica o modello ...... IX 840
La misura della capacità dei condensatori elettrolitici. - Fattori che influiscono sulle variazioni di capacità ................ XII 1133
Permali, un nuovo isolante .... XII 1134

## 10) - ELETTROCHIMICA ELETTROTERMICA, ELETTROMETALLURGIA

### *ARTICOLI ORIGINALI*

Sulla distribuzione del campo elettrico negli archi dei forni a

Fasc. Pag.

corrente alternata per la fusione dell'acciaio. - Ing. Dott. Cataldo Agostinelli ......... I 145

*RASSEGNA TECNICA*

Un forno elettrico da 12 500 kVA in Francia ................ IV 382
La regolazione delle saldature per punti agli interruttori automatici ...................... IX 846
Saldatura elettrica a corrente continua ed a corrente alternata .................... XI 1039

## 11) - ESERCIZIO

*ARTICOLI ORIGINALI*

Influenza dell'interconnessione delle reti sull'ordinata massima del diagramma di carico complessivo. - Ing. W. Mungioli .. I 1
Identificazione a distanza dei guasti su linee elettriche aeree. - Ing. Giuseppe Romagnoli Mosca III 255

*RASSEGNA TECNICA*

La protezione con la messa a terra ed il collegamento al neutro negli impianti a bassa tensione.. I 199
Risultati di una inchiesta internazionale sulle messe a terra .. V 469
Come il tempo di chiusura degli interruttori influisce sulla continuità del servizio ........ XI 1032
Metodo di ricerca dei corti circuiti a terra in una rete di distribuzione in cavo sotterraneo XII 1133

## 12) - FATTI E TESTIMONIANZE

Gli Enti pubblici vogliono realmente il basso prezzo dell'energia elettrica? .............. I 65
I nostri avversari ............ I 66
Ancora su l'incidenza dell'energia elettrica nelle industrie. -i.g.m. III 274
L'industria elettrica e i dilettanti. x.y. ........................ III 276
Sempre l'industria elettrica e i dilettanti. (Lettera aperta ad un dottore, parmi, di scienze economiche). - i.g.m. ........... IV 349
Cronistoria elettro-parlamentare IV 352
La fine dell'Ente Adige Garda .. V 425
Eureka ! .................... V 427
Progressi dell'irrigazione mediante motore elettrico VI 538
A proposito di elettroagricoltura. (Lettera aperta all'Ing. Aldo Ramadoro). - Giacinto Motta VI 538
Ancora sui dividendi delle anonime. (Lettera aperta al Prof. L.T.). - i.g.m. ............. VI 539
La crisi e la disoccupazione. Cause e rimedi. (Zibaldone di un solitario). - i.g.m. ........... VII 638
Lettera aperta ad alcuni ignoti lettori del « Corriere della Sera ». i.g.m. ....................... VIII 728
La riduzione delle ore di lavoro. - Giacinto Motta ............... IX 792
La fine dell'Ente Adige-Garda.. XI 1012
Il diritto fisso per l'esazione delle bollette dell'energia elettrica.. XI 1012

Fasc. Pag.

Una « vexata quaestio ». L'impiego dell'elettricità in agricoltura XII 1116
La settimana di 40 ore e la sua incidenza sui prezzi ........ XII 1117

## 13) - IDROLOGIA E IDRAULICA

*ARTICOLI ORIGINALI*

L'esercizio intermittente degli impianti idraulici e la tutela del demanio fluviale nelle sue utilizzazioni agricole ed industriali. - Prof. Gaudenzio Fantoli ..................... IV 301
Sull'esercizio intermittente degli impianti idraulici e la tutela del demanio fluviale nelle sue utilizzazioni agricole ed industriali. - Avv. Ugo De Francesco ................... V 395
Determinazione delle pioggie critiche nel calcolo dei canali di bonifica. - Ing. Marcello Lelli V 417
Considerazioni sul perturbamento dei regimi fluviali determinato dalle intermittenze degli esercizi elettrici. - Ing. Giuseppe Gavazzi ................... VI 477
Considerazioni sul regime dei corsi d'acqua nei tronchi a valle delle derivazioni idroelettriche in rapporto alle utilizzazioni agricole. - Ing. Diofebo Negrotti ..................... VI 482
Indagini sperimentali sui sifoni autolivellatori. - Ing. Carlo Drioli ..................... VI 485

*RASSEGNA TECNICA*

Formule per determinare la velocità dell'acqua negli alvei naturali con forti pendenze .... IX 835

*SOMMARI*

Il moto dell'acqua nei corsi naturali ed artificiali .......... IV 387
Origine e portata specifica di diverse forme di lame stramazzanti ..................... IV 387

## 14) - IMPIANTI IDROELETTRICI

*ARTICOLI ORIGINALI*

Sull'impiego dell'aria compressa nell'esecuzione degli impianti idroelettrici. - Ing. Franco Borini ..................... II 133
Note dell'Ing. Palestrino sull'articolo « L'impianto idroelettrico dell'Isarco » .............. II 165
Di un'applicazione del calcolo delle probabilità allo studio del funzionamento di un impianto idroelettrico con serbatoio. - Ing. Claudio Marcello ....... III 209
Note sull'articolo « L'impianto idroelettrico dell'Isarco ». - Ing. Gino Rebora ............... III 273
La galleria in pressione dell'Impianto di Mezzocorona sul torrente Noce. - Dott. Ing. Carlo de Riccabona ................ IV 324
Sul problema tecnico-economico delle utilizzazioni idroelettriche in Italia. - Ing. Angelo Testa.. VI 507
Gli impianti idroelettrici della Sila. - Ing. Mario Mortara .... VII 573, XI 962
— Ing. Angelo Steiner ....... XII 1061

Fasc. Pag.

Gli impianti idroelettrici ed il gelo. - Alberto Taccani ...... IX 757
Appendice I[a] (Discussione)... IX 764
Appendice II[a] (Discussione) . IX 765
La Centrale automatica di Fioritella. - Ing. S. Ruberti ..... X 889

*NOTE E RIASSUNTI*

Gli impianti idroelettrici del Sagittario. - V. Ru. .......... VII 644

*RASSEGNA TECNICA*

Utilizzazione del fiume S. Lorenzo per HP 2 000 000 ..... II 187
Gli impianti di utilizzazione della Cère in Francia ............ II 188
La Centrale idroelettrica automatica di White Rapids della Northern Electric Company III 289
Impianto idroelettrico di Ariel . IV 367
L'utilizzazione idroelettrica del Rio Salado in Alloz ........ IV 368
L'impianto idroelettrico di Osage IV 370
Progetto di utilizzazione del Lago di Macaraibo nel Venezuela.. IV 370
L'impianto idroelettrico di Cize-Bolozon sul fiume Ain ...... V 461
L'impianto di Safe Harbor .... V 464
La costruzione dell'impianto idroelettrico di Kembs sul Reno . IX 833
Impianti per irrigazione e forza motrice in progetto nel bacino del Volga .................. XI 1030

*SOMMARIO*

La costruzione di un impianto idroelettrico del N. Ontario durante i mesi invernali ....... IV 387

## 15) - IMPIANTI TERMOELETTRICI

*ARTICOLI ORIGINALI*

L'incendio della Centrale di Bruxelles ..................... IX 820

*NOTE E RIASSUNTI*

Recenti sviluppi termoelettrici nella produzione dell'energia .. III 284

*RASSEGNA TECNICA*

Comando a vapore od elettrico dei servizi di una grande centrale a vapore? ............ I 90
Impianto da 20 000 kW di accumulatori di vapore Ruth nella Centrale di Attingen ........ II 191
Ricerche per un accumulatore termico a temperatura costante III 298
Elevate temperature di vapore - Alcune ricerche e considerazioni........................ V 466
L'approvigionamento del carbone alla centrale di Arrighi ...... VI 561
Il trattamento delle acque di raffreddamento dei condensatori con cloro gassoso, come rimedio contro il deterioramento dei tubi dei condensatori, delle tubazioni di raccordo e dei recipianti........................ X 928
L'installazione di un gruppo da 160 000 kW nell'impianto di Hudson - Le garanzie di esercizio fissate dai costruttori, superate nelle prove di collaudo. X 929
Risultati di due anni e mezzo di esercizio con una Centrale termica ad altissima pressione .. XII 1126

## 16) - INSEGNAMENTO, SCUOLE E LABORATORI

*NOTIZIARIO*


| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| Corsi alla « Scuola di Specializzazione per Ingegneri Elettricisti » | I | 96 |
| Riapertura di corsi vari all'Istituto Radiotecnico di Milano | II | 203 |
| L'ottavo corso di fotogrammetria aerea | VI | 572 |
| Riapertura dei corsi presso la Sezione Professionale dell'Istituto Radiotecnico | IX | 850 |
| L'attività della Fondazione Politecnica Italiana | X | 941 |
| Corsi premilitari per radiotelegrafisti del R. Esercito | X | 942 |
| Scuola speciale di perfezionamento per l'Ingegneria idraulico-agraria (fondazione Gianfranco ed Eugenio Tosi) | XI | 1041 |
| Scuola speciale di perfezionamento per l'ingegneria idraulico-agraria (Fondazione Gian Franco ed Eugenio Tosi) | XII | 1136 |
| Borse di studio per la specializzazione in Bonifica nel R. Istituto Superiore Agrario di Pisa | XII | 1136 |


## 17) - LEGISLAZIONE E GIURISPRUDENZA

*ARTICOLI ORIGINALI*


| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| Il Consiglio di Stato e l'industria elettrica. - Avv. Annibale Gilardoni | II | 158 |
| L'esercizio intermittente degli impianti idraulici e la tutela del demanio fluviale nelle sue utilizzazioni agricole ed industriali. - Prof. Gaudenzio Fantoli | IV | 301 |
| Sull'esercizio intermittente degli impianti idraulici e la tutela del demanio fluviale nelle sue utilizzazioni agricole ed industriali. - Avv. Ugo De Francesco | V | 395 |
| Considerazioni sul perturbamento dei regimi fluviali determinato dalle intermittenze degli esercizi elettrici. - Ing. Giuseppe Gavazzi | VI | 477 |
| Considerazioni sul regime dei corsi d'acqua nei tronchi a valle delle derivazioni idroelettriche in rapporto alle utilizzazioni agricole. - Ing. Diofebo Negrotti | VI | 482 |
| Le industrie elettriche e la nuova legge di pubblica sicurezza. - Avv. Annibale Gilardoni | IX | 821 |

Prassi amministrativa III-V-VI-VII-VIII-IX-X-XI-IX — 283-359-453-553-642-734-828-921-1018-1119


*Diritto e Giurisprudenza*

(a cura dell'Avv. Alessandro Patrucco)


| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| Condutture elettriche - Denunzia di nuova opera | I | 68 |
| Derivazione di acque pubbliche - Ricorso contro i provvedimenti amministrativi di concessione - Competenza | I | 68 |
| Fornitura di energia elettrica: Clausola di esclusività - Sua estensione ed efficacia | II | 169 |
| Clausola di esclusività e di prelazione | II | 170 |
| | V | 444 |
| Competenza - Clausole a stampa Errore e violenza morale - Clausole di esclusività e prelazione e loro efficacia - Clausola « rebus sic stantibus » | II | 172 |
| Clausola di prelazione - Danni - Competenza | III | 278 |
| Clausola di esclusività - Inadempimento - Riallacciamento coattivo delle linee | III | 279 |
| Patto di prelazione - Sua interpretazione, estensione ed efficacia | III | 280 |
| Fallimento | IV | 356 |
| Derivazione di acqua pubblica - Decadenza e prescrizione | IV | 353 |
| Utenza di acqua pubblica - Decreto di riconoscimento | IV | 354 |
| Convenzioni coi Comuni - Prezzi massimi e minimi e loro obbligatorietà - Patto di esclusività e di sospensione della fornitura - Azione possessoria - Patto del minimo canone e risarcimento danni | V | 446 |
| Elettrodotto - Denuncia di nuova opera - Sospensione - Procedimento | V | 450 |
| Sospensione - Azione possessoria - Inammissibilità | V | 452 |
| Fornitura di energia elettrica: Fallimento dell'utente - Clausola di minimo consumo garantito | VI | 548 |
| Fallimento dell'utente - Clausola della minima potenza impegnata | VI | 548 |
| Ancora sugli effetti del fallimento dell'utente in rapporto al patto del minimo consumo garantito | VI | 549 |
| Tassa di registro - Società - Rivalutazione monetaria di attività patrimoniale - Conseguente aumento di capitale - Instabilità - R. D. 30 dicembre 1932, n. 3269, art. 4 e 8 - Parte I, art. 81 e 85 | VII | 641 |
| Fornitura di energia elettrica. Fallimento dell'utente - Clausola del minimo canone mensile garantito - Minimo canone garantito - Cessazione e sospensione di industria - Forza maggiore | VIII | 730 |
| Tassa di registro | IX | 823 |
| Vizi di consenso - Clausola di esclusività e sua efficacia | IX | 824 |
| Opera industriale - Danni all'altrui proprietà | IX | 826 |
| Fallimento dell'utente - Minimo di consumo garantito | XI | 1013 |


*Giurisprudenza Fiscale*


| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| Imposta di ricchezza mobile.- Ch. | XI | 1014 |
| Imposta fabbricati - Opifici industriali - Locali di abitazione degli operai addetti ad una cabina di trasformazione. - A. G. | XI | 1017 |


## 18) - MATERIALI E COSTRUZIONI

*ARTICOLI ORIGINALI*


| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| Sull'impiego dell'aria compressa nell'esecuzione degli impianti idroelettrici. - Ing. Franco Borini | II | 133 |


*RASSEGNA TECNICA*


| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| Nuovo metodo di misura delle deformazioni delle opere in cemento armato mediante corde vibranti | IV | 372 |
| Contributi al problema dei giunti di ripresa | VI | 560 |
| Un processo di costruzione del calcestruzzo nella stagione invernale | VIII | 745 |
| Sollecitazioni dinamiche nelle strutture, loro misura e ricerche tecniche relative | IX | 837 |
| Abaco e regolo calcolatore (circolare) per l'applicazione della formola di Bolomey | X | 927 |
| Dettagli costruttivi per tetti piani in montagna | XI | 1030 |
| Il vento contro gli edifici | XI | 1031 |
| Ricerche a mezzo dei Raggi Röntgen in una costruzione in cemento armato | XI | 1032 |


*SOMMARI*


| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| Prove sui materiali | IV | 386 |
| La spinta del calcestruzzo colato sui casseri di gettata | IV | 387 |
| Il rapporto cemento: acqua e la composizione dei calcestruzzi | IV | 387 |
| L'impiego del cemento spruzzato nella costruzione di opere idrauliche | IV | 387 |


## 19) - MACCHINE ELETTRICHE (ALTERNATORI, DINAMO E MOTORI)

*RASSEGNA TECNICA*


| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| L'influenza del diagramma di carico sul costo d'esercizio di un motore elettrico | I | 92 |
| Metodo semplificato per determinare le amperspire di dentatura e di intraferro di un motore asincrono trifase | II | 198 |


## 20) - MISURE, PROVE, APPARECCHI E METODI

*ARTICOLI ORIGINALI*


| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| I più recenti dispositivi per la misura delle altissime tensioni alternate. - Prof. Dott. Giorgio Keinath | I | 20 |
| Prove sistematiche sugli isolatori durante l'esercizio. - Ing. Alessandro Lodolo | III | 243 |
| Identificazione a distanza dei guasti su linee elettriche aeree.- Ing. Giuseppe Romagnoli Mosca | III | 255 |
| Notizie sulle misure ipsometriche. Ing. Antonio Motta | VI | 523 |


*NOTE E RIASSUNTI*


| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| La misura delle altissime tensioni continue ed alternate | II | 175 |
| Contributo allo studio delle cause di inesattezza dei contatori a corrente alternata | II | 180 |


*RASSEGNA TECNICA*


| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| Sull'impiego del tubo di Pitot per la misura della velocità dei fluidi | I | 85 |
| Nuovo apparecchio a piccola perdita di carico per la misura dei fluidi in moto | II | 18 |

Fasc. Pag.

Limite d'impiego dell'oscillografo a raggi catodici ........... II 196
La questione della prova d'impulso dal punto di vista delle sovratensioni atmosferiche .. III 297
I procedimenti per misurare la somma delle grandezze elettriche secondo la tecnica delle misure a distanza .......... IV 378
Errori di misura nei riduttori di corrente (Determinazioni Sperimentali) .................. V 471
Smorzamento negli apparecchi di misura ...................... V 472
Wattmetri per corrente monofase a più armoniche .......... VI 567
Applicazione dei metodi elettrici allo studio dei progetti di gallerie e di sbarramenti ...... VII 654
Apparecchio per la misura della velocità dell'acqua ......... VIII 745
Applicazione dei metodi di indagine elettrica allo studio delle fondazioni delle dighe di notevole importanza e delle opere annesse .................... IX 836
Registrazione di fenomeni rapidi X 935
Ponti per la misura delle frequenze ...................... XI 1033
La stazione di prova a grande potenza di Baden ........... XI 1035
L'impiego dello stroboscopio per lo studio delle macchine idrauliche ..................... XII 1124
Metodo di ricerca dei corti circuiti a terra in una rete di distribuzione in cavo sotterraneo .... XII 1133
La misura della capacità dei condensatori elettrolitici. - Fattori che influiscono sulle derivazioni di capacità .......... XII 1133

*NOTIZIARIO*

Lettura fotografica dei quadranti di contatori industriali ...... V 476

*SOMMARI*

Un nuovo oscillografo portatile II 201

## 21) - MOTORI PRIMI, TERMICI E IDRAULICI

*ARTICOLI ORIGINALI*

Sulla teoria delle ruote assiali ad alta velocità specifica. - Ing. Giulio De Tomasi .......... I 14
Nota sul dimensionamento dei dischi giranti delle turbine a vapore in relazione alle oscillazioni flessionali. - Prof. Dott. Ing. Mario Medici ......... VII 609

*NOTE E RIASSUNTI*

Problemi sulla costruzione delle turbine a vapore. - V. Ru. .. X 923
L'usura delle turbine idrauliche per effetto di erosione e corrosione. - V. Ru. ............ XI 1020

*RASSEGNA TECNICA*

Progressi nell'impiego delle turbine funzionanti ad elevata temperatura ................ II 193

Fasc. Pag.

La tecnica dei materiali da costruzione per caldaie ........ V 465
Novità nelle pompe per caldaie ad alta pressione .............. V 467
Esperimenti di cavitazione su di un modello di elica .......... VI 558
Le turbine della Centrale idroelettrica di Ryburg - Schwörstadt ........................ VII 653
Corrosione dovuta a cavitazione in un diffusore ............ VIII 746
Le corrosioni nelle caldaie .... IX 839

*NOTIZIARIO*

Caldaie elettriche nelle cartiere canadesi .................... XI 1042
Il funzionamento delle caldaie elettriche a resistenza d'acqua XII 1136

## 22) - NECROLOGIO

Ing. Vittorio Gianfranceschi ... II 204
Grand Uff. Prof. Luigi Donati . III 287
Comm. Ing. Alfonso Calzoni ... III 287
N. D. Maria Guicciardi ved. Roncaldier .................... III 300
Avv. Rodolfo Banfi ........... III 300
Gaetano Ganassini ............ IV 334
Salvini Rag. Alberto .......... V 476
Romagnoli Francesco .......... V 476
Silvestri Ing. Giovanni ........ V 476
L'Ing. Alberto Lodolo. - L'E. E. VII 637
Gr. Uff. Ing. Carlo Tarlarini .... VII 666
Ing. Adolfo Foscarini ......... VIII 709
Signora Esterina Poletti Norsa.. VIII 756
Ing. Riccardo Clemens Galletti IX 850
L'Ing. Giovanni Battista Pirelli.- L'E. E. ................ X 903
Alessandro Calzoni ........... X 942
Cav. Dott. Ing. Umberto Serini X 942
Ing. Ettore Cardani .......... X 942
Cav. Annibale Scotti ......... XI 1042
Cav. Arturo Semenza ......... XI 1042
Comm. Avv. Ezio Marini ..... XI 1042
Carla Castelli ................ XI 1042
Ing. Francesco Manfredi ...... XII 1136
Cav. del Lavoro Raffaele Serra XII 1136
Ing. Carlo Cohen ............ XII 1136
L'On. Dario Lupi ............ XII 1136

## 23) - NORME E REGOLAMENTI

Schema di norme per l'ordinazione e il collaudo delle macchine elettriche ............ I 97
Norme particolari di costruzione e d'esercizio degli impianti elettrici nei teatri, cinematografi e locali di spettacolo in genere ...................... V 428
Schema di Norme per la fornitura ed il controllo degli olii isolanti per trasformatori ed interruttori......................... V 429
Schema di Norme per la protezione delle radioaudizioni contro i disturbi ed i pericoli provenienti dagli impianti elettrici ......................... V 436
Schema di Norme per l'ordinazione, verifica e controllo degli interruttori .................. VI 541
Norme per la fornitura ed il controllo degli oli isolanti per trasformatori ed interruttori .... IX 795
Norme per l'esecuzione e l'esercizio degli impianti elettrici.. IX 802

## 24) - PUPPLICAZIONI E LIBRI RICEVUTI

Fasc. Pag.

*PUBBLICAZIONI*

Calcolo di una diga in cemento armato. - O F. Frontini ...... I 94
Le ampolle elettroniche. - Ing. Guido Schipani ............ I 94
La filovia ed il servizio tranviario di Vicenza ............... I 94
I riscaldatori d'acqua elettrici ad accumulazione - S. A. Sviluppo Propaganda Elettroapplicazioni e Similari ............. I 95
L'energia elettrica nella produzione dell'olio e del vino ...... I 95
Il servizio Idrografico - Ministero dei LL. PP. ............... II 202
Bedarf und Dargebot. - Dott. Prof. Ing. Adolf Ludin ...... II 202
Come si applicano le imposte e le tasse in Italia. - Rag. Giuseppe Grilli ............... II 202
Theorie der thermischen Messgeraete der Elektrotechnik. Grundlagen zu ihrer Berechnung. - Dr. Ing. Johannes Fischer III 299
Siebschaltungen. - Dr. Ing. W. Cauer .................... III 299
Inserzione e verifica dei misuratori trifasi. - Ing. Cesare Cianci III 299
Resistenza ed elasticità di calcestruzzi di cemento in funzione del rapporto acqua/cemento e della resistenza della malta normale. - Ing. Prof. Luigi Santarella ..................... III 299
La partecipazione italiana al I Congresso internazionale del beton semplice e armato. - Comitato per l'Ingegneria del Consiglio Nazionale delle ricerche .................. III 300
I discorsi sulla luce del Sig. Simplicio raccolti da Tizio (Uomo della strada). ............. IV 387
Prospettive economiche 1932. - Giorgio Mortara ............ IV 387
Intorno a un metodo di piccolissime variazioni di resistenza elettrica. - Angelo Drigo .... IV 388
Le macchine elettriche -(Parte II) Tecnica dell'isolamento e costruzione meccanica. - Dr. Ing. M. Liwschitz - Ing. H. Glockner V 476
Memento d' électrotechnique. - Vol. I. - Electricité et magnétisme. - A. Churchod ........ VI 571
Misure elettriche. - Ing. Gomberto Veroi ............... VII 665
Il primo centenario di vita della Compagnia Italo-Argentina di Elettricità ................. VIII 756
Recherches sur la structuration des paroles et des phrases. - P. Agostino Gemelli ........ X 941
Recherches et nouveaux résultats dans l'étude des voyelles. - P. Agostino Gemelli - Giuseppina Pastori ................. X 941
Lärm und Resonanzschwingungen im Kraftwerksbetrieb. - Dr. Ing. F. Michel ............ X 941
Costruzioni idrauliche e idraulica tecnica. - Dott. Ing. Eugenio Campini ................ XI 1040
Introduzione alle teorie atomiche ed alla costituzione della materia. - Prof. Dott. Leo Graetz - Dott. Ing. Carlo Rossi ...... XI 1041
Outline Notes on Telephone Transmission Theory. - W. T. Palmer ............... XI 1041

Fasc. Pag.

Compendio di Diritto Penale. - Ezio Cortese Riva Palazzi e Carlo Reviglio della Veneria .. XI 1041

*LIBRI RICEVUTI*

Della necessità di formare una coscienza scientifico tecnica nel Paese. - Guido Uccelli .... I 95
Annuario del R. Istituto Sup. di Scienze Economiche e Commerciali di Venezia ........... I 95
Economia e Popolazione della Sardegna Settentrionale. - Dr. Gavino Alivia .............. I 95
Dieci anni d'organizzazione internazionale del lavoro. - Ufficio Internazionale del Lavoro .... I 95
I grandi Porti marittimi d'Italia.- Ministero LL. PP. .......... II 203
La navigazione interna nell'Alta Italia. - M nistero LL. PP..... II 203
Il porto di Genova. - Consorzio autonomo del Porto di Genova II 203
Il nuovo impianto di illuminazione elettrica nelle RR. Grotte Demaniali di Postumia ...... II 203
Risorse idrauliche per forza motrice utilizzate e ancora disponibili. Fasc. IX. - LL. PP. .. III 300
A quale sistema affidare la successione delle tranvie a vapore per il trasporto viaggiatori. - Dr. Ing. Arturo Ferrario ........ III 300
Annuario dell'industria metallurgica Italiana 1932. .......... III 300
Overhead line and feeder protection. - H. W. Clothier ...... III 300
The principles of feeder protection and their application to three modern systems. - B. H. Leeson e H. Leben ........ III 300
Energiewirtschaft? - Dr. Ing. Michael Seidner ............. IV 388
Osterreichszukunftige Energiewirtschaft. - Dr. Ing. Richard Hofbauer ................. IV 388
Archiv für technisches Messen. - A. T. M. .................. IV 388
Rapporto tecnico dell'A.E.G. dell'anno 1931 ................ V 476
Annuario dell'Aeronautica. - Reale Aereo Club d'Italia ........ V 476
La lubrificazione dei motori Diesel. Vacuum Oil Comp... V 476
Relazione al Parlamento sull'andamento dell'azienda dal 1º luglio 1930. - Ente Autonomo per l'Acquedotto Pugliese .... V 476
Propaganda. - Ing. H. Lohr ... VI 571
Livellazioni di precisione per il rilievo altimetrico dei corsi di acqua. - Ministero dei LL. PP. VIII 756
Ricerche sull'ablazione glaciale nel versante meridionale del Monte Rosa. - Minist. LL. PP. VIII 756
Studio geoidrografico del Bacino dell'Avisio - Valli di Fassa, Fiemme e Cembra. - Ufficio Idrografico del R. Magistrato alle Acque di Venezia........ VIII 756
Il Gruppo della Civetta. - Bruno Castiglioni................. VII 621
La Laguna Veneta. - Ufficio Speciale Idrografico del R. Magistrato alle Acque di Venezia .. IX 850
Note illustrative della Carta geologica delle Tre Venezie. - Uff. Idrografico del R. Magistrato alle Acque ................ IX 850
Effetti di variazione di tensione in cilindri magnetostrittivi in campi magnetici costanti (Note I e II). - Tullio Gnesotto ... X 941
Variazioni di resistenza elettrica di metalli magnetostrittivi in campi magnetici - (Note I e II). Tullio Gnesotto ........... X 941
Variazioni di rigidità in metalli magnetostrittivi per magnetizzazioni longitudinali, circolari ed elicoidali. - Tullio Gnesotto X 941
Intorno a fenomeni elettromagnetici dovuti a magnetizzazioni elicoidali variabili - Ricerche sperimentali - Note I, II, III, IV, V. - Tullio Gnesotto ...... X 941
Nuovo modello di invertitore rotante per frequenze prossime a quella industriale. - Tullio Gnesotto ................ X 941
Variazioni di magnetizzazione longitudinale e circolare in cilindri di Ni e di Fe deformati torsionalmente per effetto di un campo longitudinale alternato sovrapposto a campi costanti - (Note I e II). - Angelo Drigo .................... X 941
Profili geologici attraverso le Dolomiti Occidentali. - Silvio Varbadasso ................ X 941
Le acque freatiche nella pianura Emiliana fra Trebbia e Panaro. Ing. Marco Visentini. - Ministero dei LL. PP........... X 941
L'elettricità nell'abitazione moderna. - Ing. Antonio Reversi XI 1041
L'autoferrovia in 26 anni. - Emilio Belloni .............. XI 1041
Atti del I Congresso Nazionale di meccanica agraria. C.N.S.F.P.A XII 1135
Piano di massima Bonifica e trasformazione fondiaria del comprensorio ................ XII 1135
Il giornale mastro a scalare od a saldi - Rag. Giovanni Mollica XII 1135
A propos du centenaire des découvertes de Michel Faraday - Soc. Française des Electriciens XII 1135
La costruzione del benessere economico - Liduvino Jacobitti . XII 1135
Il secolo delle leghe leggere e dell'elettricità. - Remo Catani.. XII 1135
L'abbicì dell'elettrotecnica. - Veroi ing. Gomberto .......... XII 1135

## 25) - SCIENZE FISICHE E NATURALI

*ARTICOLI ORIGINALI*

La tecnica dei campi magnetici intensi e la magnetoresistenza dei metalli. - Angelo Drigo.... II 138
La nuova meccanica. - O. M. Corbino ................ V 389
La fisica del nucleo negli ultimi due anni. - F. Rasetti ...... XI 943

## 26) - STATISTICA INDUSTRIALE

*ARTICOLI ORIGINALI*

Piano generale di organizzazione del servizio di Statistica industriale per una azienda elettrica e contributo alla teoria del « budgetary control ». - Ing. G. Levi Cases ............... I 30
L'industria elettrica all'estero (America Latina). - Ing. Ettore Cesàri .................... III 247
L'Industria elettrica all'estero (Stati Uniti d'America). - Ing. Ettore Cesàri ............. VII 597
La produzione ed il consumo dell'energia in Italia nell'annata 1931. - Ing. Ettore Cesàri .... VIII 667
L'industria elettrica nel decennio 1922-1932. - Giacinto Motta.. X 851
L'incremento degli impianti elettrici nel decennio 1922-1932. - O. M. Corbino ............. X 852

*NOTE E RIASSUNTI*

Lo sviluppo mondiale delle elettrificazioni ferroviarie. - e.t.d. IV 361
L'elettrificazione rurale agli Stati Uniti. - C. ............... VI 555
Le applicazioni domestiche in Inghilterra. - C. ............ VI 556

*RASSEGNA TECNICA*

L'elettricità nella colonizzazione interna in Germania ........ VI 570
L'energia idroelettrica del Massiccio Centrale e la sua utilizzazione nei grandi centri di consumo ..................... VIII 741
L'elettrificazione della regione Nord-Est del territorio della U.R.S.S. ................ VIII 747
Infortuni dovuti alla corrente elettrica verificatesi nel 1930 e nel 1931 nella Svizzera ...... VIII 752
24 690 scalda-acqua, che utilizzano energia fuori punta, installati nella città di Amsterdam ................ IX 848

*NOTIZIARIO*

La progettata rete europea e gli industriali belgi ........... I 95
Applicazioni elettrodomestiche in Inghilterra ................ II 204
Applicazioni elettrodomestiche in un villaggio della Svizzera .... II 204
Statistica infortuni in agricoltura sotto l'aspetto delle casuali (anno 1924-VII) ........... V 476
Notizie sulla utilizzazione degli impianti idroelettrici svizzeri nell'anno 1931 e sui principali impianti in costruzione o in progetto ................ VII 665
La vendita di apparecchi elettrodomestici negli Stati Uniti nel 1931 ..................... VII 666
25 000 scalda-acqua elettrici ad Amsterdam................ VII 666
Diffusione degli apparecchi elettrodomestici negli Stati Uniti d'America ................ VII 666
Lo sviluppo elettroagricolo nella Florida ................... XI 1042

## 27) - TARIFFICAZIONE DELL'ENERGIA VENDITA E CONTRIBUTI

*ARTICOLI ORIGINALI*

Prezzo dell'energia e dividendi delle Società elettriche. (Lettera aperta all'on. Mario Muzzarini). - Giacinto Motta .... III 205

## 28) - TRASFORMATORI, CONVERTITORI, E RADDRIZZATORI

Fasc. Pag.

*ARTICOLI ORIGINALI*

Trasformatori a mantello antirisonanti. - Ing. P. L. Bellaschi IV 335
Le corrosioni nei refrigeranti dei trasformatori. - Ing. Luigi Passerini X 894
A proposito della nota sulle corrosioni nei refrigeranti dei trasformatori XI 1011

*NOTE E RIASSUNTI*

Il trasformatore trifase in America ed in Europa II 177
Il raddrizzatore a getto ondulato. - Ri. V 456
Nuove applicazioni del raddrizzatore e della valvola a vapore di mercurio con griglie polarizzate. - d. m. IX 829

*RASSEGNA TECNICA*

I trasformatori a quattro avvolgimenti della Centrale di Ryburg-Schwörstadt IV 372
Il trasformatore con nucleo ad evolvente VI 562
Costruzione e funzionamento dei tubi elettronici a gas rarefatti VI 569
La potenza reattiva negli impianti di conversione statica VII 659
Il trasformatore ad evolvente IX 842

## 29) - TRASPORTO E DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA

*ARTICOLI ORIGINALI*

Prove sistematiche sugli isolatori durante l'esercizio. - Ing. Alessandro Lodolo III 243
Della trasmissione a distanza mediante corrente continua ad alta tensione. (Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique ». - Ing. Emilio Santuari VII 616
La protezione selettiva di una rete a maglie con relais a impedenza (Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique). - Ing. Noverino Faletti VII 621
Le perdite per effetto corona sulle linee ad altissima tensione - (Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique »). - Ing. Carlo Palestrino VIII 690
Gli effetti delle sovratensioni sul materiale e sugli impianti elettrici e le tendenze attuali nella scelta delle misure di protezione. (Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique »). - Ing. Maria Artini VIII 703
Correnti di capacità nelle linee trifasi. (Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique »). - Ing. Carmelo Caminiti VIII 710
Correnti di corto circuito tra due fasi e tra una fase ed il neutro. (Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique ». - Ing. Carmelo Caminiti VIII 715
Le caratteristiche delle macchine elettriche funzionanti su lunghe linee di trasmissione dal punto di vista del costruttore e dell'esercente. (Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique ». - Ing. Ulisse Frediani IX 775
La riutilizzazione degli olii dielettrici di scarto. - Ing. Luigi Passerini XII 1099

*NOTE E RIASSUNTI*

Come si propagano le onde mobili sulle linee di trasmissione. - M. A. I 81
Sulle trasposizioni dei conduttori nelle grandi linee di trasporto dell'energia elettrica. - E. T. D. V 455
Il doppio portale con piedritti incastrati alle due estremità. - A. Corniani VI 554
La linea Novara-Vercelli a 50 kV della «Ovesticino». - Ing. Luigi Lanzingher VIII 739
Note su un impianto di distribuzione in corso di esecuzione in Inghilterra. - Ing. L. Giacomuzzi XI 1023
Reti di distribuzione primaria a maglie. - M. A. XI 1025

*RASSEGNA TECNICA*

Reti trifasi a maglia con alimentazione multipla I 88
Scelta economica di un impianto elettrico III 292
La durata di archi verso terra nelle reti munite di bobine di spegnimento III 294
Una linea con mensole girevoli in legno IV 377
La sovrapposizione di una rete complementare a corrente alternata a quella a corrente continua IV 380
Conduttori in aldrey V 469
L'equilibramento dei sistemi trifasi VI 563
I vantaggi economici degli impianti di rifasamento con particolare riguardo a quelli con condensatori statici VI 565
L'uso di un filo neutro comune per le reti primarie e secondarie di distribuzione VII 654
La compensazione delle correnti di terra nelle lunghe linee aeree VII 655
Onde migranti e bobine - Influenza dell'induzione mutua e della capacità fra spire e terra VII 658
Isolatori passanti - Direttive per la scelta dei vari tipi VIII 747
La determinazione delle correnti di corto circuito nelle reti trifasi per mezzo di una tavola di calcolo elettrica o modello IX 840
Influenza dell'umidità sul valore dell'arco d'impulso IX 842
Un passante a condensatore in olio per 220 kV IX 843
Conduttori doppi per linee di trasmissione X 930
Coordinazione dell'isolamento come difesa contro le sovratensioni atmosferiche X 931
Il trasformatore « in quadratura » come regolatore di carico nelle maglie chiuse di una rete X 932
Moderne sottostazioni per impianti di distribuzione X 935
Stazioni di trasformazione parzialmente all'aperto X 936
I recenti progressi nella tecnica delle alte tensioni XII 1127
Il fenomeno della scarica superficiale negli isolatori e la sua importanza nella scelta dell'isolamento delle linee XII 1129

*NOTIZIARIO*

Il neutro unico in California XII 1136

## 30) - TRAZIONE E PROPULSIONE NAVALE

*ARTICOLI ORIGINALI*

Problemi di trazione elettrica su strade ordinarie. Per la difesa delle strade e per demolire qualche pregiudizio. - Dott. Ing. Dino Turrinelli VI 532
Elettrificazione delle linee Vezzano-Fornovo e S. Stefano-Sarzana - Note illustrative. - Ing. Corrado Montanari VI 536

*NOTE E RIASSUNTI*

Lo sviluppo mondiale delle elettrificazioni ferroviarie. - e.t.d. IV 361
Il migliore impiego dell'energia nelle tramvie urbane e nelle metropolitane. Fermate, velocità e costi d'esercizio. - Belloni ing. Emilio XII 1121

*RASSEGNA TECNICA*

Caratteristiche tecniche di locomotive elettriche alimentabili con tre diverse sorgenti di energia V 474
Fatti e cifre sul servizio di spazzatura urbana effettuato con camions elettrici VII 664

*NOTIZIARIO*

Salvezza della vita umana in mare e vantaggiosa utilizzazione dei conbustibili nelle macchine marine II 203
I materiali occorrenti per elettrificare la New York-Washington VII 666
Inaugurazione della Tranvia elettrica Monza-Carate Brianza X 942

## 31) - VARIE

*ARTICOLI ORIGINALI*

L'economia politica è una scienza? II 162
Paolo Boselli e l'Industria Elettrica. - L'E. E. III 277

| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| Gli apparecchi radioriceventi e le Società Elettriche. (Rapporto presentato al IV Congresso della « Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique ». - Ing. Antonio Civita | IX | 768 |
| La visita dei direttori dei principali impianti elettrici olandesi agli impianti italiani | IX | 817 |
| L'illuminazione di Milano per il Decennale | X | 914 |
| Il quarantesimo anniversario del trasporto d'energia Tivoli - Roma. - L'E. E. | XI | 1010 |
| Il prof. A. Banti e gli operai che contribuirono all'impianto Tivoli-Roma ricevuti dal Duce. - L'E. E. | XII | 1123 |


*RASSEGNA TECNICA*


| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| L'energia elettrica ricavata dalle spazzature | I | 91 |
| Regolo circolare per il calcolo rapido della sezione dei conduttori elettrici | I | 93 |
| Un nuovo sistema elettrico di misura | II | 194 |
| Norme indispensabili da seguire nei casi di morte apparente dovuti alla corrente elettrica o ad altre cause | II | 201 |
| Quale dev'essere l'influenza delle perdite sul costo degli apparecchi? | IV | 381 |
| Gli impianti elettrici italiani e gli elettrotecnici inglesi | V | 470 |
| Origine, natura e utilizzazione delle forze eoliche | VI | 558 |
| Un nuovo accumulatore leggero | VII | 661 |
| Influenza del condizionamento dell'aria ambiente (temperatura, umidità e stato elettrico) sul rendimento delle lavorazioni industriali | VII | 662 |
| La seconda esplorazione effettuata nella stratosfera dal Prof. Piccard, nel pallone libero « F.N.R.S. » il 18 agosto 1932 | IX | 849 |
| Apparecchio destinato ad indicare automaticamente l'ora a mezzo telefono | X | 939 |
| L'utilizzazione del calore solare e la possibilità di sfruttamento del Sahara come sorgente di forza motrice | X | 940 |
| Sulla carica rapida di batterie di accumulatori | XI | 1039 |
| Permali, un nuovo isolante | XII | 1134 |


*NOTIZIARIO*


| | Fasc. | Pag. |
|---|---|---|
| Salvezza della vita umana in mare e vantaggiosa utilizzazione dei combustibili nelle macchine marine | II | 203 |
| Nuovo riflettore a sussidio dell'aviazione nelle manovre aeree | II | 203 |
| Personalia | III | 300 |
| La Centrale elettrica del Tartano dedicata alla memoria dell'Ing. Pagani | VI | 572 |
| La richiesta di energia elettrica in occasione della eclissi di sole | XI | 1042 |
| L'alaggio elettrico sui canali francesi | XI | 1042 |
| Un nuovo tipo di regolo calcolatore | XII | 1136 |